

## **SISÄILMA JA TERVEYS – TIETOA RAKENTAJILLE**

Tuula Husman<sup>1</sup>, Pekka Roto<sup>2</sup>, Markku Seuri<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kansanterveyslaitos, Ympäristöepidemiologian yksikkö

<sup>2</sup> Suomen Terveystalo Oy

<sup>3</sup> Kuopion aluetyöterveyslaitos, Työlääkätiede

**YHTEYSTIEDOT**

Kansanterveyslaitos  
Ympäristöterveys  
PL 95  
70701 Kuopio  
Puh. (017) 201 211  
Fax (017) 201 265

Suomen Terveystalo Oy  
Kannelmäen lääkäriasema  
Laulukuja 4  
00420 Helsinki  
Puh. (09) 566 09 10  
Fax (09) 566 15 63

Kuopion aluetyöterveyslaitos  
Työlääkätiede  
PL 93  
Puh (017) 201 211  
Fax (017) 201 474

**JULKAISIJA**

Kansanterveyslaitos (KTL)  
Mannerheimintie 166  
00300 Helsinki  
Puh. Vaihde (09) 47441  
Telefax (09) 47448408

Folkhälsoinstitutet  
Mannerheimbägen 166  
00300 Helsingfors, Finland  
Tel. Växel (09) 47441  
Telefax (09) 47748408

National Public Health Institute  
Mannerheimintie 166  
FIN-00300 Helsinki, Finland  
Phone +358 9 47441  
Fax + 358 9 47448408

KTL B14 / 2002  
ISBN 951-740-329-1  
ISBN (pdf) 951-740-330-5  
ISSN 0359-3576

Kuopion yliopiston painatuskeskus

## Esipuhe

Sisäilman epäpuhtauksien terveysvaikutustutkimus on Suomessa vielä nuorta. Alunperin suuri osa mittausmenetelmistä ja perustiedot eri haitta-aineiden terveysvaikutuksista ovat peräisin työympäristötutkimuksesta, jota on jo vuosikymmeniä tehty Työterveyslaitoksella, aluetyöterveyslaitoksissa ja yliopistoissa. Asuinympäristön mikrobeja ja niiden terveystahittoja on Kuopion yliopistossa ja Kansanterveyslaitoksessa tutkittu yli 10 vuoden ajan.

Suomessa rakennusten kosteus- ja homeongelmien yleisyyttä asutokannassa, kouluissa, päiväkodeissa ja työpaikoilla on selvitetty 1980-luvulta lähtien. Kuva kosteusvaurioiden ja niihin liittyvien mikrobihaittojen aiheuttajista ja merkityksestä terveyteen on hahmottunut 1990-luvun aikana. Tarve saada jaettava tätä tietoa myös rakennusalan ammattilaisille: rakennuttajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja rakennustyön tekijöille, on suuri. Tämän tarpeen täyttämiseksi on laadittu tämä opas. Opas keskittyy rakennuksessa esiintyviin terveyteen vaikuttaviin tekijöihin ja rakennuksen rakennusteknistä kuntoa ja sisäilmaongelmien syitä arvioidaan kuntoarvio- ja kuntotutkimusmenetelmillä, joista on laadittu omat oppaansa. Tähän oppaaseen on koottu tietoa sekä ihmisen elimistön rajapinnoista, niiden rakenteesta ja toiminnasta että terveydelle haitallisista sisäilman epäpuhtauksista ja näiden raja-arvoista. Lopuksi on katsaus terveydensuojelu- ja työsuojelumääräyksiin.

Tampereen aluetyöterveyslaitoksen ylilääkäri, LKT Pekka Roto (nyk. Suomen Terveystalo Oy) on kirjoittanut työsuojelua, työterveyshuoltoa ja ammattitautidiagnostiikkaa käsittelevät luvut ja ylilääkäri, LKT Markku Seuri Kuopion aluetyöterveyslaitoksesta terveysvaaran arviointia ja ehkäisyä käsittelevän luvun. Muilta osin oppaan on kirjoittanut LT, vs laboratorionjohtaja Tuula Husman Kansanterveyslaitokselta. Oppaaseen ovat antaneet arvokkaita korjaus-ehdotuksia ylitarkastaja Teppo Lehtinen ja yli-insinööri Anja Leinonen Ympäristöministeriöstä, FT Rauno Hanhela sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosastolta, rakennusinsinööri Timo Kauhanen Kuopion Työsuojelupiiristä ja rakennusinsinööri Arja Miihkinen Kuopion aluetyöterveyslaitokselta.

Kirjoittajat toivovat tämän Sosiaali- ja terveysministeriön ja Ympäristöministeriön rahoituksella tuotetun julkaisun olevan avuksi rakennusalan ammattilaisille.

Kuopiossa, joulukuussa 2002

tekijät

## Lyhenteet

Bq = radioaktiivisen säteilyn annosnopeuden yksikkö

Cfu = colony forming unit, pesäkkeen muodostava yksikkö, hiukkanen, josta kasvaa mikrobi-pesäke viljelyalustalla

COPD = chronic obstructive pulmonary disease, keuhkoastma

HTP = haitalliseksi tunnettu pitoisuus

IgE = immunoglobuliini E, allergiavasta-aine

IgG = immunoglobuliini G, mikrobikontaktia kuvastava vasta-aine

MM40 = Ruotsissa kehitetyn ns. Örebro-oirekyselyn kansainvälinen lyhenne

ODTS = organic dust toxic syndrome, orgaanisen pölyn aiheuttama toksinen oireyhtymä

PCB = polyklooratut bifenyyl-yhdisteet

PEF = peak expiratory flow, uloshengityksen huippuvirtausmittaus

Ppm = pesäkkeen muodostava yksikkö, ks. Cfu

SEM = pyyhkäiselektronimikroskopia

STUK = Säteilyturvakeskus

VOC = volatile organic compounds, haihtuvat orgaaniset hiilivedyt

WHO = World Health Organization, Maailman Terveysjärjestö

Lääketieteellisten käsitteiden selityksiä:

Endotoksiini = bakteerin pintarakenne, jonka määrittämistä voidaan käyttää bakteerien kokonaisaltistuksen arviointiin, voi aiheuttaa ihmisen elimistössä mm. kuumereaktion ja muita yleisoireita

Eustachiin putki = painetta tasaava ”ilmastointiputki” nielun ja välikorvan välillä

Glukaani = sienten pintarakenne, jonka määrittämistä esim. ilmanäytteestä voidaan käyttää homeiden ja muiden sienten kokonaisaltistuksen arviointiin

Immunosuppressiivinen = ihmisen solupuolustusta lamaava, estävä

Mesofiilinen = huoneenlämmössä ja viileämmässä viihtyvä (mikrobi)

Neuraalinen heijaste = tav. tahdosta riippumattomien hermosäikeiden välittämä vaste elimistössä

Pikarisolu = hengitysteiden limakalvolla oleva, limaa tuottava solu

Pintaepiteeli = limakalvon pinnan muodostava solukko

Soluvälitteinen yliherkkyys = puolustussolujen välittämä viivästynyt allergiareaktio

Termofiilinen = huoneenlämpöä korkeammassa lämpötiloissa viihtyvä mikrobi

Välitön yliherkkyys = IgE-luokan allergiavasta-aineiden välittämä nopea allergiareaktio

# SISÄLTÖ

<b>ESIPUHE</b> .....	<b>3</b>
<b>1 ELIMISTÖN RAJAPINNAT- RAKENNE JA TOIMINTA</b> .....	<b>7</b>
1.1. HENGITYSELIMET.....	7
1.2. IHO, SILMIEN SIDOKALVOT JA MUUT RAJAPINNAT.....	7
1.3. ELIMISTÖN PUOLUSTUSMEKANISMIT.....	8
<b>2 RISKIALTTIIT RYHMÄT</b> .....	<b>9</b>
<b>3 HENGITYSELINSAIRAUKSIEN TYYPIIT JA ESIINTYVYYS</b> .....	<b>10</b>
3.1. INFEKTIOT.....	10
3.2. ALLERGIAT .....	10
3.3. MUUT HENGITYSELINSAIRAUDET .....	11
3.4. ÄRSYTYSOIREET .....	13
3.5. INFECTIOSAIRAUDET .....	13
<b>4 TERVEYDELLE HAITALLISET SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET</b> .....	<b>15</b>
4.1. YLEISTÄ.....	15
4.2. ORGAANISET EPÄPUHTAUDET .....	15
4.2.1. Mikrobit ja bioaerosolit .....	15
4.2.2. Pölypunkit .....	19
4.2.3. Hyönteiset .....	20
4.2.4. Kasvit .....	21
4.2.5. Levät.....	21
4.2.6. Lemmikkieläimet .....	21
4.3. KEMIALLISET EPÄPUHTAUDET.....	22
4.3.1. Yleistä.....	22
4.3.2. Tupakansavu .....	24
4.3.3. Radon.....	25
5. SISÄILMAONGELMIEN TUTKIMUSMENETELMÄT .....	25
5.1. RAKENNUSTEKNISET SELVITYKSET – KUNTOARVIOT JA KUNTOTUTKIMUKSET .....	25
5.2. MIKROBIEN PITOISUUDEN MITTAAMINEN .....	26
5.3. "NORMAALIARVOT" .....	27
5.4. KEMIALLISTEN ALTISTEIDEN MÄÄRITTÄMINEN.....	27
<b>6. SISÄILMASTOLUOKITUS 2000 JA OHJEARVOJA SISÄILMAN EPÄPUHTAUKSILLE</b> .....	<b>28</b>
<b>7 LAINSÄÄDÄNTÖ JA VALVONTA</b> .....	<b>30</b>
7.1 OHJEARVOT .....	30
7.2. TERVEYDENSUOJELUMÄÄRÄYKSET .....	30
7.3. TYÖSUOJELUMÄÄRÄYKSET.....	31
7.4. SISÄILMA JA TYÖTERVEYSHUOLTO.....	33
7.5. AMMATTITAUDIN KÄSITE JA TOTEAMINEN .....	34
7.6. TERVEYSVAARAN ARVIOINTI JA EHKÄISY TYÖPAIKKOJEN KOSTEUS- JA HOMEONGELMISSA .....	35
7.6.1. Terveyshaitan tunnistaminen .....	35
7.6.2. Terveysvaaran arvioinnin suuri ongelma .....	36
7.6.3. Rakennustekninen selvitys – kosteus ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus.....	36
7.6.4. Ympäristönäytteet.....	36
7.6.5. Havaitut oireet ja sairaudet .....	37
7.6.6. Terveydellisen vaaran arvioinnin yhteenveto .....	38
<b>KIRJALLISUUTTA</b> .....	<b>39</b>



# 1 ELIMISTÖN RAJAPINNAT- RAKENNE JA TOIMINTA

## 1.1. Hengityselimet

Hengitystiet voidaan jakaa ylempiin ja alempiin hengitysteihin, jolloin raja kulkee kurkunpäässä sijaitsevilla äänihuulilla. Ylähengitysteihin kuuluvat nenä sivuonteloinen, kurkku ja nielu sekä kurkunpää, jossa sijaitsevat äänihuulet ja muut äänen tuottamiseen osallistuvat rakenteet.

Äänihuulitason alapuolella henkitorvi jakautuu keuhkoputkiksi molempiin keuhkoihin. Keuhkoputket haarautuvat edelleen pienempiin ja pienempiin keuhkoputkiin, joista pienimmät päättyvät keuhkorakkuloihin, joissa hengitysilman kaasujen vaihto tapahtuu. Keuhkorakkula eli alveoli on ohutseinäinen ontelo, jota ympäröi keuhkoverisuonten hiussuonitus. Hengitysilma happi imeytyy verenkiertoon ja vastaavasti verestä siirtyy hiilidioksidia hengitysilmaan.

Hengitysteiden pinta on lieriöepiteelin peittämä, kostea ja lämmin pinta, jonka ohi ja yli kulkiessaan kylmä, kuiva ja epäpuhtauksia sisältävä hengitysilma lämpenee, kostuu ja puhdistuu ennen pääsyään keuhkoihin ja keuhkorakkuloihin. Hengitysteiden pinta-

## 1.2. Iho, silmien sidekalvot ja muut rajapinnat

Iho on ihmisen suurin elin. Monet ulkoisen tekijän aiheuttamat allergiset ja ärsytysreaktiot voivat tuntua tai näkyä iholla (kutina, punoitus) tai ne voidaan todeta ihottumana (ärsytysihottuma, allerginen ihottuma, rakkulointi, ihon rikkoutuminen). Sisäilmassa olevat ärsyttävät tekijät voivat vaikuttaa paljalla ihoalueilla kuten kasvoissa tai kaulalla ja näkyä ihottumana tai nokkosrokko-paukamina koko keholla. Suora kosketus ärsyttävän aineen kanssa näkyy yleensä kosketuskohdalla. Jotkut yleisreaktiot voivat myös ilmetä iholla oireiluna tai näkyvinä ihomuutoksina. Allergiareaktioissa ihossa

epiteelissä on myös pikarisoluja ja limaa tuottavia rauhasia, joiden tehtävänä on pitää pinta kosteana. Lieriöepiteelin pinnalla on värekarvoja, jotka liikuttavat hengitysteiden kosteaa pintalimaa kohti nielua.

Hengitysilman lisäksi limakalvolla vaikuttavat monenlaiset elimistön puolustussolut, jotka voivat verenkierron lisäksi liikkua myös soluvälitilassa, imusolmukkeissa ja imusuonissa.

### YLÄHENGITYSTIET

- **Nenä, sivuontelot**
- **Nielu**
- **Kurkunpää, äänihuulet**

### ALAHENGITYSTIET

- **Henkitorvi**
- **Keuhkoputket**
- **Keuhkorakkulat**

voidaan todeta samoja puolustussoluja kuin hengitysteissä ja allergisen tulehduksen välittäjäaineet ovat osittain samoja kuin hengitysteiden reaktioissa.

Vaikka silmä ei olekaan osa hengitysteitä, silmän sidekalvolla havaitaan monia niistä oireista ja allergiareaktioista, joita hengitysteissäkin havaitaan. Silmän sisänrakasta on kyynelkanavalla suora yhteys nenäonteloon. Silmän sidekalvolta voidaan todeta samoja reaktioita ja samoja puolustusjärjestelmän soluja kuin hengitysteistä. Monet ärsyttävät tekijät vaikuttavat sekä silmiin että ihoon.

Silmän oireita ovat punotus, kuivuminen, kangerrus, vetistys ja tulehduksissa rähmiminen.

Ulko- ja välikorva eivät myöskään suoranaisesti kuulu hengitysteihin, mutta niihin vaikuttavat monet sisäilman ärsykkeet ja mikrobit. Tärykalvon takana sijaitsevasta, ilman täyttämästä välikorvasta on yhteys nieluun ns. Eustachiin putken kautta. Tämän “ilmastointiputken” toiminnassa voi olla häiriöitä nenän oireilun yhteydessä. Nenän ollessa tukkoinen korviin voi tulla alipaineesta johtuvia oireita, kutinaa, tukkoisuutta ja kipua. Painetta vastaan puhaltaminen (Valsalvan puhallus) voi auttaa tukkoisten korvien avaamisessa. Lapsilla välikorvantuleh-

dukset ovat yleisiä flunssan jälkitauteja. Myös aikuisilla voi esiintyä bakteerin aiheuttamaa välikorvan tulehdusta, mutta sairaus on huomattavasti harvinaisempi kuin lapsilla. Toisinaan sisäilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa korvakäytävien kutinaa ja ihottumaa. Bakteerien tai sienten (myös eräiden hiivojen ja homeiden) kasvu korvakäytävässä on myös mahdollista.

#### **ELIMISTON MUUT RAJAPINNAT**

- **iho**
- **silmän sidekalvo, kyynelkanava**
- **wälikorva, korvakäytävä**

### **1.3. Elimistön puolustusmekanismit**

Suuri osa hengitysteiden puolustusmekanismeista on näiden elinten normaaleja eli fysiologisia reaktioita. Tavanomaiset reaktiot muuttuvat epätavallisiksi oireiksi, jos puolustusmekanismien voimakkuus on tavallista suurempi joko epätavallisen voimakkaan ärsykkeen vuoksi tai yksilöllisen herkkyyden vuoksi, jolloin voimakkaita oireita voi syntyä jo tavanomaisista ärsykkeistä.

Fysiologisina pidettyjä hengitysteiden puolustusmekanismeja ovat limaneritys, värekarvaliike ja yskänrefleksi. Näiden toimintojen tavoitteena on laimentaa elimistöön joutunut ärsyttävä kemikaali tai pöly ja poistaa se elimistöä. Samaan tähtää aivastaminen, nenän tukkoisuus ja nuhaoire. Nenäkäytävät toimivat normaalistikin vuorotellen. Toisen nenäkäytävän huolehtiessa hengityksestä, toista nenäkäytävää puhdistetaan (nenän sykli). Aivastelu, nenän tukkoisuus ja vesinuha ovat puolustuskeinoja ärsyttävän tekijän laimentamiseksi ja poistamiseksi.

Valkosolut eli leukosyytit ja makrofagit pystyvät aktiivisesti siirtymään verenkierrosta soluvälitilaan ja edelleen keuhkorakkuloihin ja pieniin ja suuriin keuhkoputkiin. Makrofagit eli syöjäsolut pyrkivät “syömään” hengitysteihin joutuneita hiukkasia, mikrobeja ja muita epäpuhtauksia. Ne siirtyvät hengitysteiden ilmatilasta takaisin soluvälitilaan ja edelleen imusuoniin kuljettaen epäpuhtauksia pois keuhkoista. Valkosolut ja muut puolustussolut osallistuvat mikrobien tunnistukseen ja torjuntaan. Osa puolustussoluista on mukana myös vasta-aineiden tuotannossa ja yliherkkyys sairauksien immunologisissa reaktioissa.

Alemmissä hengitysteissä keuhkoputkien supistuminen, limanerityksen lisääntyminen ja puolustussolujen ilmaantuminen paikalle ovat puolustusmekanismin vaiheita. Astmaatikoilla hengitystiet supistuvat erityisen herkästi, mutta hyvin ärsyttävä kaasu aiheuttaa ilmiön myös muutoin terveellä henkilöllä. Tällöin hengitys käy raskaaksi ja voi alkaa vinkua ulohengityksen aikana. Puolustusmekanismeihin liittyy myös neuraalisia heijasteita autonomisen eli tahdosta riippumattoman hermoston säädellessä hengitysteiden verisuonitusta ja ilmateden laajuutta.



**PUOLUSTUSREAKTIOT****NENÄ**

- värekarvatoiminta
- tukkoisuus
- erite, nuha
- aivastaminen

**KEUHKOPUTKET**

- värekarvatoiminta
- yskä, limannousu
- keuhkoputkien supistuminen
- puolustussolujen toiminta

**2 RISKIALTTIIT RYHMÄT**

Eri ikäisten henkilöiden herkkyys ulkoisille tekijöille vaihtelee. Lasten hengitystiet ovat ahtaammat kuin aikuisen, heidän hengityksensä on tiheämpää kuin aikuisten ja heidän puolustusjärjestelmänsä ei ole vielä yhtä hyvin kehittynyt kuin aikuisilla. Soluvälitteinen puolustus ja vasta-aineiden muodostus ovat lapsilla vasta alkuvaiheessaan. Siksi lasten asuin- ja oleskeluympäristössä tulee ottaa huomioon heidän erityisvaatimuksensa. Terveysturvallisuudessa ja -asetuksessa edellytetään puhtaampaa sisäilmaa asuin- ja muissa oleskelutiloissa kuin esim. työympäristön säädöksissä (sisäilman suositellut enimmäispitoisuudet tavallisesti <10 % työilman haitallisiksi todetuista pitoisuuksista).

Terveen aikuisen elimistö kestää suurempia määriä ärsyttäviä tekijöitä ja muita epäpuhtauksia. Siksi ns. työhygieeniset raja-arvot eri epäpuhtauksille ja haitta-aineille ovat usein 2-3 kertaluokkaa suurempia kuin sisäilman epäpuhtauksille. Lisäksi työhygieeniset arvot ovat ns. haitallisiksi tunnettuja pitoisuuksia, joita työilman keskiarvopitoisuus ei saisi ylittää esim. 8 tunnin aikana.

Muita riskiryhmiä, jotka saattavat oireilla terveitä aikuisia herkemmin, ovat mm. van-

hukset, sydän- ja keuhkosairauksia potevat (esim. astma, keuhkonlaajentuma tai keuhkohtaumatauti) sekä erilaisia allergiasairauksia sairastavat henkilöt. Tavallisin allergian muoto on heinänuha tai muu allerginen nuha tavanomaisille ympäristöallergeeneille, kuten kotieläimille tai pölypunkeille. Myös osalla astmaatikoista on allergioita. Allergiset henkilöt saavat herkästi oireita kaikenlaisesta pölystä ja ärsyttävistä kaasuisista. Muita oireilulle ja terveyshaittoille alttiita henkilöitä ovat potilaat, joilla on jokin immunologiseen puolustukseen vaikuttava sairaus, kuten sokeritauti tai autoimmuunisairaus, esim. nivelreuma. Myös näiden sairauksien hoitoon käytettävät lääkkeet heikentävät elimistön puolustuskykyä ja tällöin sisäilman epäpuhtaudet ja muut ulkoiset ärsykkeet vaikuttavat voimakkaammin potilaaseen kuin terveeseen henkilöön.

Eräs sairauksille altis ryhmä ovat tupakoitsijat, joilla esiintyy muutoinkin enemmän yskää ja hengitystieinfektioita kuin muulla väestöllä. Tupakoitsijan elimistö on alttiimpi tuottamaan allergiavasta-aine IgE:tä ja myös monet muut puolustusvasteet ovat erilaisia kuin tupakoimattomalla. Tupakoitsijan elimistö on alttiimpi kehittämään syövän erilaisten ulkoisten aineiden, kuten asbestin tai

radonin vaikutuksesta. Tällöin syöpävaarallisten tekijöiden yhdessä aiheuttama syöpäriski on monta kertaa suurempi kuin osarisien summa niiden vaikuttaessa erikseen.

#### **RISKIRYHMIÄ**

- pikkulapset
- vanhukset
- potilaat, joilla vakava perussairaus

## **3 HENGITYSELINSAIRAUKSIEN TYYPIT JA ESIINTYVYYS**

### **3.1. Infektiot**

Hengityselinsairauksista erilaiset tulehdussairaudet eli infektiot ovat ylivoimaisesti tavallisimpia. Keskimäärin puolet aikuisista sairastaa vähintään yhden flunssan tai nuhakuumeen vuoden aikana. Lapsilla virusten aiheuttamat infektiot ovat vielä yleisempiä. Alle kouluikäisistä yli 70 % sairastaa vähintään yhden flunssan ja kouluikäisistäkin 60 % sairastaa vuoden aikana flunssaa tai nuhakuumetta. Poikkeukselliseksi infektiosairastavuuden tekee joko tiheään toistuvat infektiot, niiden pitkittynyt paraneminen tai aiemmin terveen henkilön sairastavuuden lisääntyminen, joka usein liittyy johonkin muutostekijään, esim. aikuisilla asunnon tai työpaikan tai lapsilla hoitopaikan tai koulun vaihtamiseen. Lasten infektiosairastavuuden tarkastelu on helpointa ryhmätasolla mikäli on käytettävissä vastaavanikäinen vertailu-

väestö. Eri vuosina infektioepidemioiden voimakkuudeltaan jonkin verran erilaisia, mutta lievä flunssa-aalto todetaan tyypillisesti syksyllä koulujen alkaessa ja toinen voimakkaampi alkutalven aikana.

#### **TAVALLISIMMAT HENGITYSTIEINFEKTIOT**

- nuhakuume, flunssa
- poskiontelotulehdus
- välikorvatulehdus
- keuhkoputkentulehdus
- keuhkokuume

#### **SILMÄN TULEHDUSSAIRAUKSIA**

- sidekalvotulehdus

### **3.2. Allergiat**

Allergiasairauksilla ymmärretään tavallisesti välittömän yliherkkyyden mekanismilla, IgE-vasta-aineiden välityksellä syntyvää allergista nuhaa, silmätulehdusta ja astmaa. Astmaa sairastaa koko väestöstä n. 5 %, mutta osuus on suurempi nuorissa ikäluokissa (n. 6%) kuin vanhoissa. Pojilla astmaa esiintyy hiukan enemmän kuin tytöillä, mutta iäkkäämmissä ikäryhmissä naiset sairastavat astmaa miehiä enemmän. Astma

on yleistynyt selvästi viimeksi kuluneiden kolmen – neljän vuosikymmenen aikana. Geneettinen atopiat taipumus on merkittävä astman riskitekijä, mutta ympäristötekijöillä, kuten tupakansavulle altistumisella on astmariskiä lisäävä vaikutus. Myös ravintoon, ympäristön mikrobialtistukseen ja hormonaalisiin tekijöihin liittyvät riskitekijät ovat nykyisin tutkimuksen kohteena astman riskitekijöitä selvitettyä.

Kaikki astma ei ole allergian aiheuttamaa. Pikkulapsilla hengitysteiden ahtautta ja vinkunaa esiintyy virusperäisten keuhkoputkentulehdusten yhteydessä. Osalle näistä hengitysteiden ahtauteen taipuvaisista lapsista kehittyy myöhemmin astma, osa paranee täysin iän karttuessa. Osalla astmaattikoista ei voida osoittaa selvää allergiaa, mutta astmaoireet pahenevat erilaisten ympäristötekijöiden, kuten räsituksen, kylmän ilman, hajusteiden, tupakansavun ja pölyjen vaikutuksesta. Aikuisen astmaa, jonka syytä ei ole saatu selville, kutsutaan usein sisäsyntyiseksi astmaksi.

Allergista nuhaa on väestössä noin 25-30 %:lla. Allergisen nuhan yleisyys on suurimmillaan kouluiässä ja nuorilla aikuisilla. Yleensä oireilu vaimenee iän myötä. Tavallisimpia allergisen nuhan aiheuttajia ovat heinien ja puiden siitepölyt sekä kotieläinten hilseen ja syljen proteiinit. Varsin usein allergisen nuhan oireisiin liittyy silmäoireita, kuten silmien kutinaa, punoitusta ja vetistystä. Tämänäyttypisiä silmäoireita kutsutaan allergiseksi sidekalvontulehdukseksi.

### 3.3. Muut hengityselinsairaudet

Eräs astman sukuinen keuhkosairaus on keuhkohtaumatauti eli COPD (engl. chronic obstructive pulmonary disease), jonka tärkein tunnettu riskitekijä on tupakointi. Keuhkohtaumataudissa esiintyy samantapaista keuhkoputkien ahtautta kuin astmasakin, mutta ahtaus ei lieviy lääkkeillä yhtä hyvin kuin astmassa. Keuhkohtaumatautia on muutamalla prosentilla väestössä, mutta sairaustapausten osuus on suurin vanhimmissa ikäryhmissä.

Keuhkolaajentumatauti eli emfyseema on tavallisimmin vanhoilla, pitkään tupakoineilla miehillä esiintyvä keuhkosairaus, jossa keuhkorakkuloiden väliseinät rikkoutuvat ja keuhkojen kaasunjenvaihtokyky

Atooppista ihottumaa esiintyy 15-20 %:lla väestössä ja oireilu vaimenee yleensä iän mukana. Atoopikot oireilevat kuitenkin erilaisista ärsykkeistä herkemmin kuin muu väestö. Lapsuuden maitorupi, kouluiän taiveihottuma ja aikuisiällä esiintyvä atooppinen ekseema ovat atopiataipumukseen liittyviä ihosairauden muotoja, joiden paheneminen liittyy varhaislapsuudessa yleisimmin ruoka-aineallergioihin. Myöhemmällä iällä atooppisen ihon kutinaa ja atooppista ihottumaa pahentavat monet ulkoiset tekijät kuten pöly, ärsyttävät kemikaalit ja kuidut, hikoilu, mutta myös sisäsyntyiset tekijät, kuten stressi, hormonaaliset syyt jne.

#### ALLERGIASAIRAUKSIA

- allerginen nuha
- astma
- allerginen sidekalvotulehdus
- atooppinen ihottuma, taiveihottuma

#### ASTMATYYPIT

- infektioastma
- allerginen astma
- räsitusastma
- sisäsyntyinen astma

huononee ja keuhkojen tilavuus ja joustavuus vähenevät. Keuhkolaajentumatauti on nykyään harvinaisempi kuin keuhkohtaumatauti tai astma. Keuhkolaajentumatauti ja keuhkohtaumatauti voivat esiintyä samanaikaisesti.

#### MUITA HENGITYSTIESAIRAUKSIA

- keuhkohtaumatauti
- keuhkonlaajentuma, emfyseema
- keuhkofibroosi

#### MIKROBIALTISTUKSEEN LIITTYVIÄ KEUHKOSAIRAUKSIA

- homepölykeuhko, alveoliitti
- orgaanisen pölyn aiheuttama toksinen oireyhtymä, ODS

- **kostutinkuume**
- **mykotoksikoosi**

Homepölykeuhko eli alveoliitti on immunologinen yliherkkyyssairaus, jossa tavallisimmin mikrobipöly tai jokin muu biologinen pöly aiheuttaa puolustussolujen välittämän tulehdusreaktion keuhkorakkuloissa. Sairauteen liittyy viivästynyt puolustussolujen (lymfosyytti-solujen) aiheuttama solulisiä keuhkokudoksessa, IgG-vasta-aineiden nousu ja tyypilliset muutokset keuhkojen toimintakokeissa. Vakavissa tapauksissa keuhkojen röntgenkuvassa todetaan näkyvää sidekudoslisää keuhkoissa ja keuhkojen hengitystilavuus pienenee. Alveoliitti uusiutuu herkästi, jos altistus jatkuu tai uusiutuu. Alveoliitti on väestössä harvinainen. Maanviljelijöistä muutamalla prosentilla on työhön liittyviä alveoliitin oireita. Uusia alveoliittitapauksia todetaan Suomessa vuosittain noin 100 tapausta, joista pääosa diagnosoidaan maanviljelyksen ja mekaanisen puunjalostuksen parissa työskentelevillä.

Homepölykeuhkon oireita ovat kuume, kuiva yskä, hengenahdistus ja rasiuksessa korostuva hapenpuute, joskus lihaskivut ja kroonisessa muodossa laihtuminen ja yleinen sairaudentunne.

Keuhkofibroosia eli keuhkojen sidekudoslisää esiintyy myös muissa sairaustiloissa kuin alveoliitissa. Monissa tapauksissa keuhkofibroosin aiheuttaja jää epäselväksi.

ODTS (organic dust toxic syndrome) eli orgaanisen pölyn aiheuttama toksinen oireyhtymä on alveoliitin kaltainen sairaus, jossa orgaaninen pöly, esim. mikrobipöly aiheuttaa viivästyneen tulehdusreaktion keuhkoissa. Puolustussolujen reaktio on kuitenkin erilainen kuin alveoliitissa. Tyypillisimmillään ODTS on pian altistustilanteen jälkeen syntyvä rajuoireinen, influenssan kaltainen itsestään paraneva sairaus, johon ei liity muutoksia keuhkojen toimintakokeissa tai keuhkojen röntgenkuvassa.

Oireisto uusiutuu helposti, jos altistava tilanne uusiutuu. Kyseessä on soluvälitteisen yliherkkyyssmekanismin välityksellä syntyvä oireyhtymä, jossa IgG-luokan vasta-aineet voivat sakkautua ja aiheuttaa kudovaurion.

ODTS:n oireet ovat yleensä rajummat ja monimuotoisemmat kuin alveoliitin. Lämpöilyn, kuivan yskän ja hengenahdistuksen lisäksi oireena voi olla päänsärkyä, nuhaa, lisääntynyttä virtsaamisen tarvetta, ihon punoitusta, lihas- ja nivelkipuja. ODTS:n yleisyydestä ja taudinkulusta ei ole tehty väestötason tutkimuksia Suomessa. ODTS-oireita esiintyy viljelijöistä alle 10 %:lla esim. puintityössä.

Matalampien altistustasojen aiheuttamat ODTS-reaktiot ovat lieväoireisia ja niihin liittyy palautuvia muutoksia keuhkojen toiminnassa. Lievissä tapauksissa voi esiintyä vain lyhytaikaista kuumeilua. ODTS:n krooniset muodot tunnetaan huonosti.

#### **HOMEPÖLYKEUHKON OIREET**

- **kuume**
- **hengenahdistus, hapennälkä**
- **kuiva yskä**
- **laihtuminen**

#### **ODTS:n OIREET**

- **kuume, päänsärky**
- **yleinen sairaudentunne**
- **hengenahdistus**
- **yskä, limannousu**
- **nuha**
- **lihas- ja nivelkiput**
- **virtsatieoireet**
- **iho-oireet**

Mykotoksikoosi on mikrobien aineenvaihduntatuotteiden suoran toksisen eli myrkkövaikutuksen aiheuttama solutuho ja kudovaurio, joka tunnetaan huonommin kuin ODTS-oireilun yhteydessä esiintyvä oireyhtymä. Mykotoksikoosiin voi liittyä keuhkkipua, nenäverenvuotoa tai veriyskää, mus

telmataipumusta, vatsakipua, ripulia ja virtsaisuutta sekä voimakkaita limakalvo-, iho- ja silmäoireita. Siihen voi liittyä sisäelinvaurioita, kuten maksa-arvojen nousua, verenkuvamuutoksia, munuaisten toimintahäiriöitä ja neurologisia oireita.

Kostutinkuume on sairaus, joka on saanut nimensä ilmankostutuslaitteiden mikrobiologisesta saastumisesta aiheutuvasta kuumetaudista. Aerosolina hengitysilmaan pääsevät mikrobit tai niiden osat aiheuttavat oireita. Kostutinkuume on bakteereiden pintarakenteen, endotoksiinin aiheuttama, allergista alveoliittia lievempi sairaus.

### 3.4. Ärsytysoireet

Kosteusvaurioituneissa kiinteistöissä oleskelevilla todetaan usein erilaisia ihon ja limakalvojen ärsytysoireita. Näille oireille on usein mahdotonta löytää yhtä selittäjää, vaan kyseessä on useimmiten useiden tekijöiden yhteisvaikutus. Bakteereiden endotoksiinit, homeiden mykotoksiinit ja mikrobin pintarakenteet, glukaanit ovat voimakkaita, pienissäkin pitoisuuksissa elimistöä ärsyttäviä aineita. Monet mikrobit, mm. homeet ja aktinobakteerit erittävät haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (engl. volatile organic compounds = VOC), jotka voimistavat biologisten pölyjen yhteisvaikutusta.

Yleisimpiä ärsytysoireita ovat ihon ja silmien punoitus, silmien, nenän ja nielun kutina ja kirvely, äänen käheys, aivastelu, nenän

### 3.5. Infektiosairaudet

Sisäilmassa esiintyvistä mikrobeista *Legionella*-bakteerit aiheuttavat rajuoireista keuhkokuumetta ja toisena tautimuotona Pontiackuumetta, jossa on influenssan kaltainen taudinkuva. *Legionella*-bakteerit ovat vakavin sisäilmaan liittyvä mikrobien aiheuttama terveysriski, koska legionelloosi voi huonokuntoisella potilaalla olla henkeä uhkaava sairaus. *Legionella*-bakteereita esiintyy

Bakteereiden lisäksi aiheuttajia voivat olla myös muut mikrobit, levät ja alkueläimet. Tyypillisiä oireita ovat kuume, yskä, puristus rinnassa, hengenahdistus ja lihaskivut. Röntgenkuvassa havaittavia keuhkomuutoksia ei yleensä esiinny, mutta keuhkojen toimintakokeiden tulos voi vaihdella altistuksen ja oireilun mukana. Endotoksiinin vaikutukselle kehittyä elimistössä toleranssi, mikä havaitaan oireiden vaikeutumisenä altisteettomien päivien jälkeen uudessa altistustilanteessa. Oireisto vaimenee itsestään muutamassa päivässä, vaikka altistus jatkuu. Allergisen alveoliitin ja kostutinkuumeen välinen raja on liukuva.

tukkoisuus ja nuhaoireet. Lisäksi monilla altistuneilla on päänsärkyä, huimausta, pahoinvointia ja muita epämääräisiä oireita.

#### ÄRSYTYSOIREITA

- ihon kutina, punoitus
- silmien punoitus, kirvely
- kurkun kirvely, kipu
- käheys, äänen sortuminen
- aivastelu, tukkoisuus, nuhaoireet
- yskä, limannousu

#### YLEISOIREET

- päänsärky
- väsymys
- lämpöily
- pahoinvointi

yleisesti maaperässä ja luonnonvesissä, joten on mahdollista, että se aiheuttaa myös lievempiä taudinkuvia. Rakennetussa ympäristössä *Legionella*-bakteerit viihtyvät erityisesti jäädytyslaitteella varustettujen ilmanvaihtokoneiden lauhdutinvesissä sekä myös vesijohtoverkoston sellaisissa osissa, joissa virtaama on vähäistä.

Tuberkuloosia aiheuttava *Mycobacterium tuberculosis* voi säilyttää tautia aiheuttavat ominaisuutensa pitkiäkin aikoja aerosolina ilmassa sekä jopa kuivuneena pölyssä. Tuberkuloosin on osoitettu leviävän ilmanvaihtojärjestelmän mukana mm. sairaaloissa. Tuberkuloosibasillin sukuisia, ns. atyyppisiä (epätyypillisiä) mykobakteereita on yleisesti sekä maaperässä että luonnonvesissä ja niitä on osoitettu myös kosteusvauriorakennusten sisäilmasta ja rakenteista. Eräät atyyppisistä mykobakteereista aiheuttavat infektioita ihmisen elimistössä ja monet niistä aiheuttavat lisäksi immunologisia muutoksia elimistössä.

Myös eräät virukset voivat levitä hengitysilman välityksellä. Esim. vesirokkovirus on eräs herkimmin tarttuvaa virustauteja. Myös myyräkuumeen aiheuttajavirus tarttuu ihmiseen hengitysteihin joutuvan pölyn mukana esim. kesämökin, kellarin tai ulkorakennusten siivouksen yhteydessä. Myyräkuume on rajuoireinen kuumesairaus, jonka oireita ovat päänsärky, lihaskivut ja häiriöt munuaisten toiminnassa.

Kosteusvaurioituneissa kiinteistöissä, joissa on todettu home- tai sädesienikasvua, valitetaan usein myös tavallisten hengitystieinfektioiden lisääntymistä. Infektioita aiheuttavat tällöin tavanomaiset flunssavirukset ja hengitystiebakteerit. Useimmiten todetaan flunssien, keuhkoputkentulehdusten ja poskiontelotulehdusten yleistymistä sekä pikkulapsilla toistuvia korvatulehduksia. Infektioalttius johtunee homeiden aiheuttamasta limakalvoturvotuksesta ja häiriöistä limakalvon värekarvatoiminnassa.

#### **HARVINAISIA INFEKTIOITA**

#### **AIHEUTTAVAT**

#### **SISÄILMAMIKROBIT**

- **legionella-bakteeri**
- **mykobakteerit**
- **hiivat**
- **homeet**
- **sädesienet**

Homeet ja sädesienet ja erityisesti niiden erittämät toksiniit ja aineenvaihduntatuotteet ovat hengitysteitä ärsyttäviä ja eräät niistä immunosuppressiivisia eli vastustuskykyä lamaavia aineita. Kosteusvauriorakennuksissa asuvien ja/tai työskentelevien infektiot ovat usein tavallista pitkäkestoisempia ja vaikeahoitoisia.

Kiinteistöjen kunnollisen korjaamisen jälkeen hengitystieinfektioiden on todettu vähenevän merkittävästi. Esim. kosteusvaurioituneessa koulussa lääkekuurien tarve väheni 30 % ja lääkärisäkäynnit vähenivät puoleen korjausten jälkeen.

Joissain erikoistilanteissa kosteusvauriomikrobien on osoitettu aiheuttavan suoran infektion joko hengitysteissä tai muissa kudoksissa. Suurin riski on potilailla, joilla on jokin perussairaus, kuten diabetes tai elimistön puolustusjärjestelmään vaikuttava hoito, esim. solusalpaaja tai kortisonitabletit. *Aspergillus fumigatus*-home voi alkaa kasvaa hengitysteissä keuhkoputkissa, poskiontelossa tai korvakäytävässä. Sädesienet eli aktinobakteerit voivat lisääntyä poskiontelossa, likaisissa haavoissa tai kudoksissa, joissa on jokin vierasesine, esim. nivelproteesi tai ehkäisykierukka. Myös muut homeet voivat kasvaa elimistössä, esim. *Mucor*, *Fusarium* tai *Aureobasidium*. Tällaiset tapaukset ovat onneksi harvinaisia. Vakavien sieni-infektioiden hoito on hyvin vaikeaa ja kallista. Elinsiirto- tai leukemiatilalle sieni-infektio on usein hengenvaarallinen, koska heidän solupuolustuksensa on perussairauden vuoksi pahoin häiriytynyt.

## 4 TERVEYDELLE HAITALLISET SISÄILMAN EPÄPUHTAUDET

### 4.1. Yleistä

Käsitteitä "sisäilma" ja "sisäilmasto" ei ole vielä yhtenevästi määritelty. Sisäilman ominaisuuksista puhuttaessa tarkoitetaan yleensä itse hengitysilmaan liittyviä ominaisuuksia, lämpötilaa, kosteutta, ilman liikettä, mikrobin, pölyn, radonin ja kemiallisten yhdisteiden pitoisuuksia jne. Sisäilmastoon vaikuttavat sisäilman lisäksi myös ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmät, rakennus- ja sisustusmateriaalit sekä ihminen ja sisätiloissa tapahtuvat toiminnot. Sisäilmasto on siis laajempi yläkäsite, joka sisältää sisäilman lisäksi monia ilmaa liikaavia lähteitä ja toimintoja.

Sairas rakennus oireyhtymä-käsitettä (SBS, engl. sick building syndrome) käytettiin yleisesti 1970-80-lukujen aikana kuvaamaan sitä monien oireiden ryvästä, jota erityisesti suurissa toimistoissa kuvattiin olevan. Tämän käsitteen käytöstä tulisi kokonaan luopua, koska ihmiset sairastavat, eivätkä rakennukset. Toiseksi tutkimus on voinut osoittaa monia oireilun syitä ja mekanismeja, jotka nykyisin voidaan määritellä aiempaa paljon perusteellisemmin ja puhua ongelmista niiden oikeilla nimillä, esim. ilmankostuttajakuume, kosteusvaurio-rakennus.

### 4.2 Orgaaniset epäpuhtaudet

#### 4.2.1. Mikrobit ja bioaerosolit

Sisäilman bioaerosoleilla tarkoitetaan kaikkia elollista alkuperää olevia hiukkasia, jotka voivat olla kiinteitä tai nestemäisiä. Bioaerosoleja ovat mm. mikrobit (bakteerit, virukset, homeet ja muut sienet), siitepölyt sekä hyönteisten ja punkkien eritteet ja osat.

Mikrobeja on kaikkialla eliympäristössämme. Useimmat niistä ovat harmittomia, eräät jopa hyödyllisiä ja välttämättömiä ihmisen hyvinvoinnille. Sairauksia aiheuttavat erityisesti virukset ja bakteerit, mutta myös

eräät homeet ja sädesienet. Homeet ovat sienten eräs alaryhmä. Sädesienet ovat maaperäbakteereita, jotka kasvavat yleensä siellä missä homeetkin viihtyvät. Homeet, sienet ja sädesienet osallistuvat luonnossa kuolleen elollisen materiaalin hajoittamiseen.

Tärkeimmät sisäilman mikrobit, joilla on terveydellistä merkitystä, ovat virukset, bakteerit (mm. sädesienet) ja sienet (erityisesti homeet).

#### BAKTEERIT JA VIRUKSET

Sisäilman bakteerit ja virukset aiheuttavat infektioita ja bakteerien erittämät toksiniitit voivat aiheuttaa kuumereaktioita ja yleis-oireita. Mm. keuhkokuumetta, tuberkuloosia, bruselloosia ja legionella-aihe-

uttavat bakteerit leviävät hengitysilman välityksellä.

Bakteereiden infektiivisyys on voimakkain joko hyvin alhaisessa tai hyvin korkeassa ilmankosteudessa (tutkittu mm. *Escherichia coli*lla, *Mycoplasma pneumoniae*lla ja

*Streptokokeilla*). Eräiden bakteerisukujen infektiivisyys on suurin hyvin kosteassa ilmassa (*Serratia*, *Brucella*, *Staphylococcus*).

Hengitysilman kautta leviäviä viruksia ovat mm. influenssa, tuhkarokko (*Rubeola*), vesirokko (*Varicella*), vihurirokko (*Rubella*), *Adenovirus* (nuhakuumeen taudinkuva) ja *Coxsackievirus* (ihottumaa, kuumetauti). RS-, parainfluenssa- ja rhinovirukset (nuhakuumeita) leviävät pääasiassa kosketuksen välityksellä, mutta ilmateitse tapahtuvalla pisaratartunnalla on myös merkitystä.

Sädesienet eli aktinobakteerit ovat itiöllisten maaperäbakteereiden ryhmä, jotka käyttäytyvät rakennuksissa homesienten tavoin. Niille on tyypillistä voimakas maakellarin haju, joka on hengitysteitä ärsyttävä. Tärkeimmät sädesienisuvut, joilla on terveydellistä merkitystä, ovat *Streptomyces* ja *Ther-*

## SIENET JA HOMEET

Homeita ja muita sieniä esiintyy kaikkialla luonnossa. Yleisimmät sisäilmassa tavattavat homelajit ovat *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* ja hiivat. Yleisimpiä ulkoilmassa esiintyviä homeita ovat *Cladosporium*, *Penicillium*, hiivat, *Polyscytalum* ja *Botrytis*.

Kosteuden vaikuttaessa rakennuksessa pinnoilla ja rakenteissa alkavat kasvaa ensiksi em. tavanomaiset ulkoa sisään kulkeutuneet ja sisätiloissa luontaisesti esiintyvät homesienet, joita kutsutaan ensilinjan eli primaarivaiheen mikrobeiksi. Suurina esiintyminä nämäkin aiheuttavat asukkaille terveysriskin ja sairastumisen vaaran. Primaarivaiheen homesienet käyttävät ravinnokseen sokeriyhdisteitä ja muita lyhytketjuisia hiilihydraatteja. Homeet ovat ravintovaatimuksiltaan hyvin vaatimattomia. Normaali pinnoilla esiintyvä pöly ja lika riittää niille ravinnoksi, jos kosteutta on saatavissa edes ajoittain.

*moactinomyces*.

Viime vuosina on kosteusvauriorakennusten rakenteista eristetty myös muita bakteereita, joiden tiedetään voivan erittää toksisia eli myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita. Monia näistä bakteereista esiintyy yleisesti myös maaperässä ja ulkoa sisään kantautuvassa pölyssä. Eräät niistä voivat aiheuttaa ihmiselle vakavia terveyshaittoja, jos ko bakteerit pääsevät lisääntymään elintarvikkeissa (esim. *Bacillus cereus*). Tällöin niiden tuottamat toksiinit voivat aiheuttaa ruokamyrkytysoireita. Näiden bakteereiden terveydellistä merkitystä ihmisille niiden esiintyessä rakennusten pinnoilla ja rakenteissa ei toistaiseksi tunneta. Kokeellisten soluviljelykokeiden mukaan näiden bakteereiden pinta-toksiinien tiedetään haittaavan solujen energia-aineenvaihduntaa ja vaikuttavan solujen ulokkeiden liikkuvuuteen.

Jos kosteus vaikuttaa rakenteessa pidempään, paikalle ilmaantuvat vähitellen sekundaarivaiheen mikrobit, jotka käyttävät ravintonaan pitkäketjuisia hiilihydraatteja. Pitkään jatkuneessa kosteusvauriossa valtalajeiksi jäävät lopulta ns. tertiaarivaiheen mikrobit, jotka pystyvät hajottamaan paperin selluloosaa ja puun ligniiniä. Tällaisia selluloosaa hajottavia, paperissa ja kartongissa viihtyviä kosteusvauriomikrobeja ovat mm *Stachybotrys atra* eli *S. chartarum*. Puumateriaalissa viihtyviä mikrobeja ovat mm. *Trichoderma* ja *Aureobasidium*. Loppuvaiheessa vaurioituneista puurakenteista löytyy myös puun lujuusominaisuuksia heikentäviä lahottajasieniä. Lahottajasienistä pelätympiä on lattiasieni eli *Serpula lacrymans*, joka pystyy itsenäisesti siirtämään kosteutta pitkiäkin matkoja paikasta toiseen rihmastonsa avulla. Em. mikrobeista *Stachybotrys* on usein toksiineja tuottava ja muut ovat allergisoivia. Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön



sisäilmaohje mainitsee nimeltä neljä terveydelle haitallista kosteusvaurioon viittaavaa mikrobisukua eli indikaattorimikrobia: *Phialophora*, *Aspergillus versicolor*, *Stachybotrys chartarum* (eli *S. atra*) ja aktinobakteerit eli sädesienet (esim. *Streptomyces*).

Eri tutkimuslaitoksilla on lisäksi omia listoja

Taulukko 1. Kosteusvauriokohteissa esiintyviä mikrobisukuja

<i>Actinobacteria</i>	<i>Olpitrichum</i>
<i>Acremonium</i>	<i>Paecilomyces</i>
<i>Ascomycetes</i>	<i>Phialophora</i>
<i>Aspergillus versicolor, niger, terreus, ochraceus</i>	<i>Phoma</i>
<i>Aureobasidium</i>	<i>Polyscytalum</i>
<i>Basidiomycetes</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Chrysonilia</i>	<i>Rhinocladiella</i>
<i>Chaetomium</i>	<i>Rhodotorula</i>
<i>Eurotium</i>	<i>Scopulariopsis</i>
<i>Exophiala</i>	<i>Sphaeropsidales-ryhmä</i>
<i>Fusarium</i>	<i>Stachybotrys</i>
<i>Geotrichum</i>	<i>Sporobolomyces</i>
<i>Geomyces</i>	<i>Trichoderma</i>
<i>Humicola</i>	<i>Tritirachium</i>
<i>Hyalodendron</i>	<i>Ulocladium</i>
<i>Mucor</i>	<i>Wallemia</i>
<i>Oidiodendron</i>	Hiivat

mikrobisuvuista, joita yleisesti on tavattu suomalaisissa kosteusvauriorakennuksissa ja joita ei yleensä tavata terveissä rakennuksissa ainakaan kovin suurina pitoisuuksina. Esimerkkejä kosteusvaurioon viittaavista mikrobisuvuista on taulukossa 1.

Kosteusvauriomikrobien allergisoivista ominaisuuksista on runsaasti kirjallisuutta. Luetteloita allergiaa aiheuttavista kosteusvauriomikrobeista ei voida pitää kovin kat-

tavina ja luotettavina, koska uusia, allergiaa aiheuttavia mikrobeja löydetään jatkuvasti. Esimerkkejä yleisimmistä allergiaa aiheuttavista mikrobisuvuista on taulukossa 2

Taulukko 2 Välitöntä yliherkkyyttä eli I-tyyppin allergiaa aiheuttavia kosteusvauriomikrobisukuja.

<i>Alternaria</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>Phoma</i>
<i>Aureobasidium</i>	<i>Rhodotorula</i>
<i>Cladosporium</i>	<i>Serpula</i>
<i>Fusarium</i>	<i>Trichoderma</i>
<i>Geotrichum</i>	<i>Streptomyces</i>
<i>Mucor</i>	

## MIKROBIEN KASVUOLOSUHTEET

Koska bakteereita ja sieni-itiöitä on aina maaperässä, niitä on luonnostaan monissa rakennusmateriaaleissa, hiekassa, betonissa, tasoitteissa jne. Sienet ovat kasvuolosuhteiltaan hyvin vaatimattomia. Niiden kasvua rajoittavat lähinnä lämpötila, ravinto ja kosteus, joista tärkein on kosteus.

Useiden sienien ihanteellinen kasvu-  
lämpötila on 15-30 °C. Alle 0 °C tai yli 60 °C lämpötiloissa ei juuri mikään sieni pysty kasvamaan, mutta pakkasasteet eivät toisaalta myöskään tuhoa sienikasvustoa. Mikrobeille käy ravinnoksi lähes mikä tahansa orgaaninen aines; puu, paperi, pöly, ruoka/jätteet. Näiden lisäksi sieni tarvitsee kosteutta - ei välttämättä jatkuvasti, mutta toistuvasti.

Kasvuedellytyksistä kosteus on ainoa, joka sieneltä voidaan rakennuksessa evätä. Homeen kasvualustaksi kelpaa lasia ja metalleja lukuunottamatta melkein mikä tahansa materiaali: betoni, tasoitteet, laasti, lastulevy, kipsilevy, muovi, lattiapäällysteet, tapetti jne.

Sisäilman kuivuus ei ole homeiden ja sädesienien kasvua rajoittava tekijä, vaan tärkein kasvua säätelevä tekijä on kasvualustan kosteus, vesiaktiivisuus. On huomattava, että homeongelman syntyyn ei aina tarvita varsinaista kosteusvauriota, vaan lämpötilaeron aiheuttama kosteuden tiivistyminen vaikkapa kylmään kaakeliseinään tai rakenteen kylmäsiltaan riittää kasvun

alkamiseen. Kokeellisissa tutkimuksissa on todettu, että homekasvusto aktivoituu, kun pinnan tai rakenteen vesiaktiivisuus 75%.

Jos kasvupaikka on lämmin, kostea ja ravinnerikas, sieni kasvaa paikallaan ja tuottaa vähän itiöitä. Tämä selittää, miksi ilmanäytteissä voidaan todeta matala itiöpitoisuus, vaikka homekasvu on silmännähtävää.

Jos kasvupaikka alkaa kuivua, sieni alkaa tuottaa runsaasti itiöitä löytääkseen uuden kasvupaikan. Bakteerien ja sienien itiöt, kestävät äärimmäisen epäedullisiakin olosuhteita, kuivuutta, pakkasta ja lämpöä erittäin hyvin pitkiäkin aikoja. Kun olosuhteet muuttuvat suotuisammiksi, ne alkavat jälleen lisääntyä. Pelkkä homehtuneen materiaalin kuivattaminen ei siis ratkaise ongelmaa. Eräät sienet (esim. lattiasieni) pystyvät siirtymään paikasta toiseen rihmaston avulla. Emosieni elää turvallisessa kosteassa paikassa ja sitkeän rihmaston avulla voi siirtyä useita metrejä jonkin epäedullisen materiaalin yli toiseen kasvupaikkaan.

### SIENTEN KASVUEDELLYTYKSIÄ

- **kosteus**
- **lämpötila > 0 °C**
- **happea saatavilla**

### KASVUSTOA EI TUHOA

- **pakkanen**
- **kuivuus**

#### 4.2.2. Pölypunkit

Pölypunkit ovat hämähäkkieläinten heimoon kuuluvia kahdeksanjalkaisia, n 0.1 mm:n kokoisia, silmälle näkymättömiä pikkueläimiä, jotka eivät ole vertaimeviä, kuten etäiset sukulaisensa puutiaiset eli punkit. Pölypunkit voidaan jakaa huone- eli kotipölypunkkeihin ja varastopunkkeihin.

#### HUONEPÖLYPUNKIT

Sisätiloissa elävistä pölypunkeista yleisimpiä ovat huonepölypunkit (*Dermatophagoides pteronyssinus* ja *Dermatophagoides farinae*). Huonepöly-punkit aiheuttavat suurimman osan ns. pölyallergiasta. Punkit kasvavat parhaiten yli 45 %:n suhteellisessa kosteudessa, joten kosteusvaurioituneissa tiloissa on usein myös punkkeja. Pölypunkkien esiintymiseen ei vaikuta rakennuksen ikä eikä siivouksen tehokkuus. Pölypunkin eritteet ja kuolleiden punkkien osat aiheuttavat mm. allergista nuhaa ja astmaa. Kosteassa ilmastossa asunnoissa on yleisesti huonepölypunkkeja, vaikkei rakennuksessa olisi varsinaista kosteusvauriota. Optimaalinen ilmankosteus terveyden kannalta on 30-45 %. Pölypunkkien kasvuolosuhteet ovat otollisimmat, kun lämpötila ja ilmankosteus ovat korkeita (lt 24-26 C ja RH yli 55 %). Asunnoissa pölypunkeille otollinen mikroilmasto on yleensä sängyssä, jossa ihmisen oma lämpö sekä hien ja hengityksen mukana haihtuva kosteus ihosta irtoavan hilseen ohella muodostavat huonepöly-punkkien kasvua suosivat olosuhteet. Punkit käyttävät ihmisen hilsettä ravintonaan. Huonepölypunkkeja voidaan torjua pitämällä lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus riittävän matalana (20-22 C, RH alle 45 %). Punkkien määrää voidaan myös vähentää antamalla vuoteen kuivua ja tuulettua kunnolla aamui-

sin ennen vuoteen sijaamista, sekä imuroimalla ja pesemällä vuodevaatteita säännöllisesti. Punkkeja voidaan torjua tuulettamalla vuodevaatteet ulkona pakkasessa. Tämän jälkeen kuolleet punkit on muistettava imuroida pois tuulettamisen jälkeen. Punkkien kemialliseen torjuntaan on myös tarjolla vuodevaatteisiin suihkutettavia torjunta-aineita. Punkeille allergisoituminen voidaan osoittaa ihotestillä, vasta-ainetestillä tai altistuskokeella (Taulukko 3).

#### VARASTOPUNKIT

Varastopunkkeja on useita satoja erilaisia. Tärkeimmät varastopunkit, joille on olemassa allergiatestausmahdollisuus ovat *Acarus siro*, *Lepidoglyphus destructor* ja *Tyrophagus putrescentiae* (Taulukko 3). Niiden on tiedetty viihtyvän mm. viljavarastoissa ja muissa maatalous-kiinteistöissä. Varastopunkit viihtyvät viileämmässä kuin huonepölypunkit eivätkä ne tarvitse ihmisen hilsettä elääkseen. Ne syövät kasvinosia, hometta ja muita punkkilajeja ja muuta orgaanista materiaalia, kuten ruoanmurusia. Varastopunkkien esiintyvyyttä asunnoissa ja muissa rakennuksissa on vasta äskettäin alettu tutkia. Niitä on löydetty lähes kaikista rakennuksista, mistä niitä on etsitty, esim. kosteusvauriokodeista, toimistoista, myymälöistä, leipomoista, elintarviketeollisuuden rakennuksista ja monenlaisista maatalousrakennuksista ja eläinsuojista. Myös varastopunkit ovat allergisoivia ja aiheuttavat mm allergista nuhaa ja astmaa. Varastopunkeille allergisoituminen voidaan osoittaa ihotestillä, vasta-ainetestillä ja altistuskokeella. Työpaikalla tapahtuneen punkkialtistuksen aiheuttama sairaus voidaan korvata ammattitautina.

Taulukko 3. Punkkeja, joille allergisoituminen voidaan testata ihotestillä ja vasta-ainetestillä

	Ihotesti	IgE-vasta-ainetesti	Altistusuute
Huonepölypunkkeja:			
<i>Dermatophagoides pteronyssinus</i>	on	on	on
<i>Dermatophagoide farinae</i>	on	on	
<i>Dermatophagoides microceras</i>		on	
Varastopunkkeja:			
<i>Acarus siro</i>	on	on	on
<i>Lepidoglyphus destructor</i>	on	on	
<i>Tyrophagus putrescentiae</i>	on	on	on
<i>Glycyphagus domesticus</i>		on	
<i>Euroglyphus maynei</i>		on	
<i>Blomia tropicalis</i>		on	

#### 4.2.3. Hyönteiset

Monet hyönteiset ja niiden eritteet ovat suurina määrinä terveystahaitta ja monet niistä voivat aiheuttaa allergiaa. Monissa maissa yleisenä elävä torakka (*Periplaneta orientalis*, *P. americana*) on Suomessa harvinainen, mutta sen itäinen sukulainen russakka (*Blattella germanica*) on vielä 1940-50-luvulla ollut yleinen Suomessakin. Itärajan yli tapahtuvan kanssakäymisen myötä russakoita on jälleen tavattu myös Suomesta. Russakoita tavataan harvoin kotiloissa, mutta niistä on ollut harmia elintarviketeollisuudessa ja laitoskeittiöissä. Ranskantorakka (*Supella longipalpa*) pitää lämpimistä paikoista ja piiloutuu mielellään mm. TV-vastaanottimiin. Luonnossa esiintyviä torakalajeja, lapintorakkaa (*Ectobius lapponicus*) ja metsätorakkaa (*Ectobius silvestris*) tavataan joskus asunnoista. Torakkaallergiaa esiintyy suomalaisella väestöllä muutamalla prosentilla.

Muita asunnoissa esiintyviä epämiellyttäviä seuralaisia ovat viemäreissä ja pesutiloissa viihtyvät sokeritoukat ja varsinkin vanhojen talojen ilmanvaihtokanavien kautta sisään pyrkivät turkiskuoriaiset, jotka nakertavat reikiä vaatteisiin. Sekä sokeritoukat että

turkiskuoriaiset voivat aiheuttaa allergioireita, jos niitä esiintyy asunnossa suurina määrinä. Allergisoitumista suurempi terveydellinen merkitys hyönteisillä on elintarvikkeiden pilaajana ja taudinaiheuttajabakteereiden levittäjänä.

Jäytiäiset ovat parin millimerin kokoisia, lahoavassa puussa eläviä hyönteisiä, joiden yleisimmät lajit ovat kirjatai ja tomutai. Jäytiäiset ovat vaaleita ja hentoja ja niillä on suhteellisen suuri pää, jossa on tuntosarvet. Jäytiäiset lisääntyvät kosteissa ja lämpimissä paikoissa ja ne käyttävät hometta ravintonaan. Kodeissa niitä tavataan myös ruokakomeroissa, erityisesti viljatuotteissa. Jäytiäisten runsas esiintyminen muissa tiloissa kuin keittiöissä viittaa rakenteiden kosteudesta ja homevaurioon. Ne eivät menesty kuivissa olosuhteissa.

Lahovaurioiden yhteydessä puurakenteisiin saattaa pesiä kovakuoriaisia, jotka voivat kovertaa reikiä puurakenteeseen ja siten nopeuttaa puun tuhoutumista. Tällaisia vanhoissa hirsirakennuksissa ja uusissakin kosteusvaurioituneissa puurakennuksissa tavattavia kovakuoriaisia ovat mm. tupajumi,

hirsijumi, tuomaanjumi ja kuolemankello. Jauhojen ja muiden elintarvikkeiden mukana silloin tällöin asuntoihin joutuvat riisihäröt, jauhokoiset ja rohmukuoriaiset eivät liity

#### 4.2.4. Kasvit

Monet tavallisista huonekasveista ovat allergisoivia. Kukkivien huonekasvien siitepöly (esim. krysanteemit) sekä tuokset (esim. hyasintti, posliinikukka) voivat aiheuttaa yliherkkyysoireita. Kukkivien huonekasvien lisäksi monet viherkasvit levittävät allergeenipölyä sisäilmaan ja voivat olla oireilun ja ongelmien syynä. Limoviikuna ja fiikukset erittävät maitiaisnestettä, joka kuivuttuaan leijuu pölynä ilmassa ja voi aiheuttaa allergiaoireita sekä iholla että silmissä ja hengitysteissä. Maitiaisnesteen allergeeni on rakenteeltaan samankaltaista kuin luonnonkumin eli latexin, joten kumille allergiset voivat saada oireita näistä kasveista. Muita allergisoivia kasveja ovat

#### 4.2.5. Levät

Levät ovat yksisoluisia, vedessä viihtyviä organismeja, joista eräät sisältävät lehtivihreää. Sisäilman laatuun levät voivat vaikuttaa haitallisesti mm. ilmankostutusjärjestelmissä, akvaarioissa ja ilmastointijärjestelmien jäähdytysvesissä suurina määrinä kasva-

#### 4.2.6. Lemmikkieläimet

Kotieläinten pito on suomalaisissa perheissä yleistä. Lapsiperheistä jopa 50-60 %:lla on kodissaan jokin kotieläin. Eläinten hilse sekä syljen ja virtsan proteiinit ovat kuitenkin allergisoivia ja eläinallergia onkin siitepölyallergian ohella yleisimpiä allergian muotoja. Eri eläinlajien allergisoivissa ominaisuuksissa on jonkin verran eroja. Esim. kissa- tai kaniiniallergia kehittyy usein huomattavasti nopeammin kuin koira-allergia. Myös linnuille ja jyräjille, kuten hamste-

kosteusvaurioon eivätkä ne uhkaa rakenteiden lujuusominaisuuksia. Hyönteisten tunnistamisessa saa asiantuntija-apua luonnontieteellisistä museoista ja yliopistoista.

mm. lohikäärmepepu, jukkapalmu ja kirjovehka. Näiden viherkasvien käyttöä julkisissa tiloissa kuten sairaaloissa ja oppilaitoksissa tulisi välttää. Jos kasvien multatila on jatkuvasti märkä, voi mullan pinta homehtua ja kasvustosta irtoavat itiöt voivat heikentää sisäilman laatua. Mittausten mukaan huonekasvien määrä ei kuitenkaan ole suoraan yhteydessä sisäilman homepitoisuuteen. Kasvien huollon ja mullanvaihdon yhteydessä voi sisäilman home- ja aktinomykeettipitoisuus hetkellisesti nousta varsin suureksi, joten tällaisia toimia on syytä välttää silloin, kun tutkitaan itse rakennukseen liittyviä ongelmia.

essaan. Nämä vesijärjestelmät on syytä pitää puhtaana ja estää niissä tapahtuva bakteerien ja levien kasvu joko mekaanisesti tai kemiallisesti. Levät voivat aiheuttaa ilmastokostuttajakuumetta ja muita oireita aerosoleina elimistöön joutuessaan.

rille ja viime vuosina suosituksi tulleen rotalle voi allergisoitua. Myös monet karvattomat kotieläimet, kuten kilpikonnat ovat voimakkaasti allergisoivia. Tällöin allergiaa aiheuttava tekijä on eläimen virtsassa, jonka proteiini virtsan kuivuttua leijuu pölynä ilmassa. Eläinten kuivikkeissa ja rehussa on epäpuhtauksia, kuten homeita, varastopunkkeja ja siitepölyä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa. Akvaariokalojen rehu sisältää useita voimakkaasti allergisoivia aineita,

kuten kala- ja katkarapujauhetta ja suuria määriä histamiinia, joten rehujen pölyn hengittämistä on syytä välttää.

Kotieläinten hankkiminen allergia-perheeseen on kiistanalainen asia, jossa lääkäreidenkin mielipiteet vaihtelevat. Toisaalta eläinallergia kiistatta lisää allergisointumisen todennäköisyyttä pitkällä aikavälillä, toisaalta eläimille voi allergisointua, vaikkei itse koskaan hankkisi kotieläimiä. Eläinallergiaa on osoitettu olevan kaikissa julkisissa rakennuksissa ja liikennevälineissä.

Viimeaikaisissa tutkimuksissa on esitetty, että kotieläinten pito voisi suojata allergia-

sairauksilta eläinten mukana tulevan edullisen bakteerialtistuksen vuoksi. Maatalousympäristössä kasvaneilla lapsilla on todettu olevan vähemmän allergiasairauksia kuin kaupunkilaislapsilla. Jos lapsella jo on todettu eläinallergia, ei eläimen hankkimista voida kuitenkaan suositella.

Terveystieteiden tutkimusten mukaan kotieläinten suuri määrä voi olla asunnossa terveyshaitta, jonka poistamisesta tai vähentämisestä terveystarkastaja voi antaa kiinteistön omistajalle määräyksiä joko asianomaiselle itselleen tai naapureille aiheutuvan terveysvaaran vuoksi (esim. kennelin pito pienessä kerrostaloasunnossa).

### 4.3 Kemialliset epäpuhtaudet

#### 4.3.1. Yleistä

Sisäilmassa voi olla kemiallisia haitta-aineita joko tilan käyttäjän oman toiminnan seurauksena, rakennusmateriaaleista vapautuvina päästöinä tai kosteusvaurioon liittyvänä, materiaalien hajoamisen aiheuttamina päästöinä. Lisäongelmana voi olla suoraan maaperästä tai esim. viemärijärjestelmästä peräisin olevat haitta-aineet sekä ulkoa sisälle kulkeutuvat liikenteen ja teollisuuden epäpuhtaudet. Kemiallisia haitta-aineita on tuhansia. Tässä kirjassa mainitaan vain muutamia tärkeimpiä.

Ihmisestä peräisin olevista, sisäilman laatua heikentävistä tekijöistä tärkein on hengityksen myötä ilmaan tuleva hiilidioksidi, jonka vaikutus korostuu, jos tiloissa on paljon ihmisiä ja puutteellinen ilmanvaihto, kuten esim. koululuokassa. Hiilidioksidin haitat on torjuttavissa riittävällä ilmanvaihdolla. Korkea hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä, levottomuutta, keskittymis- ja oppimiskyvyn heikentymistä. Hiilidioksidipitoisuudelle on annettu ohjearvot.

Korkea ilman suhteellinen kosteus lisää

formaldehydin vapautumista lastulevystä ja polyuretaanivaahdosta. Myös muita orgaanisia yhdisteitä, mm. liuotainaineita saattaa vapautua rakennusmateriaaleista. Sisäilman formaldehydilähteistä tärkeimmät ovat lastulevyt, lattialakat, sisustustekstiilit ja liimat. Formaldehydin aiheuttamat oireet ovat hengitysteiden limakalvojen, ihon ja silmien ärsytysoireita, kuten silmien punoitusta, nuhaa ja kurkun ärsytystä, sekä päänsärkyä ja väsymystä. Formaldehydi aiheuttaa myös astmaa ja sen epäillään aiheuttavan syöpää. Formaldehydin pitoisuudelle on asetettu ohjearvot. Nykyisistä lastulevyistä ei haihdu samassa määrin formaldehydiä kuin 1980-luvulla, koska teollisuus on muuttanut tuotteidensa koostumusta päästöjen minimoimiseksi.

Materiaaleista haihtuvista orgaanisista yhdisteistä ilmoitetaan mittaustuloksena joskus vain kokonaispitoisuus, jolloin puhutaan ns. TVOC:sta (TVOC= total volatile organic compounds). VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuudelle on annettu suositusarvot. Yhdisteiden lähteen ja alkuperän arvioimiseksi

tarkempi kemiallinen analyysi on kuitenkin tarpeen. Monet suoraketjuisista hiilivedyistä ovat peräisin lakkojen, maalien ja liimojen liuottimista, osa taas talouksissa käytettävistä siivous- ja puhdistusaineista sekä kosmeettisista aineista. Eräät rengashiilivedyt, aldehydit, esterit ja alkoholit ovat terveyden kannalta huomattavasti haitallisempia kuin suoraketjuiset hiilivedyt. Joistakin kemiallisista yhdisteistä voidaan päätellä niiden lähde. Esim. terpeenit ovat yleensä peräisin puutavarasta. Muovin pehmittiminä käytetyt ftalaatit ja muovimateriaaleista haihtuvat yhdisteet, kuten 2-etyyli-1-heksanoli sekä TXIB ovat viime aikoina nousseet lisääntyvän kiinnostuksen kohteeksi, koska niiden epäillään olevan yhteydessä astman puhkeamiseen.

Rikkipitoiset yhdisteet, kuten rikkivety, sulfidit ja haaroittuneet hiilivedyt viittaavat viemärikaasujen pääsyyn sisäilmaan. Pahanhajuisia rikkiyhdisteitä ja merkaptaneja voi sellutehdaspaikkakunnilla myös joutua ulkoilmasta sisäilmaan ja vaikuttaa siellä pitkiäkin aikoja.

Eräät kemialliset yhdisteet voivat olla peräisin mikrobikasvustoista. Näiden ns. mVOC-yhdisteiden terveysvaikutuksia ja vaikutusmekanismeja on pyritty selvittämään tutkimalla koe-eläinmallien avulla yksittäisten yhdisteiden vaikutusta mm. eläimen hengitystiheyteen. Minkään yksittäisen yhdisteen vaikutusta ei ole voitu objektiivisesti osoittaa sisäilmassa todettavilla matalilla pitoisuuksilla, vaan ärsytysvaikutus on saatu esiin vasta suurilla annoksilla. Kuitenkaan eri kemiallisten tekijöiden yhteisvaikutuksia ei ole tarkemmin selvitetty. Todellisissa asumisolosuhteissa asukkaat altistuvat jopa kymmenille eri yhdisteille samanaikaisesti.

VOC-yhdisteiden lisäksi sisäilman ammoniakkipitoisuudelle on annettu suositusarvo. Ammoniakki on pistävän hajuinen kaasu, jota haihtuu mm virtsasta ja eräistä puhdistusaineista. Sisäilman kohonnuttua ammoni-

akkipitoisuutta voidaan käyttää indikaattorina mm. tasoitteista vapautuvien terveydelle haitallisten amiinien osoittamiseen. Ammoniakki sinänsä on silmiä ja hengitysteitä ärsyttävä kaasu, joka voi herkille henkilöille aiheuttaa oireita, mm päänsärkyä, silmä- ja iho-oireita, mutta ei ole allergisoiva.

Saastuneesta maaperästä rakennuksiin nousevat kemialliset yhdisteet voivat aiheuttaa asunnoissa terveys- ja viihtyvyysoongelmia. Esimerkkejä ovat entisten huoltoasemien, pesuloiden, kaatopaikkojen ja sahojen alueet, joiden päälle on rakennettu asutusta. Pohjaveden saastumisen ohella em. toiminnot ovat Suomessakin aiheuttaneet kalliita korjauksia ja jopa kokonaisia kerrostaloja on jouduttu purkamaan. Vaarallisimpia ovat kaato-paikkojen ja sahojen jäljiltä maaperään joutuneet myrkylliset yhdisteet ja raskasmetallit.

Elementtitalojen saumausaineissa on käytetty PCB-pitoisia ja runsaasti lyijyä sisältäviä yhdisteitä. Vanhojen elementtitalojen saumausten korjauksessa ja uusimisessa tulee estää terveydelle erittäin haitallisten PCB-yhdisteiden ja lyijyn joutuminen asukkaiden hengitysilmaan, korjaustyötä tekevien työntekijöiden hengitysvyöhykkeelle ja hiontapölyn myötä maaperään. Toimenpidesuosituksia PCB ja lyijy-yhdisteiden huomioon ottamiseksi julkisivujen korjauksissa on annettu mm. ympäristöministeriön verkkosivuilla sekä esitteessä ”PCB rakennuksissa – PCB-yhdisteet elementtitalojen saumausmassoissa.

Vanhojen rakennusten kosteudeneristykseen on aikaisempina vuosina käytetty kivihiilitervaa. Kyseinen aine sisältää syöpävaarallisia yhdisteitä, joilta on syytä huolellisesti suojautua korjaus- ja purkutöiden yhteydessä. Kivihiilitervassa on myös monia allergisoivia aineita. Näiltä yhdisteiltä on syytä suojautua purku- ja korjaustöiden yhteydessä.

Asbestipitoisia rakennusmateriaaleja ja eristeitä on käytetty laajasti myös suomalaisessa rakennuskannassa varsinkin ennen 1980-lukua rakennetuissa kohteissa. Näiden kohteiden purku- ja korjaustöissä tulee noudattaa asbestityöstä annettuja ohjeita. Asbesti ei kuitenkaan muodosta uhkaa asukkaiden terveydelle niin kauan kuin kyseinen rakenne on ehjä.

Rikkoutuneista putkieristeistä, lattia- ja

#### 4.3.2. Tupakansavu

Tupakansavulle altistuu arvioiden mukaan kotiympäristössä 600 000 henkilöä ja työpaikoilla 300 000 henkilöä. Alle 15-vuotiaista suomalaislapsista altistuu kotonaan tupakansavulle noin 7 %. Osuus on pienempi kuin muissa Pohjoismaissa.

Tupakansavu aiheuttaa keuhkosityöpää myös savulle altistuvilla tupakoimattomille henkilöille. Arvioiden mukaan keuhkosityöpäriski tupakansavulle altistuvalla tupakoimattomalla on 1,2 – 1,4-kertainen altistumattomaan verrattuna (Suomessa n. 10-30 keuhkosityöpätapausta vuodessa). Tupakoivilla syöpäriski on 10-25-kertainen kokonaan altistumattomiin verrattuna tupakoinnin määrästä riippuen.

Tupakoimattomien altistuminen tupakansavulle lisää sydän- ja verisuonisairauksien riskiä noin samansuuruisella lisäriskillä kuin keuhkosityövässäkin. Ympäristön tupakansavun arvioidaan aiheuttavan 50 – 300 sydänkuolemaa vuosittain. Itse tupakoivilla verisuonisairauksien riski on huomattavasti suurempi.

Tupakansavu aiheuttaa myös toiminnallisia muutoksia keuhkoihin, hengitysteiden ahautumista ja astmakohtauksia. Lapset ovat herkempiä tupakansavun vaikutuksille kuin aikuiset. Tupakansavulle altistuminen lisää lapsilla korvatulehduksia ja muiden hengitystieinfektioiden esiintyvyyttä. Erityisen haitallista tupakansavu on kehittyvälle siki-

seinälaatoista saattaa irrota asbestikuituja sisäilmaan haitallisessa määrin. Asbesti on syöpävaarallinen kuitu, joka aiheuttaa keuhkosityöpää, keuhkopussin eli pleuran pahanlaatuisia kasvaimia ja keuhkopussin paksuuntumista eli pleuraplakkeja. Asbestikuitujen pitoisuudelle on annettu suositusarvoja. Nykyisin asbestin käyttö rakentamisessa on kielletty.

olle. Tupakansavulle altistuvien naisten vauvojen syntymäpaino on keskimäärin pienempi kuin altistumattomilla äideillä. Tupakansavulle altistuminen lisää hiukan myös vastatyntyneisyyskauden kuolleisuutta. Kätkytkuolemat ovat yleisempiä tupakansavulle altistuneilla lapsilla kuin altistumattomilla. Viitteitä on myös ennen aikaisten synnytysten ja keskenmeno-riskin noususta tupakansavun vaikutuksesta.

Tupakansavu sisältää satoja kemiallisia yhdisteitä, joista tärkeimmät kaasumaiset yhdisteet ovat hiilimonoksidi ja –dioksidi, typpimonoksidi ja –dioksidi, formaldehydi, nikotiini, bentseeni, tolueni, 3-etenyylipyridiini, etyylibentseeni, pyridiini, isopreeni ja limoneeni. Tupakansavu sisältää yli sata ihmiselle haitalliseksi tiedettyä yhdistettä, joista yli 40 on luokiteltu syöpävaaralliseksi. Nikotiinipitoisuutta voidaan mitata ilmasta. Havaitsemisraja on  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Paras keino torjua tupakan haittoja on tietysti tupakoimattomuus. Tupakansavun haittoja työpaikoilla ja julkisissa rakennuksissa on torjuttu tupakkalain määräyksin. Asuintiloissa sisällä tupakointia tulisi välttää. Kerrostaloissa myös parveketupakointi sekä kotien ja työpaikkojen ulko-ovien ja ilmanvaihto-järjestelmän sisäänoton aukkojen läheisyydessä tupakoiminen aiheuttaa savun kulkeutumisen rakennuksen sisätiloihin. Tupakanhajua kulkeutuu rakennuksiin myös tupakoitsijan vaatteissa.



Taulukko 4. Tupakansavun ja eräiden muiden työperäisten altisteiden aiheuttamia keuhkosityövän riskitasoja suhteessa altisteettomaan väestöön (RR=1.0).

Altiste	RR	95 % luottamusväli
Ympäristön tupakansavu	1.16-1.40	
Aktiivitupakointi	10-25	
Valimopäästöt	1.5 – 2.5	
Asbesti	1.41 – 1.63	1.24-1.69
Kvartsi	1.3 – 1.41	1.22-1.62
Dieselpakokaasut	1.43- 1.47	1.23-1.67
Monirengashiilivedyt	1.53	1.14-2.04
Ruostumattoman teräksen hitsaus	1.94	1.28-2.93

(Sosiaali- ja terveysministeriö Tieteellinen perustelukatsaus ympäristön tupakansavun terveyshaitoista, Selvityksiä 11; 2000, 134s.)

#### 4.3.3. Radon

Radon on hajuton ja mauton radioaktiivinen kaasu, joka nousee rakennuksiin maaperästä. Myös porakaivosta tuleva radonkaasu voi päästä sisäilmaan ja aiheuttaa terveysriskin. Radonaltistus on suurin rakennuksen alimassa kerroksessa. Radonin haittoja voidaan torjua mm. alapohjan tuuletuksella ja koko rakennuksen hyvällä ilmanvaihdolla. Radon ei aiheuta mitään oireita, mutta pitkäaikainen altistuminen lisää keuhkosityövän riskiä erityisesti tupakoitsijoilla. Radonia on maa-

perässä tietyillä alueilla poikkeuksellisen paljon, mikä tulee ottaa huomioon kaavoituksessa, sekä uudis- ja korjausrakentamisessa. Radonaltistusta mitataan mm. kuntien ympäristövalvonnasta saatavilla annosmittareilla, jotka lähetetään analysoitavaksi Säteilyturvakeskukseen (STUK). Säteilyturvakeskuksesta on saatavissa myös radonkartoja sekä ohjeita radonin haittojen torjuntaan ja ennaltaehkäisyyn.

## 5. SISÄILMAONGELMIEN TUTKIMUSMENETELMÄT

### 5.1. Rakennustekniset selvitykset – kuntoarviot ja kuntotutkimukset

Rakennuksen rakennusteknistä kuntoa ja sisäilmaongelmien syitä voidaan arvioida kuntoarvio- ja kuntotutkimusmenetelmillä, joiden yksityiskohtainen tarkastelu ei kuulu tämän oppaan sisältöön. Rakennuksen kuntoarvio tai kuntotutkimukset muodostavat kuitenkin lähtökohdan, jonka mukaan muut

tarvittavat näytteenotto-menetelmät suunnitellaan. Kuntoarvio toteutetaan havainnoin ja pintoja rikkomattomilla menetelmillä, mm. kosteuden osoittimia käyttäen. Kuntotutkimukset tarkoittavat perusteellisempia selvityksiä, joihin voi liittyä rakenteiden avaaminen.

## 5.2. Mikrobin pitoisuuden mittaaminen

Viranomaisohjeissa suositetaan sisäilmaselvityksissä ensisijaisesti materiaali- ja pintanäytteiden ottamista. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimusoppaassa on selostettu tarkemmin näytteenotto- ja mittaamenetelmiä. Tilanteissa, jolloin ilmanäytteiden ottaminen katsotaan aiheelliseksi, ilman mikrobin pitoisuuksien mittaamiseen käytetään tavallisimmin 6-vaiheimpaktoria (ns. Andersen-keräin), jossa pumpulla imetään ilmaa kuudelle mikrobin kasvatusmaljalle. Harvemmin käytetty mittaamenetelmä on avomaljamenetelmä. Molempien menetelmien toistettavuus ja luotettavuus on hyvä, mutta yleensä pyritään käyttämään Andersen-keräintä. Pitoisuus ilmassa ilmoitetaan yksikkönä  $\text{cfu/m}^3$  (colony forming unit, suom.  $\text{pmy/m}^3$  = pesäkettä muodostava yksikkö), mikä ilmoittaa ilmassa olevien elävien, lisääntymiskykyisten mikrobin tai itiöiden määrän ilmakeurometrissä. Menetelmä ei mittaa virusten, kuolleiden tai lisääntymiskyvyttömien mikrobin pitoisuutta. Andersen-keräimellä mittausaika on hyvin lyhyt (tav. 10-15 min) eivätkä saadut pitoisuudet ole suoraan vertailukelpoisia avomaljoilla saatuihin tuloksiin ( $500 \text{ cfu/m}^3$  Andersen-keräimellä vastaa suunnilleen 60 pesäkettä maljoilla/tunti).

Näytteenoton jälkeen maljat kasvatetaan ravinteiden ja lämpötilan suhteen valikoivissa kasvatusolosuhteissa, jolloin saadaan ryhmittäin esille bakteerien kokonaismäärä, mesofiiliset ja termotolerantit homeet ja sädesienet sekä hiivat. (mesofiilinen = huoneenlämpötilassa viihtyvä, termotolerantti tai termofiilinen = korkeassa lämpötilassa viihtyvä home tai sädesieni.) Ryhmäkohtaisen määrällisen analyysin jälkeen pyritään jatkoviljelyillä ja mikroskopoinnilla määrittämään mikrobin suku ja laji. Eräiden lajien tunnistuksessa ja rihmaston osoituksessa voidaan käyttää suoraa mikroskopointia joko valo-mikroskoopilla tai pyyhkäisyelektroni-

mikroskopilla (SEM), jolloin myös kuolleet mikrobit saattavat tulla paremmin esiin, mutta määrien arviointi ja sukutason tunnistus on vaikeampaa.

Mikrobiongelmaa epäiltäessä sisäilmanäytteet tulisi kerätä mieluiten talvella lumi-aikana tai maan ollessa jäässä, jolloin ulkoilmasta peräisin olevat itiöt eivät sotke tulosten tulkintaa. Ulkoilmassa homeitiöiden pitoisuus on suurimmillaan syksyllä, jolloin ulko-sisäsiirtymä peittää alleen mahdolliset sisälähteet. Yhden näytteenottokerran perusteella ei pidä tehdä johtopäätöksiä, koska itiöpitoisuudet vaihtelevat voimakkaasti eri aikoina. Monet homeet itiöivät vain tietyssä kosteudessa tai pimeässä. Jos rakenteissa on näkyvää homekasvua, ei sisäilmamittauksia yleensä lainkaan tarvita lukuun ottamatta poikkeustilanteita, kuten oikeudenkäyntipaukset tai ammattitautiselvitykset. Matala mikrobitaso ilmanäytteessä ei poissulje mikrobiongelmaa rakennuksessa.

Ongelmatapauksissa sisäilmamittauksia voi pyytää kuntien terveystarkastajilta. Homeiden viljelyssä ja tunnistuksessa saa tarvittaessa apua yliopistoilta, alue-työterveyslaitoksilta ja Kansanterveyslaitoksen ympäristöterveyden osastolta.

Ilmanäytteiden ohella on hyödyllistä ottaa myös pinta- ja rakennusmateriaalinäytteitä, jotka täydentävät kuvaa rakennuksen mikrobitilanteesta. Joissakin tapauksissa vauriot ja kasvustot löytyvät vasta rakenteita purettaessa. Pinta- ja materiaalinäytteitä voidaan ottaa kaikkina vuodenaikoina. Ongelmakohtaan lisäksi tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa vertailunäytteitä vaurioitumattomasta kohdasta tai vaurioitumattomasta rakennuksesta. Pinta- ja materiaalinäytteet kuvaavat ilmanäytteitä luotettavammin rakennuksen tilaa. Toistettujen ilmanäytteiden avulla voidaan paremmin arvioida käyttäjien todellista altistumista kuin materiaalinäytteillä.

Pintanäyte otetaan vanupuikolla 10x10 cm kokoiselta alueelta. Vauriokohdalta otettua pintanäytettä tulisi myös verrata vastaavaan vaurioitumattomalta pinnalta otettuun vertailunäytteeseen. Vertailunäytteet tulee ottaa ennen kuin vaurionäytteet.

Materiaalinäytteitä voidaan ottaa myös

### 5.3. "Normaaliarvot"

Sisäilman biologisille pölyille ei ole terveysperusteisia ohjearvoja tai enimmäispitoisuuksia. Suomessa on tilastollisin menetelmin tehty ehdotus normaaliarvoista, joiden alle jäävillä pitoisuuksilla voi myös esiintyä terveyshaittoja. Matala sisäilman mikrobipitoisuus ei luotettavasti poissulje kiinteistössä mahdollisesti olevaa mikrobiongelmaa.

Pitoisuuksia arvioitaessa on otettava huomioon vuodenaajan vaikutus. Suurin bakteerien normaalina pidettävä pitoisuus on 4500 cfu/m<sup>3</sup> kaikkina vuodenaikoina. Homeille ja hiivoille tasojä alle 150 cfu/m<sup>3</sup> voidaan pitää tavanomaisina, 150-500 cfu/m<sup>3</sup> kohonneina ja yli 500 cfu/m<sup>3</sup>:n pitoisuuksia korkeina. Aktinobakteereiden 10 cfu/m<sup>3</sup> alittavia tasojä voidaan pitää normaaleina ja tason ylittäviä pitoisuuksia kohonneina.

Annettuja pitoisuuksia ei voida soveltaa maatila-asuntoihin, joihin voi itiöitä kan-

### 5.4. Kemiallisten altisteiden määrittäminen

Kemiallisten yhdisteiden analyysiä varten näytteet kerätään yleensä ilmasta pumpulla Tenax-putkeen tai vastaavaan näytteenotto-laitteeseen ja analysoidaan laboratoriossa kullekin aineelle tai aineryhmälle soveltuvien menetelmin. Formaldehydille, ammoniakille ja amiineille sekä haihtuville orgaanisille

epäilyiltä vauriopaikoilta varsinkin mikrobivaurion ollessa piilevä. Näytteet tulee ottaa puhtailla työvälineillä esim. puhtaaseen tiiviisti suljettavaan muovipussiin. Myös materiaalinäytteitä otettaessa puhtaat vertailunäytteet tulisi ottaa ennen vaurioituneiden kohtien näytteenottoa. Muutama gramma tai noin kourallinen materiaalia riittää näytteeksi.

tautua tuotantotiloista, vaikkei varsinaista sisäilmälähdettä olisikaan. Pitoisuuden lisäksi myös mikrobisuvustolla on merkitystä terveyshaittaa arvioitaessa.

Pintanäytteen pitoisuuksia >1000 cfu/cm<sup>2</sup> pidetään kohonneina. Lisäksi mikrobisuvuston tarkastelulla on merkitystä. Materiaalinäytteen pitoisuuksia > 10 000 cfu/g pidetään kohonneina.

#### OHJEARVOT ASUNNOILLE

#### ILMANÄYTE, HOMEET

<150 cfu/m<sup>3</sup> tavanomainen

150-500 cfu/m<sup>3</sup> kohonnut

>500 cfu/m<sup>3</sup> korkea

#### PINTANÄYTE

>1000 cfu/cm<sup>2</sup> kohonnut

#### MATERIAALINÄYTE

> 10 000 cfu/g kohonnut

yhdisteille on analyysivalmiudet monissa laboratorioissa, joista vain osa on sertifioituja yksiköitä. Haihtuvia orgaanisia yhdisteitä voidaan määrittää myös materiaaleista ja kupumentelmällä myös suoraan epäilyllä materiaalin pinnasta.



ja rakennesuunnitelulle Rakennustöiden puhtausluokitus Vaativukset kosteuden hallinnasta	Ilmanvaihtolaitoksen puhtausluokitus (P)	Muut vaatimukset	Tuoteryhmäkohtaiset vaatimukset
--	--	------------------	---------------------------------

Materiaalien päästöjä luokitellaan M-päästöluokituksen avulla. Parhaaseen M1-luokkaan kuuluvia materiaaleja oli elokuussa 2001 jo yli 450 tuotetta. Sisäilmaluokituksen ohjeiden mukaan tulee sisäilmastoluokan S1 tilan rakennusmateriaaleina käyt-

tää pääasiassa M1-luokan materiaaleja. M2-luokan materiaaleja voidaan käyttää korkeintaan 20 %:ssa huoneen sisäpinnoista, ei kuitenkaan yli 1 m<sup>2</sup> M2-materiaaleja huoneen lattianeliömetriä kohden.

Taulukko 7. Ilmanlaadun tavoitearvot

EPÄPUHTAUS	YKSIKKÖ	SISÄILMASTOLUOKKA ENIMMÄISARVOT		
		S1	S2	S3
Radon, Rn	Bq(m <sup>3</sup> )	100	100	200
Hiilidioksidi, CO2	ppm	700	900	1200
Hiilidioksidi, CO2	mg/m <sup>3</sup>	1300	1650	2200
Ammoniakki ja amiinit, NH3	µg/ m <sup>3</sup>	30	30	40
Formaldehydi, H2CO	µg/ m <sup>3</sup>	30	50	100
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet, TVOC	µg/ m <sup>3</sup>	200	300	600
Hiilimonoksidi	mg/m <sup>3</sup>	2	4	5.5
Otsoni, O3	µg/m <sup>3</sup>	20	50	80
Hajuvoimakkuus (intens. asteikko)	-	3	4	5.5
Mikrobit	cfu/m <sup>3</sup>	Ei enimmäisarvoa		
Tupakansavu		Ei aistittavissa		
Hiukkaspitoisuus, PM10	µg/m <sup>3</sup>	20	40	50

Taulukko 8. Materiaaliluokitus

LUOKAN M1 VAATIMUKSET
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) on alle 0.2 mg/ m <sup>2</sup> h. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %. Formaldehdydin (H2CO) emissio on alle 0.05 mg/m <sup>2</sup> h. Ammoniakin (NH3) emissio on alle 0.03 mg/ m <sup>2</sup> h IARC:n luokittelun mukaisten, luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten (syöpävaarallisten) aineiden emissio on alle 0.005 mg/ m <sup>2</sup> h (WHO 1987). Materiaali ei haise (hajuun tyytymättömien osuus on alle 15 %). Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.
Luokan M2 vaatimukset
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) on alle 0.4 mg/ m <sup>2</sup> h. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70 %.

Formaldehydin (H<sub>2</sub>CO) emissio on alle 0.125 mg/ m<sup>2</sup>h.  
 Ammoniakin (NH<sub>3</sub>) emissio on alle 0.06 mg/ m<sup>2</sup>h  
 IARC:n luokittelun mukaisten, luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten (syöpävaarallisten) aineiden emissio on alle 0.005 mg/ m<sup>2</sup>h (WHO 1987).  
 Materiaali ei haise merkittävästi (hajuun tyytymättömien osuus on alle 30 %).  
 Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

## 7 LAINSÄÄDÄNTÖ JA VALVONTA

### 7.1 Ohjearvot

Sisäilman mikrobeille ei ole olemassa terveysperusteisia ohjearvoja Suomessa eikä muissakaan maissa. Koska kyseessä on mahdollisesti allergisoiva biologinen pöly, ei allergian kannalta turvallista alarajaa ole olemassa. Toisaalta samoja altisteita esiintyy myös luonnossa eikä sulan maan aikana ulkoa sisää kulkeutuvia mikrobeja voida rakennuksista kokonaan eliminoida. Viitteellisiä ohjearvoja on annettu hallinnollisen päätöksenteon tueksi, mutta terveyshaittaa arvioitaessa tulee ottaa huomioon myös rakennuksen tekninen kunto

ja vaurioitumisaste sekä mikrobisuvusto määrällisen altistuksen lisäksi. Riskinarviointi perustuu aina myös muihin tietoihin kuin mittausarvoihin.

Kuntien terveysvalvontaviranomaiset (terveystarkastaja, eläinlääkäri, terveyslautakunta) käyttävät omien arvioidensa tukena edellä kuvattuja sosiaali- ja terveysministeriön ohjeellisia pitoisuusarvoja. Ministeriön julkaisemaa sisäilmaopasta ja -ohjetta uusitaan parhaillaan.

### 7.2. Terveydensuojelumääräykset

Terveydensuojelulaki (763/1994) ja -asetus (1280/1994) antavat ohjeita terveysvalvontaviranomaiselle asuntojen ja niihin verrattavissa olevien kiinteistöjen terveyshaitan arvioinnista ja vastuutahoista. On huomattava, että terveydensuojelulain tarkoittama terveyshaitan käsite on erilainen kuin työsuojelu- ja ammattitautilainsäädännössä. Terveydensuojelulain lähtökohta on ennaltaehkäisy ja siksi terveyshaittana voidaan pitää jo sairastumisen vaaraa aiheuttavan tekijän toteamista rakennuksessa, eikä laissa edellytetä tapauskohtaista näyttöä altisteen ja oireilun tai sairauden välisestä syy-yhteydestä.

Sosiaali- ja terveysministeriö on antanut kunnille ohjeita mm. asumisterveysohjeessa

ja -oppaassa em. lain ja asetuksen soveltamisesta, näytteenotosta ja tulosten tulkinnasta. Kyseinen opas on parhaillaan uusittavana ja uusi painos ilmestyy talven 2002-03 aikana.

Asuntojen terveyshaitan kunnassa arvioi terveystarkastaja, terveysvalvonnan johtaja (tavallisimmin eläinlääkäri) tai tarvittaessa terveyslautakunta, jotka voivat antaa kiinteistön omistajalle tai taloyhtiölle korjauskehotuksen tai käyttökiellon. Korjauskehotus sidotaan yleensä johonkin määräaikaan ja tarvittaessa kehotusta voidaan tehostaa uhkasakolla. Terveysviranomaisen ei yleensä pitäisi ottaa kantaa korjaustapaan, vaan korjaussuunnittelu jää rakennusalan ammatteisille.

Terveydensuojelulain 26 §:ssä todetaan, että asunnon tai muun sisätilan sisäilman puhautauden, lämpötilan, kosteuden, melun, ilmanvaihdon, valon, säteilyn ja muiden vastaavien olosuhteiden tulee olla sellaiset, ettei niistä aiheudu asunnossa tai sisätilassa asuville terveyshaittaa. Myöskään eläimiä tai mikrobeja ei saa olla siinä määrin, että niistä aiheutuu terveyshaittaa.

Terveydensuojelulain 27 §:n mukaan “milloin asunnossa tai muussa oleskelutilassa esiintyy melua, tärinää, hajua, valoa, mikrobeja, pölyä, savua, liiallista lämpöä tai kylmyyttä taikka kosteutta, säteilyä tai muuta niihin verrattavaa siten, että siitä voi aiheutua terveyshaittaa asunnossa tai muussa tilassa oleskeleville, kunnan terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa sen, jonka menettely tai toimenpide on syynä tällaiseen epäkohtaan, ryhtymään toimenpiteisiin terveyshaitan poistamiseksi tai rajoittamiseksi”.

Terveydensuojelulain 31 §:ssä mainitaan lisäksi mikrobeista ja vahinkoeläimistä: kunnan terveydensuojeluviranomainen voi velvoittaa kiinteistön tai yleisen alueen haltijan ryhtymään tarvittaessa toimenpiteisiin terveyshaittaa aiheuttavien mikrobin ja

### 7.3. Työsuojelumääräykset

Pekka Roto

Työelämässä on käytössä HTP-arvot, jotka ovat määritelmänsä mukaisesti haitalliseksi tunnettuja pitoisuuksia. Kyseessä on siis sellainen työilman epäpuhtauden rajapitoisuus, jota korkeammalla pitoisuudella katsotaan olevan terveydellistä haittaa, mikäli henkilö altistuu 8 tunnin ajan tällaiselle epäpuhtauspitoisuudelle. Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisee HTP-pitoisuusluetteloa. Asuntojen sisäilman epäpuhtausastot ovat yleensä oleellisesti matalampia kuin HTP-arvot, jotka eivät käytännössä sovi toimistotyöpaikkojen

vahinkoeläinten hävittämiseksi kiinteistöstä tai yleiseltä alueelta.

Lääninterveystarkastajat ja lääninlääkärit toimivat kuntatason yläpuolella valvovana organisaationa ja tarvittaessa valituselimenä. Keskusvirastoista sosiaali- ja terveysministeriö on ylin valvonta-viranomainen terveysvalvontaa koskevissa asioissa.

Jos asukas epäilee asunnossaan kosteusvauriota tai sisäilmaongelmaa, hänen tulee asunto-osakeyhtiössä tai vuokra-asunnossa viipymättä ilmoittaa asiasta kiinteistön isännöitsijälle. Omakoti-asukkaille oman kunnan terveystarkastaja ja korjausneuvojat ja rakennustarkastajat antavat lisätietoja ja korjausohjeita. Terveyshaittaa epäiltäessä terveystarkastajan tulee tehdä tarkastuskäynti kohteeseen ja päättää jatkotoimien, näytteenoton ja korjausten tarpeesta. Terveysvalvontaviranomainen voi antaa kiinteistön omistajalle korjausmääräyksen tai ääritapauksissa määrätä kohteen osittain tai kokonaan käyttökieltoon. Asunto ja kiinteistökaupan osapuolten vastuista voi kysyä neuvoja kunnalliselta kuluttajaneuvojalta.

sisäilmaa koskevaan valvontaan. Asunnoissa oleskellaan pidempiä aikoja kuin työpaikoilla ja asukkaiden joukossa on myös sairaita, herkistyneitä, vanhuksia ja pieniä lapsia.

Biologisille altisteille ei ole HTP-arvoja. HTP-arvot valmistellaan ryhmätyönä ja niiden määrittelyssä käytetään parasta saatavilla olevaa lääketieteellistä tutkimustietoa. Suomessa käytössä olevissa rakentamismääräyksissä sisäilman epäpuhtauksien raja-arvoiksi suositellaan

yhtä kymmenesosaa HTP-arvosta (RakMK D2). Uusi työterveyshuoltolaki (1383/2001) ei muuta tätä määräystä.

Rakentamiseen ja korjaamiseen liittyvien työturvallisuusriskien hallinnasta annetaan ohjeita mm. työturvallisuuslaissa (uusittu laki 738/2002) ja valtioneuvoston päätöksessä rakennustyön turvallisuudesta (629/1994) ja työpaikkojen terveellisyys- ja turvallisuusvaatimuksista.

Työsuojeluviranomaiset käyttävät valvontatyössään soveltuvin osiin RT-kortin lehteä RT-80-10712, Rakennusten kosteus ja mikrobivauriot - Korjausrakentaminen sekä RATU-korttia 82-0239, Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku. RT-kortissa on esitelty seikkaperäisesti kosteus- ja mikrobivaurioisten rakennusten korjausprosessia ja sen yhteydessä on perusteellinen kirjallisuusluettelo.

RT-kortissa on kuvattu mikrobivaurioisten rakenteiden purkutyössä tarvittava työturvallisuus seuraavasti

Tilaaajan on ennen rakennustyön alkamista huolehdittava, että

- työkohteessa on tehty kosteus- ja mikrobiselvitys
- suunnitelmissa esitetään työntekijöiden ja työn vaikutuspiirissä olevien suojaus, esim. pölyntorjuntatoimet, suojaustaso sekä käytettävät menetelmät
- työkohteen ympäristössä olevia tiedotetaan työstä ja sen vaaroista
- työn toteuttajalla ja työtä valvovilla riittävät tiedot ja kokemus kyseisen työn turvalliseksi toteuttamiseksi
- työn toteuttaja tuntee työpaikan olosuhteet, oikeat ja turvalliset työmenetelmät, terveys- ja tapaturmavaarat, koneiden ja laitteiden toimintatavat sekä muut turvallisuuteen vaikuttavat tekijät.

Työnantajan on huolehdittava, että

- työntekijälle on järjestetty riittävä opastus ja perehdyttäminen kyseisen työn turvalliseen toteuttamiseen esimerkiksi työpaikan olosuhteista, oikeista ja turvallisista työmenetelmistä, terveys- ja tapaturmavaaroista, koneiden ja laitteiden toimintatavoista sekä muista turvallisuuteen vaikuttavista tekijöistä
- työntekijöille on järjestetty riittävästi oikean suojaustason mukaisia henkilökohtaisia suojaimia
- työkohteen ympäristössä olevia tiedotetaan työstä ja sen vaaroista
- työntekijöille on järjestetty työterveyshuoltolain (1383/2001) mukainen työterveyshuolto ja terveystarkastus ja -seurantajärjestelmä.

Varmistetaan, että

- tarvittavat sähkö-, kaasui- ja muut johdot, putket sekä säiliöt on katkaistu, suljettu ja tyhjenetty sekä tarvittaessa huuhdeltu
- koneet ja laitteet toimivat ja niiden tehot riittävät
- työnaikainen ilmanvaihto on suunniteltu sellaiseksi, että korvausilma virtaa aina puhtaasta tilasta likaiseen päin (eristyksestä, kohdepoistoista ja työtilan alipaineistuksesta on annettu tarkempia ohjeita Sosiaali- ja terveysministeriön työsuojeluosaston ohjekirjassa)

Korjaustyön aikana varmistetaan, että

- suunnitelmien mukaisia turvallisia työtapoja noudatetaan
- henkilökohtaisia suojavälineitä käytetään
- koneet ja laitteet toimivat suunnitellulla ja riittävällä tavalla
- työkohteen työaikainen siisteys on riittävä
- purkujätteet siirretään pois suljetuissa säkeissä ja astioissa ja
- rakenne ei menetä purkuaikana lujuuttaan (turvallinen purkujärjestys on käänteinen rakentamisjärjestykselle)

Purkutyön jälkeen varmistetaan, että

- suojaukset, telineet ja tuennat voidaan



- purkaa
- korjaustyöstä ei ole jäänyt tai siitä ei ole syntynyt sellaista vahinkoa, josta saattaa myöhemmin aiheutua vaaraa kohteessa oleville
- työn jälkeisellä ilmanvaihdolla on saavutettu hyväksyttävä ilmanlaatu

Tällä hetkellä on saatavissa melko kattavasti työsuojeluohjeistusta kosteus- ja mikrobivauriosten rakennusten korjaustyöhön. Kuitenkaan yksiselitteisesti sitovia ohjeita ei käytännössä ole. Pääsääntöisesti työsuojeluviranomaiset noudattavat RATU 82-0239:n ohjeita valvontatyössään.

ikrobikasvustot tulee kokonaisuudessaan

#### 7.4. Sisäilma ja työterveyshuolto

Pekka Roto

Työpaikkojen terveys- ja turvallisuusvaatimuksista annetun valtioneuvoston päätöksen 2.§:n mukaan (728/99) työnantajan tulee huolehtia siitä, että kaikki työpaikalla havaitut viat, jotka saattavat vaikuttaa työntekijöiden terveyteen ja turvallisuuteen, korjataan mahdollisimman nopeasti. Samoin työpaikalla käytettävä koneellinen ilmanvaihto on pidettävä toimintakunnossa.

Työpaikkojen sisäilmaongelmat kanavoituvat usein työterveyshuoltoon, joka joutuu ottamaan kantaa ongelmaan. Tavallisimmissa tapauksissa työntekijät valittavat yleisoireita, joista tavallisimpia ovat väsymys, ylähengitystie- ja silmä-ärsytys. Joissakin tapauksissa esiintyy myös astmaoireita ja kuumeilua. Mikäli tällaisia oireita ilmenee ja kyseessä on selvästi havaittava kosteus- ja/tai homevaurio, työntekijöiden ei tulisi työskennellä tiloissa ennenkuin ongelma on selvitetty ja korjattu. Pääosassa tapauksia sisäilmaongelma liitetään työpaikan ilmanvaihtoon. Yleisiä ovat myöskin korjausrakentamisen jäljiltä

poistaa, mikäli se on käytännössä mahdollista. Pelkkä pintaremontti tai pintapuhdistus vain lykkää ongelman lähitulevaisuuteen. Myös kuivuneet mikrobikasvustot ja kuolleet itiöt ovat haitallisia ja ylläpitävät oireilua.

Korjaustöiden purkutyövaiheen aikana ei kiinteistössä pidä asua tai työmaa-alue tulee eristää asuintiloista. Homeisia rakenteita käsiteltäessä (esim. näytteenoton tai korjaustyön aikana) tulee käyttää korkealuokkaisia hengityksen suojaimia (P2-P3-luokan hengityssuojain sekä silmäsuojain tai moottoroitu hengityssuojain eli raitisilmakypärä) sekä suojavaatetusta ja -käsineistä.

pintamateriaaleista haihtuvat yhdisteet. Yleensä haihtuvien yhdisteiden haitat katoavat muutamassa kuukaudessa. Poikkeuksena ovat kosteuteen liittyvät materiaalipäästöt, esim. märän betonilaatan vaikutuksesta vapautuvat muovimaton ja tasoitteen päästöt, jotka ovat poistettavissa vain vaihtamalla materiaalit.

Työterveyshuollon tehtävänä on selvittää mahdollisimman tarkasti oireiden syyt sekä samalla käynnistää rakennusta koskeva ongelman syiden etsiminen.

Mikäli kyseessä on pienehkö ja selvästi rajallinen kosteusvaurio eikä työntekijöiden oireiden tarkempi selvitys viittaa työpaikalla olevaan syyhyn, järkevintä on aloittaa välittömät korjaustoimenpiteet. Jos on syytä otaksua, että vaurio on laajempi ja mahdollisesti rakennuksen rakenteissa on mikrobikasvua, tarvitaan rakennustekninen selvitys. Joissakin tapauksissa selvityksiä voidaan tarvita työntekijöiden oikeusturvan vuoksi, esim. ammattitautiepäilyissä. Rakennusteknisen selvityksen teko on vaativaa asiantuntijatyötä ja on syytä varmistua, että tekijä on ammattitaitoinen. Sisäilman laadun mittaukset ja rakenteiden tutkiminen jäävät kokonaan työnantajan tai kiinteistön omistajan kustannuksiksi, koska

ne eivät kuulu Kansaneläkelaitoksen työterveyshuollon korvausten piiriin.

Oireiden yleisyyden kartoittaminen on mahdollista oirekyselyn avulla. Aluetyöterveyslaitosten tarjoama Örebro-lomakkeella tehtävä sisäilmastokysely (MM-40-FIN) on käyttökelpoinen yleisissä oireselvityksissä. Tulosten graafinen esitys antaa luontevan pohjan keskusteltaessa ongelmasta työntekijöiden kanssa. Menetelmä ja tulosten tulkinta on kuvattu Työterveyslaitoksen toimittamassa oppaassa (Kosteus- ja homevaurio-ongelmat työpaikoilla 1999). Perusteellisempi selvitys on mahdollista tehdä Tuohilampi-lomakkeistoon pohjautuvalla Kansanterveyslaitoksen oirelomakkeella (Susitaival ja Husman 1997).

Työterveyshuollon tulisi tehdä

## 7.5. Ammattitaudin käsite ja toteaminen

Pekka Roto

Ammattitauti on lainsäädännössä määritelty (Ammattitautilaki 343/88 ja -asetus 1347/88) sairaudeksi, jonka on aiheuttanut todennäköisesti ja pääasiallisesti työssä esiintyvä fysikaalinen, kemiallinen tai biologinen altiste. Ammattitaudit korvataan tapaturmavakuutuslainsäädännön perusteella. Ammattitauteja diagnosoivat yliopistosairaaloiden ammattitautien poliklinikat ja muut erikoissairaanhoidon yksiköt sekä Työterveyslaitos riippuen sairauden tyypistä. Useimmat meluvammat, työperäiset keuhkosairaudet ja ammatti-ihtaudit diagnosoidaan keskussairaaloissa, harvinaisemmat sairaudet Työterveyslaitoksella.

Yleinen väärinkäsitys ammattitaudista syntyy tapauksissa, joissa henkilö sairastuu sairauteen, jolla voi olla muu syy kuin altiste, jota potilas pitää sairauden aiheuttajana. Ammattitaudin korvauspäätöksen tekee vakuutusyhtiö. Korvaaja eli vakuutusyhtiö edellyttää ennen

työpaikkaselvitys jokaisessa työpaikassa, jossa useampi työntekijä ilmoittaa samankaltaisia oireita, jotka ajallisesti yhdistyvät työpaikkaan ja -aikaan. Työpaikkaselvitykseen on syytä kutsua rakennuksen ilmanvaihdosta huolehtiva henkilö tai huoltoyrityksen edustaja. Ilmanvaihdon säädöissä ja laitteiden toiminnassa tai huollossa saattaa olla puutteita. Tärkeitä tarkastuskohteita ovat ilmanvaihtokanavat, tulo- ja poistoilman aukkojen kunto sekä suodattimet. Mikäli ongelman syy ei selviä yksinkertaisesti, on syytä tehdä tarkempi selvitys ilmanvaihtoasiantuntijan kanssa. Ilmanvaihdon puutteiden ohella rakennuksessa voi tietenkin olla lisäksi mikrobiongelma ja/tai kaasumaisten epäpuhtauksien lähteitä.

myönteistä korvauspäätöstä, että ammattitaudille on osoitettu yksiselitteinen syy ja muut syyt on poissuljettu. Ammattitautiasetuksessa on lueteltu esimerkkejä tunnetuista ja merkittävimmistä ammattitaudeista ja niiden aiheuttajista.

Ammattitaudin korvauskäsittelyssä esittelijät ja vakuutusyhtiön lääkäri valmistelevat korvauspäätöksen. Sitä ennen vakuutusyhtiö selvittää vakuutetun työnantajalta (tai työnantajilta) sekä hoitaneilta lääkäreiltä tarkemmat tiedot altistumisesta sekä sairaushistoriasta. Lopullisen päätöksen tekee vakuutusyhtiön korvauspäällikkö, joka on lakimies.

Jos ammattitautipäätös on kielteinen ja vakuutettu on päätökseen tyytymätön, hän voi valittaa asiasta tapaturmalautakuntaan. Seuraava ja käytännössä korkein valitusaste lautakunnan jälkeen on vakuutusosoikeus. Merkittävimmissä menettelytapakysymyksissä voi tulla

kyseeseen valitusluvan pyytäminen korkeimmalta oikeudelta.

## 7.6. Terveysvaaran arviointi ja ehkäisy työpaikkojen kosteus- ja homeongelmissa

### Markku Seuri

Terveysvaaran arviointi home- ja kosteusvaurioissa on ongelmallista siitä syystä, että varsinaisia terveyshaitan aiheuttajia ei tunneta. Koska terveyshaitan aiheuttajaa ei tunneta, sitä ei voida mitata. Siksi kosteusvauriokohteiden terveysvaaran arviointi on tehtävä epäsuorasti eikä arvion osuvuus ole yhtä hyvä kuin sellaisten altisteiden kohdalla, joissa altistus voidaan mitata. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, etteikö kosteusvauriorakennusten aiheuttamaa haittaa voitaisi millään tavoin luokitella.

Kosteus- ja homevauriorakennusten aiheuttamia terveyshaittoja voidaan ehkäistä sellaisella rakentamisella, joka ei johda

rakennusten kosteusvaurioihin. Tässä esityksessä pyritään kuvaamaan niitä keinoja, joilla kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen terveyshaitan suuruutta voitaisiin kuvata, vaikka itse terveyshaitan aiheuttajaa tai aiheuttajia ei tunneta eikä voida mitata.

Terveysvaaran arviointi perustuu epäsuoraan päättelyyn. Epäsuoran päättelyn kolme keskeistä tekijää ovat rakennustekniset selvitykset, ympäristön haittatekijöiden mittaukset, etenkin mikrobimääritykset ja havaittujen oireiden ja sairauksien tutkiminen.

### 7.6.1. Terveyshaitan tunnistaminen

Vaara voidaan tunnistaa vaaratekijän tai tilan käyttäjien oireilun ja sairauksien perusteella. Kosteus- ja homevaurioiden merkit (esim. näkyvää hometta rakenteissa, kosteusläikkiä sisäpinnoissa, sisustusmateriaalin irtoaminen tai vioittuminen, hajua) osataan nykyisin jo tunnistaa kohtuullisen hyvin. Mainittujen merkkien lisäksi käyttäjien haastattelulla voi saada viitteitä riittämättömästi korjatuista vaurioista (ns. päälle maalaamisesta), jossa vaurioituneita materiaaleja on jätetty rakennukseen. Lisäksi tilan käyttäjien tiedot toistuvista vesivaurioista antavat viitteitä siitä, missä haittaa voisi olla.

Työntekijän tai työntekijöiden oireilu

työpaikalla on usein ensimmäinen kosteusvauriosta tuleva viesti terveydenhuoltoon, mutta vain harvoin se on ensimmäinen vaurion merkki. Rakennuksen huoltohenkilöstö, isännöitsijä tai kiinteistön omistaja voivat olla tietoisia vaurioista, mutta varsin usein vauriot ovat piileviä.

Henkilön oireiden perusteella ei homevauriota voi todeta. Useimmat sisäilmaan liittyvät haitat voivat syntyä useiden erilaisten sisäilmahaittojen seurauksena. Ainoastaan rakennukseen liittyvä kuumeilu tai kuumeilun tunne on melko varma merkki mikrobiperäisestä haitasta, sillä mikään muu sisäilman epäpuhtaus ei tällaista oiretta aiheuta.

### 7.6.2. Terveysvaaran arvioinnin suuri ongelma

Kosteus- ja homevaurioissa terveyshaitan aiheuttajaa ei tunneta. Todennäköistä on, että terveyshaitan aiheuttajia on useita (esim. itiöt, allergiaa aiheuttavat yhdisteet, sadat mykotoksiinit, homeiden pintarakenteet, muut mikrobit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet), mutta haittatekijöiden mittaamiseen ei menetelmiä ole. Miten siis kuvata vaaraa, jonka aiheuttajaa ei tiedetä?

Tämä on ollut myös viranomaisvalvonnan pulma. Terveysturvallisuusviranomaisten ohjeistuksessa, jota myös työsuojeluviranomaiset soveltaen käyttävät, tämä ongelma on ratkaistu siten, että itse altistumisesta ei välitetä lainkaan (koska sitä ei voi mitata), vaan lähtökohtana on se, että suomalaisiin rakennuksiin ei kuulu homekasvu. Valvonta perustuu siihen, että näkyvä homekasvu on aina terveyshaitta ja

se tulee poistaa. Tämä kanta on suuresti selkeyttänyt toimintaa, mutta ei ole ongelmaton. Pelkällä homekasvun tutkimuksella ei haitta-asteeltaan erilaisia kohteita voida luokitella. Tällainen luokittelu olisi kuitenkin tarpeen, jotta riittämättömät taloudelliset voimavarat voitaisiin suunnata niihin kohteisiin, joissa rahalla saataisiin paras hyöty ja toisaalta voitaisiin löytää kohteet, joissa tarvittaisiin välittömiä toimia.

Luokittelu on mahdollinen, jos rakennus ja sen käyttäjät tutkitaan perusteellisesti. Tämä arvio voidaan jakaa kolmeen osaan: rakennustekniseen arviointiin, ympäristön tutkimukseen (jossa mikrobien tutkimuksen merkitys on suurin) ja ihmisten tutkimukseen.

### 7.6.3. Rakennustekninen selvitys – kosteus ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus

Terveyshaittaa arvioitaessa rakennusteknisessä arviossa pääpaino on vaurion syyn, laajuuden sekä vaurion ja sisäilman välisen yhteyden toteamisessa. Vaurion merkitys korostuu, jos se sijaitsee suorassa yhteydessä sisäilmaan tai jos vaurio sijaitsee rakennukseen tulevan ilmvirran varrella. Jälkimmäiseen kuuluvat paitsi ilmanvaihtokanavien mikrobivauriot, myös vuotoilmareiteillä olevat vauriot. Terveyshaittojen kannalta tärkeää on myös vaurion ikä. Yleensä vaikeat terveyshaitat

liittyvät pitkään, jopa yli 10 vuotta jatkuneisiin vaurioihin.

Ympäristöministeriön oppaassa 'Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus', on annettu käytännön ohjeita rakennusalan ammattilaisille kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten kuntotutkimusten suunnittelusta, toteutuksesta sekä vaurioitumisen arviointiperusteista ja korjaustavan valinnasta.

### 7.6.4. Ympäristönäytteet

Mikrobinäytteet tulisi ottaa suoraan vaurioituneesta materiaalista. Mikrobinäytteiden vastausten tulkinta perustuu ensisijaisesti mikrobilajiston tunnistamiseen, ei niinkään mikrobien määrän arviointiin. Käytännössä lajiston tunnistus on huomattavasti vaikeampaa kuin

määrän arviointi ja tästä syystä tutkivan laboratorion osaamisella on erittäin suuri merkitys arvioitaessa terveyshaittaa. Käytännössä laboratorion laatua voi arvioida siten, että laboratorion vastauksesta tulisi ilmetä, onko näyte tavanomainen vai onko siinä viitteitä kosteusvauriosta. Lisäksi

vastauksesta tulisi näkyä, onko tunnistettujen sienilajien joukossa sellaisia lajeja, joiden tiedetään usein tuottavan mykotoksiineja. Mykotoksiineja tuottavien lajien esiintyminen näytteissä viittaa tavanomaista suurempaan terveyshaitan mahdollisuuteen. Terveyshaittaa ei kuitenkaan voi yksin mikrobinäytteiden perusteella arvioida.

Mikäli materiaalinäytettä ei saada suoraan vaurioituneesta materiaalista, voidaan näyte ottaa laskeutuneesta pölystä tai ilmasta. Tavanomaiseksi tulkitun ilmanäytteen

#### *7.6.5. Havaitut oireet ja sairaudet*

Kaikki kosteus- ja homevauriot tuottavat monenlaisia terveyshaittoja eikä ole olemassa mitään ”hometalotautia”. Oireet voivat olla muutamassa päivässä ohimeneviä ärsytysoireita, toistuvaa hengitystiesairastelua tai pysyvään haittaan johtavaa astmaa ja niveloireilua. Hankalat haitat ovat kaikkien kosteus- ja homevaurioiden joukossa harvinaisia, mutta niitäkin esiintyy. Tämän takia oleellista olisikin pystyä poimimaan monien kosteusvaurioiden joukosta ne, jotka tuottavat pysyvää haittaa ja korjata nämä kohteet ensin.

Oireita voidaan kartoittaa kyselylomakkein. Työpaikoilla on käytössä MM-40 eli Örebro-kysely, jota on käytetty lähes 10 vuotta monilla sadoilla työpaikoilla. Lomake on lyhyt, nopeakäyttöinen, mutta ei kaikin osin ongelmaton. MM-40 kyselyä voidaan käyttää myös terveystarkastusten pohjana.

Astmaan sairastumisen riskiä voidaan arvioida esimerkiksi uloshengityksen huippuvirtaus (PEF) seurannalla,

todistusarvo on olematon eikä sen perusteella voida rakenteiden kosteusvauriota tai terveyshaittaa poissulkea.

Mikrobinäytteiden lisäksi kosteusvaurioissa tutkitaan usein haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (VOC). Etenkin alkaalisen kosteuden aiheuttamia lattianpäällysteiden hajoamista voidaan parhaiten tutkia selvittämällä lattiapäällysteistä vapautuvia hajoamistuotteita. Lattiapäällysteiden hajoaminen on ilmeisesti puhtaasti kemiallinen tapahtuma eikä vaadi mikrobien läsnäoloa.

selvittämällä rakennuksessa viime vuosina ilmaantuneiden uusien astmatapauksien määrä tai selvittämällä kyselyin alahengitystieoireiden yleisyyttä.

Oireiden ja sairauksien selvittelyssä syntyy käsitys niistä oireista ja mahdollisista sairauksista, joita rakennukseen liittyy. Vaikka kosteusvauriot on aina korjattava, korjausten aikataulussa voi olla eroja. Jos vaikuttaa siltä, että rakennus tuottaa paljon pysyvää haittaa (esim. uusia astmatapauksia) korjaukset on tehtävä nopeasti ja altistuksen lopettaminen esimerkiksi tilojen sulkemisella voi olla perusteltua. Sen sijaan ohimenevien haittojen suhteen korjaustoimet voidaan useimmiten suunnitella huolella ja toimintoja rakennuksessa jatkaa joidenkin nopeasti ja helposti tehtävien toimien jälkeen. Tällaisia nopeita ja helposti tehtäviä toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi ilmanvaihdon lisääminen, ilmanvaihdon tasapainottaminen, vuotoilmareittien tukkiminen, vaurioituneen alueen alipaineistaminen ja sulkeminen.

### 7.6.6. Terveydellisen vaaran arvioinnin yhteenveto

Edellä mainittuja kolmea osaa eli rakennusteknistä selvitystä, ympäristönäytteitä sekä sairauksien ja oireiden tutkimusta käyttäen terveydellinen vaara voidaan luokitella. Haitan tarkkaan numeeriseen arviointiin on kosteus- ja homevauriorakennuksissa mahdotonta päästä ja sen takia voidaan eri kohteiden vertailuun soveltaa Työsuojeluhallinnon ohjeissa käytettyä jakoa: merkityksetön, hyväksyttävä, kohtalainen, merkittävä ja sietämätön (Ala-Risku ym. 1996). Taulukko 1 on lainattu kirjasta Haasteellinen sisäilma (Seuri ja Palomäki, 2000) ja siinä on esitetty yksi tapa kuvata riskiä haitan vakavuuden ja haitan todennäköisyyden mukaan. Tätä taulukkoa voidaan tulkita siten, että sietämätön haitta tarkoittaisi rakennuksen välitöntä tyhjentämistä ja asukkaiden tai toimintojen siirtämistä muualle. Merkittävä

haitta voidaan tulkita siten, että keinot haitallisen altistumisen oleelliseksi vähentämiseksi on selvitettävä heti, käytännössä muutamien viikkojen sisällä ja jos altistumista ei voida oleellisesti vähentää, rakennus on tyhjennettävä. Kohtalainen haitta tarkoittaa, että vauriot on korjattava kohtuullisessa ajassa. Kohtuullinen aika taas määräytyy sen mukaan, mitä vaurioiden lisätutkimus, vaurioiden korjaussuunnittelun ja rahoituksen järjestäminen vaatii. Korjauksia odotellessa tulee rakennuksen kuntoa ja sen käyttäjiäen terveyttä seurata. Muiden haittaa kuvaavien osien osalta voidaan noudattaa ympäristöministeriön oppaassa, Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus, esitettyä periaatetta: ”Yleisohje on, että sisäilmaan yhteydessä olevat selvästi vaurioituneet materiaalit vaihdetaan tai kunnostetaan.”

Taulukko 9. Riskin kuvaaminen haitan vakavuuden ja haitan todennäköisyyden perusteella.

Haitan vakavuus	Haitan todennäköisyys			
	Hyvin epätodennäköinen	Epätodennäköinen	Mahdollinen	Odotettavissa oleva
Viihtyisyshaitta	Merkityksetön	Merkityksetön	Merkityksetön	Hyväksyttävä
Toimintakyvyn heikkeneminen	Merkityksetön	Merkityksetön	Hyväksyttävä	Kohtalainen
Oireita	Merkityksetön	Hyväksyttävä	Kohtalainen	Merkittävä
Ohimenevä sairaus	Merkityksetön	Hyväksyttävä	Kohtalainen	Merkittävä
Pysyvä sairaus	Hyväksyttävä	Kohtalainen	Merkittävä	Sietämätön
Eliniän lyheneminen	Kohtalainen	Kohtalainen	Merkittävä	Sietämätön

## KIRJALLISUUTTA

Ala-Risku ym., Riskien hallinta työolojen parantamisessa. Työhallinnon julkaisu 121. 1996.

Alexandersson R, Hedenstierna G. "Sjuka hus-syndromet" - longitudinell undersökning av lungpåverkan. *Läkartidningen* 84:1987; 32-33.

Arlian LG, Bernstein IL, Gallagher JS. The prevalence of house dust mites, *Dermatophagoides* spp. and associated environmental conditions in homes in Ohio. *J Allergy Clin Immunol* 69:1982; 527-532.

Arundel AV, Sterling EM, Biggin JH, Sterling TD. Indirect health effects of relative humidity in indoor environments. *Environ Health Perspect* 65:1986; 351-361.

Aurola R, Välikylä T (toim.): Asumisterveysopas. Ympäristö ja terveys 1997.

Blythe ME. Some aspects of the ecological study of the house dust mite. *Br J Dis Chest* 70:1976; 3-31.

Burr ML, Dean BV, Merrett TG, Neale E, St Leger AS, Verrier-Jones ER. Effects of anti-mite measures on children with mite sensitive asthma: a controlled trial. *Thorax* 35:1980; 506-512.

Bäck B, Heikkilä P, Reijula K. Sisäilman ammoniakkipitoisuudet ongelmakohteissa. *Työ ja ihminen* 13, 1999, 20s.

Flannigan B, Morey PR. Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden torjunta (Control of moisture problems affecting biological indoor air quality) ISIAQ-guideline TFI Sisäilmayhdistyksen raportti no 7, 1996.

Gravesen S. Fungi as a cause of allergic disease. *Allergy* 34:1979; 135-154.

Haahtela T, Hannuksela M, Terho EO (toim.): Allergologia. Duodecim 1993.

Haahtela T, Reijula K. Sisäilman terveyshaitat ja ehdotukset niiden vähentämiseksi. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita 25: 1997.

Haahtela T, Nordman H, Talikka M. Sisäilma ja terveys. 2. Painos, Allergialiitto 1993.

Haukijärvi M, Pentti M. Rakennusten saumaussmassat ja PCB-yhdisteet. Selvitys rakennusten saumauksissa käytettyjen elastisten saumaussmassojen sisältämistä PCB-yhdisteistä ja liijystä. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Talonrakennustekniikka. Tutkimusselostus 954/2000.

Heinonen OP. Sisäilman terveyshaitat. Pääkirjoitus. *Suom lääkl* 42:1987; 3417-3419.

Hirvonen M-R. Hometalomikrobien terveyshaittojen mekanismit. Ympäristö ja terveys 7-8, 34-38, 2001.

HTP-arvot 2002. Sosiaali ja terveysministeriön turvallisuustiedote STM:n työsuojeluosasto ja kemian työsuojeluneuvottelukunta, Tampere 2002.

IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. Supplement 7. World Health Organization (WHO), International Agency for Research on Cancer (IARC), 1987.

Indoor air and its impact on man. Report 19: Total volatile organic compounds (TVOC) in indoor air investigations. Collaborative action (ECA), 1997.

Jaakkola JJK, Heinonen OP. Sisäilma allergiaoireiden aiheuttajana. Suom lääkl 42:1987; 3553-3557.

Kinnunen H, Kuhanen P. Hometalo, kuka vastuussa? Ympäristöministeriö, Suomen kiinteistöliitto 1997.

Koivisto J, Jääskeläinen E, Nevalainen A. Asuinkerrostalojen kosteusvauriot – yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Kansanterveyslaitos B 9: 1996.

Korsgaard J. Preventive measures in house-dust allergy. Am Rev Respir Dis 125:1982; 80-84.

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöopas 29. Ympäristöministeriö 1997

Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas 28. Ympäristöministeriö 1997.

Kosteus- ja homevaurio-ongelmat työpaikoilla, Opas työterveyshuoltoa varten, Työterveyslaitos Helsinki 1999.

Koulun sisäilmasto ja kosteusvauriot. Sisäilmaopas 1 TKK Sisäilmayhdistys ry 1997.

Kuntotarkastajaksi pätevytyminen. Ympäristö ja terveys 7-8, 44-45, 2001.

Kähkönen E, Saarinen L. Sisäilmaston kemialliset ja fysikaaliset riskitekijät ja niiden tutkiminen. Sisäilmasto teemanumero, Duodecim 1996.

Munir AKM. Exposure to indoor allergens and relation to sensitization and asthma in children. Linköping University Medical Dissertations no 412, Linköping 1994.

Mygind N. Essential allergy. Blackwell Scientific publications. The Bath Press; Bath, Avon.

Nero AV. Controlling indoor air pollution. Scientific American 258:1988; 24-30.



Pasanen A-L. Ilman kosteuden, lämpötilan ja virtausnopeuden merkitys homesienten esiintymiselle ilmassa. Lisensiaattitutkielma. Kuopion yliopiston ympäristötieteiden laitokset 7/1989 86s.

PCB rakennuksissa – PCB-yhdisteet elementtitalojen saumaussmassoissa. Esite, Ympäristöministeriö.

Platt SD, Martin CJ, Hunt SM, Lewis CW. Damp housing, mold growth and symptomatic health state. *Br Med J* 298:1989; 1673-1678.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto osa D2. Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma 1987.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto osa D2. Määräykset ja ohjeet, Ympäristöministeriö, Suomen rakentamismääräyskokoelma 2003.

Reinikainen L, Jaakkola JJK, Heinonen OP. Ilman kosteus toimistorakennuksen sisäilmatekijänä. *Suom lääkl* 43:1988; 38-45.

Reponen T, Nevalainen A, Kalliokoski P, Pellikka M, Raunemaa T, Jantunen MJ. Täsmennys bakteerien ja sieni-itiöiden suurimmiksi normaaleina pidettäviksi pitoisuuksiksi sisäilmastoissa eri vuodenaikoina. *Ympäristö ja terveys* 19:1988; 380-381.

Ruotsalainen R. Ventilation, indoor air quality and human health and comfort in dwellings and day-care centres. Helsinki University of Technology. Report A1, Espoo 1995.

Ruotsalainen R, Palonen J, Jokiranta K, Seppänen O. Sisäilmaston kuntotutkimus. Suomen LVI-yhdistysten liitto, 4: 1997.

Saarela K. Preliminary investigation of ammonia levels in indoor air and evaluation of ammonia sources. Proceedings of IAQ 92, Environments for People. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers Inc. Atlanta 1993.

Seppänen O. ym.: Terveen talon kriteerit

Seppänen O, Säteri J, Lehtinen T, Nevalainen A (toim.). Tavoitteena terve talo. Sisäilmayhdistys ry, Teknologian kehittämiskeskus. SIY-raportti 9: 1997.

Seuri M, Palomäki E. Haasteellinen sisäilma 2000.

Seuri M, Reiman M. Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Rakennustieto Oy Helsinki, 1996.

Sisäilmastoluokitus 2000, Sisäilmayhdistys, Rakennustietosäätiö, Suomen arkkitehtiliitto SAFA, Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI, Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen Liitto SKLO Sisäilmayhdistyksen julkaisu no 5 Helsinki 2001, 32s.

Sisäilmaohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1, 1997.

Sisäilmaston kuntotutkimus. SuLVI julkaisu 4, 1997, 118s.

Spengler JD, Sexton K. Indoor air pollution: a public health perspective. *Science* 221:1983; 9-17.

Susitaival P, Husman T. (toim.) Tuohilampi-kysymyssarjat – Kyselylomakkeisto hengityselinten, ihon ja silmien yliherkkyysairauksien väestötutkimuksia varten. Hakapaino Oy Helsinki 1996.

Terveydensuojelulaki, Suomen säädöskokoelma 763/1994.

Tenhola V, Jantunen M. Pienhiukkasten terveystarkkailun arviointi. *Ympäristö ja terveys* 1: 1999.

Tirkkonen T, Mroueh U-M, Orko I. Evaluation of Tenax TA adsorbent as a collection medium for volatile organic compounds in indoor air and material emission measurements – a literature survey. NKB committee and work report 1995:06E. Nordic Committee on Building Regulations (NKB), Indoor Climate Committee 1995.

Työterveyshuoltolaki. Suomen säädöskokoelma 1383/2001.

Työturvallisuuslaki, Suomen säädöskokoelma 738/2002.

Wallström M, Puttonen J, Airo J. Huoneilman ammoniakki. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisu 7: 1996.

Valtioneuvoston päätös työpaikkojen terveys- ja turvallisuusvaatimuksista, Suomen säädöskokoelma 728/1999.

Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta, Suomen säädöskokoelma 629/1994.