

Rakennusten kosteus- ja homeongelmat

EDUSKUNNAN TARKASTUSVALIOKUNNAN JULKAISU 1/2012



EDUSKUNTA

Rakennusten kosteus- ja homeongelmat

Kari Reijula, Guy Ahonen, Harri Alenius, Rauno Holopainen,
Sanna Lappalainen, Eero Palomäki, Marjut Reiman

lokakuu 2012

EDUSKUNNAN TARKASTUSVALIOKUNNAN JULKAISU 1/2012



EDUSKUNTA

Tarkastusvaliokunta
00102 Eduskunta

Puhelin (09) 4321

trv@eduskunta.fi
www.eduskunta.fi/trv

1. painos

ISBN 978-951-53-3454-1 (nid.)
ISBN 978-951-53-3455-8 (PDF)
ISSN-L 1798-4688
ISSN 1798-4688

KOPIJYVÄ OY, ESPOO 2012

Sisällys

Valiokunnan alkusanat	7
Tiivistelmä	9
Oireiden aiheuttajia ei vielääkään tunneta riittävän hyvin	10
Mikä on merkittävä kosteus- ja homevaurio?	10
Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden yleisyys rakennuksissa	11
Kosteus- ja homevaurioiden yleisimmät aiheuttajat	11
Sisäilman haittatekijät	11
Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys	12
Taloudellinen merkitys	13
Toimenpide-ehdotukset	14
Kosteus- ja homevaurioiden ehkäisy	14
Kosteus- ja homeongelmien selvittäminen ja korjaus	15
Asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden osaamisen kehittäminen	15
Kosteus- ja homevaurioihin liittyvä tutkimus ja seuranta	15
Sammanfattning	17
Osäkerhet om vad som utlöser symtomen	18
Vad är en allvarlig fukt- och mögelskada?	18
Hur vanligt är det med fukt- och mögelskador i byggnader?	19
De primära orsakerna till fukt- och mögelskador	19
Skadliga faktorer i inomhusmiljön	19
Har fukt- och mögelskador hälsoeffekter?	20
Den ekonomiska aspekten	20
Åtgärdsförslag	21
Förebyggande av fukt- och mögelskador	21
Undersökning och reparation av fukt- och mögelskador	22
Experter och andra aktörer måste få bättre kompetens	23
Forskning och bevakning	23
Summary	24
Causes of symptoms still not being recognised sufficiently well	25
What is significant damp and mould damage?	25
How common is significant damp and mould damage in buildings?	26
Most common causes of damp and mould damage	26
Harmful factors in interior air	26
The health-related significance of damp and mould damage	27
Economic significance	28

Proposals for measures	29
Prevention of damp and mould damage	29
Studying and redressing damp and mould problems	30
Developing the competence of experts and other actors	30
Research and monitoring relating to damp and mould damage	30
Määritelmiä	32
Johdanto	35
Tutkimuksen tavoite	37
1 Kosteus- ja homevauriotarkastelun lähtökohdat	39
1.1 Rakennuskanta	39
1.2 Asuntokanta ja asuntoväestö	44
1.3 Väestöennusteet	45
1.4 Talonrakentaminen	47
1.4.1 Uudisrakentaminen	49
1.4.2 Korjausrakentaminen	51
1.4.2.1 Korjausrakentamisen ja rakennusten kunnossapidon säädöspohja	51
1.4.2.2 Rakennuksen elinkaari ja suunnitelmallinen kunnossapito	52
1.4.2.3 Korjausrakentamisen kustannukset	55
2 Kosteus- ja homevauriot rakennuksissa	61
2.1 Merkittävän kosteus- ja homevaurion määritelmä	61
2.2 Kosteus- ja homevaurioiden yleisyys	64
2.2.1 Pientalot ja asuinkerrostalot	64
2.2.2 Julkiset rakennukset	65
2.2.3 Sairaalakiinteistöt	66
2.2.4 Kosteus- ja homevauriot eri toimialojen työpaikkarakennuksissa	67
2.2.5 Yhteenveto kosteus- ja homevaurioiden yleisyydestä	67
2.3 Rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajia	69
2.3.1 Yleisimmät kosteusvaurion aiheuttajat	69
2.3.2 Talotekniikkajärjestelmät rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajina ja ehkäisijöinä	73
2.3.2.1 Lämmitysjärjestelmät	74
2.3.2.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät	74
2.3.2.3 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät	75
2.3.2.4 Jäähdytys- ja kylmätekniset järjestelmät	77
2.3.2.5 Rakennusautomaatiojärjestelmät	78
2.4 Kosteusvaurioihin ja muihin sisäilmaongelmiin liittyvät haittatekijät	79
2.4.1 Yleistä sisäympäristön haittatekijöistä ja niihin liittyvistä ohjeista	79
2.4.2 Mikrobit	80
2.4.2.1 Mikrobipitoisuudet ja mikrobilajisto	80
2.4.2.2 Mikrobin ohje- ja viitearvot	82
2.4.3 Mikrobin aineenvaihduntatuotteet	85
2.4.3.1 Mikrobitoksiinit	85
2.4.3.2 Mikrobin kaasumaiset aineenvaihduntatuotteet	87
2.4.4 Sisäilman kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet	88

3	Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys	89
3.1	Altistuminen kosteus- ja homevauriorakennuksissa	89
3.2	Terveyshaittojen yleisyys	90
3.3	Oireet ja sairaudet	93
3.3.1	Hengitystieoireet	93
3.3.2	Astma	93
3.3.3	Hengitystieinfektiot	94
3.3.4	Allerginen alveoliitti (homepölykeuhko)	94
3.3.5	Orgaanisen pölyn toksinen oireyhtymä	95
3.3.6	Homeiden aiheuttama infektio	95
3.3.7	Muut sairaudet	95
3.3.8	Poikkeavan herkästi oireilevat	96
3.4	Ammattitaudit	97
3.5	Oireiden ja sairauksien aiheuttajat ja syntymekanismit	99
3.5.1	Yleisiä havaintoja	99
3.5.2	Oireita mahdollisesti aiheuttavat homelajit	100
3.5.3	Mikrobien soluseinäarakenteet ja mikrobien perimäainne (DNA)	101
3.5.4	Mikrobien aineenvaihduntatuotteet	102
3.5.5	Syntymekanismeista	104
3.5.5.1	Akuutti ja krooninen limakalvotulehdus	104
3.5.5.2	Immuunijärjestelmän lamaantuminen	104
3.5.5.3	Immuunijärjestelmän herkistyminen - yliherkkyys	105
3.6	Alttius oireilla ja sairastua	106
3.7	Altistumisen ja terveysriskin arviointi	107
3.7.1	Arvioinnin yleiset periaatteet	107
3.7.2	Homevauriorakennuksiin liittyvät ammattitautitutkimukset ja merkittävä altistuminen	108
3.8	Sisäilmasto-ongelmien hallinta	111
3.8.1	Sisäilmasto-ongelman hallinnan yleiset periaatteet	111
3.8.2	Sisäympäristön häiritsevien tekijöiden tutkiminen	114
3.8.3	Majvikin suositukset kosteusvauriorakennusten ja oireilevien tutkimiseksi	118
3.9	Altistumisen vähentäminen	119
3.9.1	Kosteus- ja homevaurioselvitysten ja korjausten aikainen suojaus	119
3.9.2	Kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeinen siivous	120
3.9.3	Väistötilat	121
4	Taloudellinen merkitys	122
4.1	Tarkastelun lähtökohdat	122
4.2	Rakennuskannan kosteus- ja homevaurioiden taloudellinen merkitys	123
4.2.1	Kosteusvauriot ja kansanvarallisuus	123
4.2.2	Kosteus- ja homevaurioiden vaikutukset talonrakentamiseen	124
4.2.3	Rakennusten korjausperusteet, korjaustoimenpiteet ja niiden kustannukset	130
4.2.4	Kosteus- ja homevaurioiden korjaustoimintaan osoitetut määrärahat Suomessa	135
4.2.4.1	Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonala	135
4.2.4.2	Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonala	136

4.2.4.3 Ympäristöministeriön hallinnonala	138
4.2.4.4 Vuoden 2012 lisätalousarvio ja 2013 talousarvioesitys	138
4.3 Terveysvaikutusten taloudellinen merkitys	139
4.3.1 Tarkastelun tausta ja lähtötiedot	139
4.3.2 Lisääntynyt oireilu ja sairaustapaukset	143
4.3.3 Ammattitautien ja työperäisten sairauksien kustannukset	145
4.3.4 Työkyvyttömyyseläkkeet	146
4.3.5 Sairauspoissaolomenetykset	147
4.3.6 Terveydenhoitomenot	148
4.3.7 Tuottavuusmenetykset	148
4.3.8 Terveydellisten talousvaikutusten suuruusluokka	148
5 Toimenpide-ehdotukset	152
5.1 Kosteus- ja homevaurioiden ehkäisy	152
5.2 Kosteus- ja homeongelmien selvittäminen ja korjaus	155
5.3 Asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden osaamisen kehittäminen	156
5.4 Kosteus- ja homevaurioihin liittyvä tutkimus ja seuranta	158
5.5 Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista	159
6 Kirjallisuus	162
Liite 1 Kosteus- ja homevauriotarkastelun lähtökohdat	179
Liite 2 Sisäilman epäpuhtauksista	195
Liite 3 Sisäilman laadun ohje-, viite- ja tavoitearvoja	200
Liite 4 Astma kosteus- ja homevauriorakennuksissa	205

Valiokunnan alkusanat

Eduskunnan tarkastusvaliokunnan neljäs tutkimusjulkaisu 1/2012 on valmistunut. Sen aiheena on rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Tutkimus on julkaistu myös sähköisesti tarkastusvaliokunnan internet-sivuilla.

Tutkimuksen toteuttivat professori Kari Reijula, professori Guy Ahonen, professori Harri Alenius, teknologiajohtaja Rauno Holopainen, tiimipäällikkö Sanna Lappalainen, vanhempi asiantuntija Eero Palomäki ja vanhempi asiantuntija Marjut Reiman Työterveyslaitokselta. Tutkimuksen tekijät valittiin avoimen tarjouskilpailun perusteella ja tutkimus käynnistyi joulukuussa 2011.

Tarkastusvaliokunta nimesi tutkimukselle ohjausryhmän, johon ovat kuuluneet puheenjohtajana kansanedustaja Tuija Brax sekä jäsenenä kansanedustajat Heli Paasio (1.6.2012 saakka), Sirkka-Liisa Anttila, Olli Immonen, Lasse Männistö, Erkki Virtanen sekä valiokuntaneuvokset Nora Grönholm ja Matti Salminen sekä ylitarkastaja Arto Mäkelä. Ohjausryhmä piti yhteensä kolme kokousta.

Sisäilman huono laatu on jo pitkään arvioitu yhdeksi maamme suurimmista ympäristöterveysongelmista. Rakennusten kosteus- ja homevauriot on puolestaan arvioitu merkittäväksi syyksi huonoon sisäilman laatuun. Esitetyistä arvioista huolimatta tiedot kosteus- ja homevaurioiden laajuudesta ja vaikutuksista ovat olleet puutteellisia, vanhentuneita ja ristiriitaisia. Huolimatta erilaisista toimenpiteistä ja panostuksesta kosteus- ja homevauriot eivät vaikuta vähentyneen. Päinvastoin tilanteen on arvioitu jopa pahenevan tulevaisuudessa.

Tässä tilanteessa tarkastusvaliokunnan päätti teettää tutkimuksen, jonka tavoitteeksi tarjouspyynnössä asetettiin tuottaa päätöksentekijöille sellaista tietoa, johon pohjautuen on mahdollista vähentää rakennusten kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamia taloudellisia menetyksiä ja terveyshaittoja. Tutkimuksessa tuli tuottaa uutta ajankohtaista tietoa rakennusten kosteus- ja homeongelmien syistä, laajuudesta ja vaikutuksista.

Nyt julkaistavasta tutkimuksesta selviää, että rakennusten kosteus- ja homeongelmissa on kysymys merkittävästä yhteiskunnallisesta ongelmasta. Terveydelliset ja taloudelliset vaikutukset ovat mittavia. Huolestuttavaa on, että mm. kosteus- ja homeongelmien ennalta

ehkäisemisessä ja korjaamisessa on vielä paljon tehtävää ennen kuin tilanne saadaan edes tyydyttävälle tasolle.

Tutkimustulokset ja esitetyt kehittämissuositukset tarjoavat jatkotoimille ja keskustelulle hyvän pohjan. Valiokunnan puolesta haluan kiittää tutkijoita hyvästä työstä sekä ohjausryhmää hyivistä kommentteista ja keskusteluista.

Tarkastusvaliokunnan puheenjohtaja

Tuija Brax

Tiivistelmä

Kosteus- ja homevauriot tunnistettiin Suomessa jo 1990-luvun alussa merkittäväksi sisäympäristöongelmaksi, jolla on haitallisia vaikutuksia terveyteen. Niin rakennusten kunnon heikkenemisestä kuin ennen kaikkea niissä oleskelun aiheuttamista oireista ja sairauksista seuraa merkittäviä kustannuksia. Kosteusvaurioiden keskeisimmät rakennustekniset syyt tunnetaan, mutta niitä ei osata vieläkään estää ennakolta tai korjata oikein. Ongelman ilmaannuttua terveydellisiin haittoihin ei puututa riittävän tehokkaasti eikä toimintamalleja ja työkaluja ei ole riittävästi. Niinpä ongelmat kasvavat jopa työyhteisöjä halvaanuttaviksi kriiseiksi. Yksittäisten asukkaiden ongelmat eivät ole vähäisempiä, vaan myös ne edellyttävät pikaista ongelmiin tarttumista. Riittämätön tieto kosteus- ja homevaurioiden terveydellisestä merkityksestä, oireiden aiheuttajista ja sairauksien syntymekanismeista vaikeuttavat merkittävästi potilaiden tutkimista ja hoitoa.

Eduskunta käynnisti kosteus- ja homeongelmia koskevan tutkimuksen, jonka toteuttajaksi valittiin Työterveyslaitos. Tutkimuksen tavoitteena oli moniammatillisessa asiantuntijaryhmässä

1. arvioida merkittävien kosteus- ja homevaurioiden yleisyys asuin- ja työpaikkarakennuksissa mukaan lukien koulut, päiväkodit ja muut sosiaali- ja terveydenhuollon toimitilat Suomessa
2. selvittää kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys nykytiedon valossa ja siitä johtuvat toimenpiteet terveydenhuollon toimintatapojen kehittämiseksi
3. arvioida kosteus- ja homevaurioiden taloudellinen merkitys ja
4. esittää keskeisimmät jatkotoimenpiteet uusiksi tarvittaviksi tutkimuskohteiksi, hallinnollisiksi toimenpiteiksi ja koulutustoimien edistämiseksi.

Työterveyslaitoksen asiantuntijat kokosivat raporttia varten uusimman tiedon kosteus- ja homevaurioista ja kohdistivat tutkimuksensa kaikkein kipeimpiin epäkohtiin, joiden ratkaisu voi oleellisesti parantaa kosteus- ja homeongelmien hallintaa jatkossa.

Oireiden aiheuttajia ei vieläkään tunneta riittävän hyvin

Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys on täsmentynyt hyvin hitaasti. Aluksi oireiden aiheuttajina pidettiin rakenteiden ja materiaalien mikrobikasvustoja sekä niissä kasvavia mikrobisukuja ja -lajeja. Tästä syystä mikrobeille altistumisen arviointi kuului rutiinitoimenpiteenä potilastutkimuksiin. Ajan kuluessa todettiin, että sisäilman ja materiaalien homesienillä ja bakteereilla tai mikrobivasta-aineiden tuloksilla ei ollutkaan selvää yhteyttä oireisiin ja sairauksiin.

Useimpien tutkimusten mukaan astma näyttäisi olevan sairaus, joka liittyy kosteus- ja homevauriorakennuksiin. Vielä ei tiedetä, mikä astman näissä rakennuksissa aiheuttaa. Välittömän allergian mekanismit eivät oireita yleensä selitä, joten IgE-vasta-aineiden määrittäminen tai ihon pistotestit mikrobiuutteilla eivät useinkaan auta diagnoosin varmentamisessa. Ammattiastman tutkimuskäytäntöjen ongelmista huolimatta yli 300 ammattiastmaa ja sen epäilyä raportoidaan Suomessa vuosittain. Ammattinuhia kirjautuu noin 50, homepölykeuhkotapauksia muutama. Ammattitaudit ovat vain murto-osa kaikista kosteusvaurioihin liittyvistä sairauksista Suomessa.

Mikä on merkittävä kosteus- ja homevaurio?

Kosteus- ja homevaurion määrittelemisen merkittäväksi ei perustu pelkästään tekniseen tarkasteluun, vaan sen pitää sisältää myös altistumisen todennäköisyyden arviointi, jotta terveydellinen ulottuvuus saadaan mukaan. Merkittävä kosteus- ja homevaurio voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologisille (mm. mikrobiperäisille) epäpuhtauksille on todennäköistä. Määritellyn vian perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi.

Haitallista altistumista voidaan pitää todennäköisenä, kun rakennuksessa näkyy kosteus- ja homevaurioita sisäpinnoilla, mikrobikasvua todetaan materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa, poikkeavaa altistetta on todettu ilma- tai pölynäytteissä, tilat ovat selvästi alipaineisia tai vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta on ilmayhteys työskentelytilaan.

Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden yleisyys rakennuksissa

Suomen rakennuskanta on noin 1,45 miljoonaa rakennusta, joista asuinrakennuksia on 85 % ja muita rakennuksia 15 %. Kerrosalalla ilmaistuna rakennuskanta on noin 434 miljoonaa neliötä, joista 274 miljoonaa eli 63 % on asuinrakennuksissa ja 160 miljoonaa eli 37 % muissa rakennuksissa.

Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden esiintyvyys on arviomme mukaan pien- ja rivitaloissa 7–10 %, kerrostaloissa 6–9 %, kouluissa ja päiväkodeissa 12–18 %, hoitolaitoksissa 20–26 % ja toimistoissa 2,5–5 % kerrosalasta. Merkittävästi vaurioituneissa rakennuksissa asuu pien- ja rivitaloissa 221 000–443 000 ja kerrostaloissa 103 000–154 000 ihmistä. Tällaisissa kouluissa ja päiväkodeissa on 172 000–259 200, hoitolaitoksissa 36 000–46 800 ja toimistoissa 27 500–55 000 henkeä.

Kosteus- ja homevaurioiden yleisimmät aiheuttajat

Kosteusvaurioiden taustalla olevia tyypillisimpiä syitä ovat riskejä sisältävät suunnitteluratkaisut, puutteet työmaan kosteudenhallinnassa, virheet työmaatoteutuksissa ja kunnossapidon laiminlyönnit sekä rakenteiden luonnollinen kuluminen tai vaurioituminen elinkaarensa päässä. Erityisesti rakennuksen käyttöään loppuminen näyttää johtavan sisäilmaongelmiin, joista terveyden kannalta merkittävimpiä osatekijöitä ovat kosteus- ja homevauriot.

Sisäilman haittatekijät

Rakennusten sisäilmaongelmat ovat yleisiä. Harvoin haitta rajoittuu kosteusvaurioissa vain kosteusvauriomikrobien, niiden aineenvaihduntatuotteiden tai materiaaleista vapautuvien kemiallisten yhdisteiden löytymiseen sisäilmasta. Esimerkkeinä muista yleisistä haitoista ovat kuiva huoneilma, tunkkaisuus, pölyt, tupakansavu ja teolliset kuidut.

Kosteusvauriorakennuksen sisäilmasta, pinnoilta ja vaurioituneista materiaaleista voidaan löytää home- ja hiivasieniä sekä bakteereita (esim. sädesieniä eli aktinobakteereita) ja näiden aineenvaihduntatuotteita. Sisäilmanäytteiden mikrobipitoisuudet ja -lajisto kuvaavat sisäilman laatua ja altistumista. Sisäilman mikrobien ohje- ja viitearvoja sekä tietoja mikrobilajistosta käytetään apuna sisäilman epätavanomaisten mikrobilähteiden tunnistamisessa. Ohje- ja viitearvojen avulla ei voi tehdä päätelmiä sisäilman terveydellisistä vaikutuksista.

Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys

Rakenteiden kastuminen ja mikrobien kertyminen rakenteiden pinnalle johtaa siihen, että huoneen sisäilmaan voi siirtyä vaurioituneista rakenteista ja niiden mikrobikasvustoista epäpuhtauksia. Ne kulkeutuvat silmiin, iholle ja hengitysteihin eli ihminen altistuu.

Kemialliset yhdisteet ja mikrobien osat voivat tietyillä pitoisuuksilla aiheuttaa elimistöön joutuessaan silmien sidekalvon ja hengitysteiden limakalvon ärsytyksen, mutta myös immunologinen tulehdusreaktio on mahdollinen. Vaikka asiaa on tutkittu jo kaksi vuosikymmentä, vieläkin ei tiedetä, miten oireilu ja sairastuminen kehittyvät solutasolla kosteusvauriotilanteissa.

Kosteus- ja homevaurioilla on ajallinen yhteys astman pahenemiseen, uusien astmojen syntyyn, hengitystieinfektioihin ja hengitystieoireiluun. Vaikka näyttö on vasta viitteellinen, on todennäköistä, että altistuminen kosteusvauriomikrobeille, muille mikrobiologisille tekijöille tai kemiallisille yhdisteille voi olla merkittävä oireilun aiheuttaja. Lisäksi kosteus- ja homevaurioiden ennaltaehkäisy ja rakennusten korjaus näyttävät vähentävän tilan käyttäjien sairastumisriskiä.

Epidemiologisten tutkimusten mukaan kosteus- ja homevaurioissa riski yskään on 1,5-kertainen, hengityksen vinkumiseen 1,4-kertainen ja ylempien hengitysteiden oireiluun 1,7-kertainen. Lasten riski sairastua astmaan näyttäisi riippuvan siitä, kuinka merkittävä kosteusvaurio rakennuksessa on eli 2,8–4-kertaiseksi riippuen kosteusvaurion vaikeusasteesta.

Astman pahenemisen riski on lisääntynyt 1,7–2,6-kertaiseksi takautuvissa tutkimuksissa ja 1–4,2-kertaiseksi poikkileikkaustutkimuksissa. Lapsilla astman pahenemisen riski on aikuisia korkeampi. Keuhkoputkentulehduksen riski on lisääntynyt 1,45- ja hengitystieinfektioiden riski 1,44-kertaiseksi. Euroopan maissa tehdyissä tutkimuksissa näkyvä home lisäsi lasten riskiä sairastua keuhkoputkentulehdukseen 1,38-kertaiseksi.

Tutkimusten perusteella on riittävä näyttö astman syntymisen ja pahenemisen, nuhan, keuhkoputkentulehduksen ja allergisen alveoliitin (homepölykeuhkon) yhteydestä kosteus- ja homevaurioihin. Muiden sairauksien osalta näyttö ei vielä ole ollut riittävä.

Taloudellinen merkitys

Rakennuskanta on merkittävä osa Suomen kansanvarallisuutta. Kansanvarallisuus oli vuonna 2010 yhteensä 775 mrd. €, josta asuinrakennukset olivat 217 mrd. € (28 %) ja muut rakennukset 132 mrd. € (17 %). Merkittävän kosteus- ja homevaurion osuus asuinrakennuksien määrästä on pien- ja rivitaloissa arviolta 7–10 % ja kerrostaloissa 6–9 %. Kerrosalaan suhteutettuna voidaan todeta, että kansanvarallisuudesta kokoluokkaan 6–10 % eli 13–28,2 mrd. €:oon kohdistuu merkittävä kosteus- ja homevaurio. Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita arvioidaan olevan opetus- ja hoitoalan rakennuksissa 12–26 % kerrosalasta. Toimistorakennuksissa osuus on pienempi eli 2,5–5 % kerrosalasta. Suoraan kansanvarallisuuteen suhteutettuna em. kerrosala vastaisi suuruusluokkaa 3,3–34,3 mrd. €.

Tilastokeskuksen mukaan talojen korjausrakentamiseen käytettiin vuonna 2010 yhteensä 9,57 mrd. €, josta asuinrakennusten osuus oli 6,35 mrd. € (66 %) ja muiden rakennusten korjaukset 3,22 mrd. € (34 %). Merkittävän kosteusvaurion aiheuttamat kertaluonteiset korjauskustannukset ovat 1,2–1,6 mrd. €. Tämä on 0,3–0,4 % rakennuskannan kokonaisarvosta ja 5,6–7,5 % vuosittaisen talonrakentamisen arvosta. Yhteensä valtionhallinnossa on viime vuosina myönnetty julkisten rakennusten peruskorjaushankkeisiin vuosittain noin 50 milj. € ja asuinrakennusten kosteus- ja homevauriokorjauksiin noin 1 milj. €. Vuodesta 2005 alkaen STM:n hankerahoitus on ohjautunut kosteus- ja homevaurioihin. Vuodelle 2013 valtion budjettiin esitettiin 58 milj. €:n määrärahaa homekoulujen korjauksiin.

Kosteus- ja homevaurioiden terveyteen liittyvien kustannusten taso on 23–953 milj. €, joka sisältää oireista, sairauksista, niiden tutkimisesta, työkyvyn menettämisestä ja työtehon tuottavuuden laskusta aiheutuvat kustannukset. Arvioitujen lukujen perusteella voidaan tehdä se johtopäätös, että talojen rakentamiselle asetettavien lisävaatimusten vuosittainen hinta ei saa ylittää miljardia euroa, koska silloin kustannukset ylittäisivät maksimaaliset hyödyt. Luvuista voidaan tehdä myös se johtopäätös, että 50 milj. €:n jatkuva vuotuinen lisäpanostus on kannattava, jos sillä voidaan vähentää 10 % nykyisistä kosteus- ja homeongelmista. Toisaalta jopa miljardien kertapanostus voi olla kannattava, jos sen seurauksena saadaan pysyviä vähennyksiä rakennusten aiheuttamiin terveysvaikutuksiin. 1,5 mrd. €:n panostus nykyisten merkittävästi kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten korjaamiseksi maksaisi itsensä kolmessa vuodessa takaisin kansantaloudellisena hyötynä.

Toimenpide-ehdotukset

Kosteus- ja homevaurioiden ehkäisy

Kosteus- ja homeongelmien hallinta vaatii lainsäädännöllisiä toimenpiteitä ja esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslain muutoksia. Lainsäädännön tarpeita on välttämätöntä arvioida pikaisesti esimerkiksi eduskunnan tarkastusvaliokunnan nimittämässä työryhmässä.

Rakennusten elinkaariohjauksen vastuu on nykyisin alue- ja kuntatasolla epäselvä. Tätä varten on perusteltua harkita uuden rakennusviraston perustamista, jonka tehtävänä olisi tulkita maankäyttö- ja rakennuslakia sekä rakennusalan säädöksiä yhteistyössä rakennustarkastajien kanssa ja ohjata kiinteistöjen ylläpitoa. Lisäksi aluehallintoon (AVIt) ehdotetaan perustettavaksi kuntien sisäilma-asioita ohjaavan ja neuvovan erityisasiantuntijan virkoja.

Ehdotamme, että kiinteistöjen omistajien (kunnat, yritykset ja asunto-osakeyhtiöt) tulee lakisääteisesti säästää tietty osa rakennuksen hankintahinnasta vuosittain kunnossapitokustannusten ennakointiin ja toiminnallisiin muutostöihin.

Ennakoivan toiminnan mukaisesti kuntien ja valtion avustusten tulee kohdentua erityisesti ennaltaehkäisevään ja ennakoivaan kiinteistönpitoon. Kun kunnossapitoon osoitetut määrärahat ovat olleet vuosia alimitoitettut, korjausvelka kasvaa ja ongelmat realisoituvat oireiluna ja terveyden menettämisinä. Valtion tukijärjestelmät eivät saa tukea korjausvelvoitteitaan laiminlyöneitä ja peruskorjauksia toistuvasti siirtäneitä tahoja, vaan tuen pitää kannustaa rakennuksen elinkaaren kannalta korjaushankkeiden oikea-aikaiseen toteuttamiseen. Tukijärjestelmien tulee kannustaa siihen, että ongelmilta vältytään, kun korjaukset tehdään rakennuksen elinkaaren oikeassa vaiheessa.

Ennakkotarkastusvelvoitetta tulee edellyttää haettaessa rakennuslupaa kosteuden ja puhtauden sekä sisäilmasto-olosuhteiden hallinnassa vaativiin kohteisiin (vrt. rakennesuunnitelmien ennakkotarkastusvelvoite on jo käytössä). Vaativilla työmailla, kuten työpaikat ja julkiset uudis- ja korjausrakennuskohteet, on oltava kosteuden ja puhtauden hallinnasta vastaava, erityisesti koulutettu työnjohtaja (vrt. vaativien betonivalujen työnjohtaja henkilöturvallisuuden varmistamiseksi).

Kosteus- ja homeongelmien selvittäminen ja korjaus

Perusterveydenhuollon ja kunnallisen terveysturvallisuuden yhteistyötä tulee tehostaa, jotta rakennusten kosteus- ja homevauriot tunnistettaisiin mahdollisimman nopeasti ja niissä oireilevien ihmisten oireiden tutkiminen tapahtuisi samanaikaisesti rakennuksen tutkimusten kanssa. Kuntiin tulee perustaa sisäilmaryhmät, joiden toimintaa tulee edistää, jotta ne pystyvät viipymättä käynnistämään toimet kosteus- ja homeongelmien ratkaisemiseksi erityisesti kouluissa, päiväkodeissa ja sosiaali- ja terveydenhuollon toimitiloissa.

Kuntien viranomaisten ja toimipaikkojen (esim. koulut, päiväkodit, sosiaali- ja terveydenhuollon tilat) välistä yhteistyötä sisäilmaongelmien hallinnassa tulee parantaa. Vastuulliset tahot (terveysvalvonta, kouluterveydenhuolto, työterveys, työsuojelu) tulee saada toimimaan kiinteämmin toistensa kanssa. Viestintää eri tahojen välillä tulee kehittää.

Asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden osaamisen kehittäminen

Asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden pätevöittävä koulutuksen suunnitelma tulee laatia pikaisesti ja opetus käynnistää mahdollisimman nopeasti. Kyseisestä pätevyydestä tulee säätää asetuksella.

Maankäyttö- ja rakennuslaki lähtee siitä, että rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa siitä, että rakennuksesta tulee terveellinen ja turvallinen. Hankkeeseen ryhtyvällä on oltava edellytykset hankkeen toteuttamiseksi, ja hänen on käytettävä ammattitaitoista työvoimaa. Rakentamisen vastuu on säilytetty laissa rakennuttajalle, ei suunnittelijalle tai rakentajalle. Jos hankeasiakirjoihin jää virhe, tilaaja vastaa lopputuloksesta. Tilaajan tulisikin osata erittäin hyvin rakentamiseen liittyviä asioita hyvän lopputuloksen saadakseen. Pääsuunnittelijan ja rakennusurakoitsijoiden vastuuta lopputuloksesta pitää lisätä, ja lain tulee ohjata siihen, että vastuuta siirtyy tilaajalta myös suunnittelun ja rakentamisen ammattilaisille.

Kosteus- ja homevaurioihin liittyvä tutkimus ja seuranta

Tutkimusta tulee jatkaa oireiden ja sairauksien aiheuttajien ja syntymekanismien selvittämiseksi. Jatkossa on painotettava erityisesti ihmisen elinvasteiden tutkimista, sillä vain sitä kautta pystytään määrittämään sairaudet ja kehittämään niiden toteamista ja hoitamista.

Kosteusvaurioituneiden rakennusten sekä sisäilman laadun että rakennusteknistä tutkimista on edelleen kehitettävä. Käytössä on oltava luotettavat ja validoidut menetelmät, joiden avulla saatujen tulosten tulkinta ja johtopäätökset ovat tärkein osa tutkimusta. Tutkimukset ovat merkittäviä tilan käyttäjien terveyden kannalta, ja johtopäätökset voivat olla taloudellisesti erittäin merkittäviä. Tutkimuskäytäntöjä on kehitettävä ja palveluja tarjoavien osaamista ja laatua tulee valvoa. Tutkijoilta tulee edellyttää pätevyyttä, joka on tarvittaessa osoitettavissa, ja jonka ajantasaisuutta on seurattava. Tätä varten ympäristöministeriön ja sosiaali- ja terveysministeriön johdolla opetus- ja kulttuuriministeriötä konsultoiden tulee laatia suunnitelma tilanteen pikaiseksi korjaamiseksi.

Sammanfattning

Redan i början av 1990-talet insåg man i Finland att fukt- och mögelskador är ett inomhusmiljöproblem av stora mått som påverkar hälsan negativt. Det uppstår stora kostnader när byggnader förfaller, men framför allt när de som vistas i dem får symtom och insjuknar. Man känner i stort sett till de byggtekniska orsakerna till fuktskador men saknar fortfarande kunskapen att förebygga och åtgärda dem på rätt sätt. När problem uppdagas tar man inte tag i hälsoproblemen med kraft och har sparsamt med modeller att gå efter eller instrument att tillgripa. Och då växer sig problemen i värsta fall till kriser som lamslår hela arbetsplatser. Problemen är inte mindre för dem som bor i huset och också här gäller det att genast reagera på dem. Det är avsevärt svårare att undersöka och behandla patienter om det brister i kunskapen om hur fukt- och mögelskador påverkar hälsan, vad som utlöser symptomen eller vilka mekanismerna är bakom sjukdomarna.

Riksdagen initierade en undersökning av fukt- och mögelproblem som Arbetshälsoinstitutet gavs i uppdrag att utföra. I undersökningen skulle en mångprofessionell expertgrupp

1. undersöka i vilken utsträckning det förekommer allvarliga fukt- och mögelskador i bostadshus och arbetsplatsbyggnader i Finland, skolor, daghem och andra vård- och omsorgslokaler inkluderade
2. mot bakgrund av det nuvarande kunskapsläget utreda vilka hälsoeffekter fukt- och mögelskador har och vilka åtgärder som krävs med bättre vård- och omsorgsrutiner i siktet
3. räkna ut vad fukt- och mögelskadorna kostar och
4. lägga förslag till nya undersökningsobjekt, administrativa åtgärder och intensifierad utbildning

Experterna samlade för sin rapport de nyaste rönen om fukt- och mögelskador och koncentrerade sig på de allvarligaste bristerna och den lösning som kan göra det avsevärt lättare att bemästra dem i framtiden.

Osäkerhet om vad som utlöser symtomen

Insikten om sambandet mellan fukt- och mögelskador och hälsa har infunnit sig mycket långsamt. Först antog man att symtomen utlöstes av mikrobiell påväxt i strukturer och material samt där befintliga släkter och arter av mikrober. Därför hörde det till rutinerna att undersöka exponeringen för mikroorganismer hos patienter. Men med tiden konstaterade man att mögelsvamp och bakterier i inomhusmiljö och material eller antikroppar mot mikroorganismer de facto inte hade någon tydlig koppling till symptom eller sjukdomar.

Av gjorda undersökningar tyder de flesta på att det finns ett samband mellan astma och fukt- och mögelskador. Än så länge vet man inte vad det är i byggnaderna som orsakar astma. Mekanismerna bakom direkt allergi förklarar oftast inte symtomen och därför hjälper det sällan att bestämma förekomsten av IgE-antikroppar eller göra pricktest med extrakt från mikroorganismer för att bekräfta diagnosen. Det brister i undersökningsrutinerna för yrkesastma, men trots det inrapporteras mer än 300 fall av yrkesastma och misstanke om yrkesastma årligen i Finland. Yrkesrelaterad rinit noteras i ca 50 fall och allergisk alveolit i ett par fall. Yrkesjukdomarna utgör bara en bråkdel av de fuktskaderrelaterade sjukdomarna hos oss.

Vad är en allvarlig fukt- och mögelskada?

För att bestämma att en fukt- och mögelskada är allvarlig räcker det inte med en teknisk undersökning utan det behövs också en bedömning av sannolikheten för exponering för att hälsoaspekten ska bli inkluderad. En allvarlig fukt- och mögelskada kan definieras som ett icke ringa konstruktionsfel som sannolikt resulterar i skadlig exponering för kemiska, fysikaliska och biologiska (bl.a. av mikrobiellt ursprung) orenheter som frigörs från fuktskadade konstruktioner och material. Utifrån denna definition kan reparationsbehovet betraktas som akut för att risken för exponering ska minska eller undanröjas.

Skadlig exponering kan anses sannolik när fukt- och mögelskador kan ses med blotta ögat på ytor inomhus, mikrobiell tillväxt konstateras förekomma i material eller omgivande konstruktioner, onormal exponering påvisas i luft- eller dammprover, det tydligt finns undertryck i lokalen eller det finns en luftförbindelse mellan den skadade lokalen eller konstruktionen och arbetslokalen.

Hur vanligt är det med fukt- och mögelskador i byggnader?

Byggnadsbeståndet i vårt land omfattar ca 1,45 miljoner byggnader. Av dem är 85 % bostadshus och 15 % andra byggnader. Det handlar om sammanlagt ca 434 miljoner kvadratmeter våningsyta: 274 miljoner, dvs. 63 % i bostadshus och 160 miljoner, dvs. 37 %, i andra byggnader.

Vår bedömning är att av våningsytan är 7–10 % i småhus och radhuslängor, 6–9 % i flervåningshus, 12–18 % i skolor och daghem, 20–26 % i vårdinrättningar och 2,5–5 % i kontor allvarligt fukt- och mögelskadad. I småhus och radhuslängor med allvarliga skador bor och jobbar 221 000–443 000 personer medan motsvarande siffra för flervåningshus är 103 000–154 000. I skolor och daghem handlar det om 172 000–259 200, i vårdinrättningar 36 000–46 800 och i kontor 27 500–55 000 personer.

De primära orsakerna till fukt- och mögelskador

Planeringslösningar som involverar risker, brister i fukthanteringen på byggplatsen, fel i själva byggandet, försummat underhåll och naturligt slitage eller skador på konstruktionerna i slutet av deras livscykel är typiska exempel på fuktorsaker. Särskilt när byggnadens livslängd är slut förefaller det uppstå problem med inomhusklimatet. De mest relevanta faktorerna ur hälsosynpunkt är fukt- och mögelskador.

Skadliga faktorer i inomhusmiljön

Ett dåligt inomhusklimat är ett vanligt förekommande problem. Vid fuktskador begränsar sig problemet sällan till att man inomhus hittar kemiska föreningar som frigörs från mikrober, deras ämnesomsättningsprodukter eller material. Ofta kan inomhusluften vara torr, instängd och dammig eller försämrats av tobaksrök och industrifibrer.

I fuktskadade byggnader kan man i luften inomhus, på ytor och i skadade material finna mögel- och jästsvamp samt bakterier (t.ex. strålsvampar, dvs. aktinobakterier) och ämnesomsättningsprodukter från dem. Av mikrobalterna och mikroorganismarterna i inomhusluftprover kan man sluta sig till kvaliteten på inomhusmiljön och risken för exponering. För att identifiera källan för mikroorganismer som inte förekommer normalt använder man sig av rikt- och referensvärden för mikroorganismer i inomhusmiljö samt uppgifter om mikrobarter. Några slutsatser om hälsoeffekter kan inte dras utifrån rikt- och referensvärdena.

Har fukt- och mögelskador hälsoeffekter?

När konstruktioner blir våta och det börjar växa mikroorganismer på ytorna finns det risk för att de skadade konstruktionerna och mikrobvästen förorenar inomhusklimatet. Föroreningarna påverkar ögon, hud och andningsvägar; människor blir med andra ord exponerade.

Kemiska föreningar och fragment av mikroorganismer kan i vissa koncentrationer irritera ögats bindhinna och slemhinnorna i andningsvägarna, men en immunologisk inflammationsreaktion är också möjlig. Trots forskning i två decennier har man inte kommit underfund med hur symtom och sjukdomar uppstår på cellnivå vid fuktskador.

Fukt- och mögelskador har en tidsmässig koppling till försämrad astma, nya fall av astma, luftvägsinfektioner och luftvägssymtom. Även om bevisen än så länge är indikativa är det sannolikt att exponering för fuktskademikrober, andra mikrobiologiska faktorer eller kemiska föreningar starkt kan bidra till att symtom uppstår. Dessutom förefaller det som om de som vistas i en byggnad löper mindre risk att insjukna om åtgärder vidtas för att förebygga fukt- och mögelskador och byggnaden repareras.

Epidemiologiska undersökningar visar att risken för hosta är 1,5-faldig, för pipande andning 1,4-faldig och för symtom i de övre luftvägarna 1,7-faldig vid förekomst av fukt- och mögelskador. Risken att barn får astma förefaller ha ett samband med fuktskador. Den är 2,8–4-faldig allt efter hur allvarlig skadan är.

I retrospektiva studier har risken för försämrad astma ökat till det 1,7–2,6-faldiga och i tvärsnittsstudier till det 1–4,2-faldiga. Risken att astman förvärras är större hos barn än hos vuxna. Risken att drabbas av kronisk bronkit har ökat till det 1,45- och av luftvägsinfektion till det 1,44-faldiga. Enligt undersökningar gjorda i Europa ökar synligt mögel risken bland barn att insjukna i kronisk bronkit till det 1,38-faldiga.

Undersökningarna ger tillräckligt belägg för att det finns ett samband mellan fukt- och mögelskador och uppkomst och försämring av astma, snuva, akut bronkit och allergisk alveolit (tröskdammlunga). För andra sjukdomar saknas fortfarande hållbara bevis.

Den ekonomiska aspekten

Byggnadsbeståndet utgör en icke föraktlig del av vår nationalförmögenhet. Nationalförmögenheten uppgick 2010 till 775 miljarder euro. Bostadsbyggnadernas andel var 217 miljarder euro (28 %) och andra byggnaders 132 miljarder euro (17 %).

Av bostadsbyggnaderna är uppskattningsvis 7–10 % av småhusen och radhuslängorna och 6–9 % av flervåningshusen allvarligt fukt- och mögelskadade. Sett till våningsytan kan man konstatera att 6–10 % av vår nationalförmögenhet är drabbad av allvarliga fukt- och mögelskador, i pengar talat 13–28,2 miljarder euro. Man räknar med att 12–26 % av våningsytan i undervisnings- och vårdsektorns byggnader är allvarligt fukt- och mögelskadad. I kontorsbyggnader är andelen mindre, 2,5–5 % av våningsytan. Ställt i direkt relation till nationalförmögenheten handlar det om 3,3–34,3 miljarder euro.

Enligt Statistikcentralen gick 9,57 miljarder euro åt till reparationsbyggande 2010. För bostadsbyggnader användes 6,35 miljarder euro (66 %) och för andra byggnader 3,22 miljarder euro (34 %). Totalkostnaderna för reparation av allvarliga fuktskador rör sig mellan 1,2 och 1,6 miljarder euro. Det är 0,3–0,4 % av byggnadsbeståndets sammantagna värde och 5,6–7,5 % av värdet av den årliga husbyggnationen. Under de senaste åren har man inom statsförvaltningen årligen beviljat ca 50 miljoner euro för ombyggnader och ca 1 miljon euro för reparation av fukt- och mögelskador i bostadshus. Från 2005 har social- och hälsovårdsministeriet riktat in sig på fukt- och mögelskador i sin projektfinansiering. I statsbudgeten för 2013 föreslogs ett anslag på 58 miljoner euro för reparation av mögelskolor.

De hälsorelaterade kostnaderna för fukt- och mögelskador ligger på 23–953 miljoner euro. Här ingår kostnaderna för symtom, sjukdomar, undersökning av sjukdomar, förlust av arbetsförmåga och försämrad arbetskapacitet. Utifrån de kalkylerade siffrorna kan man dra den slutsatsen att det årliga priset på ytterligare krav på husbyggnade inte får överskrida en miljard euro för då överstiger kostnaderna den maximala nyttan. En annan slutsats är att det lönar sig att varje år skjuta till 50 miljoner extra, om man med det kan minska 10 % av de nuvarande fukt- och mögelproblemen. Å andra sidan kan en engångssatsning på flera miljarder löna sig, om man med det permanent kan minska de byggnadsrelaterade hälsoeffekterna. En 1,5 miljarder euros satsning på reparation av allvarligt fukt- och mögelskadade byggnader återbetalar sig på tre år i form av samhällsekonomisk nytta.

Åtgärdsförslag

Förebyggande av fukt- och mögelskador

Det krävs lagstiftningsåtgärder för att få bukt med fukt- och mögelproblemen. Exempelvis behöver markanvändnings- och bygglagen ändras. Vilka de legislativa behoven är behöver absolut diskuteras med det snaraste t.ex. i en arbetsgrupp tillsatt av riksdagens revisionsutskott.

I dagsläget är det inte klart vem som på region- och kommunplanet är ansvarig för vägledningen när det gäller byggnaders livscykel. Det kunde vara motiverat att diskutera ett nytt byggverk och ge det i uppdrag att tolka markanvändnings- och bygglagen och författningarna för byggsektorn i samarbete med byggnadsinspektörerna och att ge vägledning i fastighetsunderhållet. Dessutom kunde inom regionförvaltningen inrättas tjänster för experter för att styra och vägleda i inomhusklimatfrågor i kommunerna.

Vi föreslår att fastighetsägarna (kommuner, företag och bostadsaktiebolag) i lag åläggs att årligen spara en bestämd del av byggnadens anskaffningspris för att föregripa underhållskostnader och funktionella ändringar.

Som sig bör i proaktiv verksamhet ska de kommunala och statliga bidragen beviljas i synnerhet för förebyggande och föregripande fastighetshållning. Underhållsanslagen har i årtal varit underdimensionerade och underhållet är följaktligen akut eftersatt med den konsekvensen att människor uppvisar symtom och drabbas av ohälsa. De statliga bidragssystemen får inte stödja aktörer som försummat sin reparationskyldighet och upprepade gånger skjutit på ombyggnadsarbeten, utan bidraget bör uppmuntra till reparationer vid rätt tidpunkt i byggnadens livscykel. Bidragsmekanismerna bör vara ett incitament till att undvika problem genom att reparera när det sitter rätt i byggnadens livscykel.

Förhandsgranskning bör krävas när någon söker byggtillstånd för objekt som är krävande med avseende på fukt, hygien och inomhusklimat (obs. den redan existerande skyldigheten att förhandsgranska konstruktionsplaner). På krävande byggen, så som arbetsplatser och offentliga nybyggen och renoveringar, ska finnas en specialutbildad arbetsledare med ansvar för fukt- och hygienhantering (jfr arbetsledaren för krävande betonggjutning som ska trygga den fysiska säkerheten).

Undersökning och reparation av fukt- och mögelskador

Samarbetet mellan primärvården och den kommunala hälso- och miljötillsynen bör stärkas för att fukt- och mögelskador ska upptäckas i god tid. De som företer symtom i lokalerna bör undersökas samtidigt som själva byggnaden. I kommunerna bör tillsättas inomhusmiljögrupper. De behöver stöd för att omedelbart kunna sätta in åtgärder mot fukt- och mögelproblem särskilt i skolor, daghem och vård- och omsorgslokaler.

Samarbetet mellan de kommunala myndigheterna och verksamhetsställena (t.ex. skolor, daghem, social- och omsorgslokaler) kring hanteringen av inomhusmiljöproblem

bör intensifieras. Ansvariga instanser (hälso- och miljötillsynen, skolhälsovården, företagshälsovården, arbetarskyddet) måste fås att samverka mer. Informationen mellan olika aktörer måste bli bättre.

Experter och andra aktörer måste få bättre kompetens

En plan för kompetensutbildning bör upprättas genast och undervisningen inledas med det snaraste. Det bör föreskrivas om behörig kompetensen i en förordning.

Markanvändnings- och bygglagen utgår från att den som startar ett byggprojekt svarar för att byggnaden blir hälsosam och säker. Den som ger sig in i projektet ska ha förutsättningar att genomföra det och bör anlita yrkesskicklig arbetskraft. Lagen lägger byggansvaret på byggherren, inte på planeraren eller byggaren. Om det förekommer fel i projektdokumentationen är det beställaren som ansvarar i slutändan. För att kunna vara tillfreds med slutresultatet behöver beställaren vara mycket väl insatt i byggrelaterade frågor. Huvudplanerarens och byggtreprenörernas ansvar för slutresultatet måste bli större och lagen bör se till att ansvaret inte bara vilar på beställaren utan också på planerings- och byggproffsen.

Forskning och bevakning

Det behövs fortsatt forskning kring orsakerna och uppkomstmekanismen bakom symtom och sjukdomar. I framtiden måste forskningen koncentreras framför allt på människors organreaktioner, för endast den vägen kan man fastställa olika sjukdomar och ta fram diagnosverktyg och behandlingar för dem.

Det behövs mer forskning kring fuktskadade byggnader, inomhusmiljö kvalitet och byggteknik. Tillförlitliga och validerade metoder måste finnas att tillgå. Tolkningen och slutsatserna av de resultat dessa genererar är den viktigaste biten i forskningen. Undersökningarna spelar en stor roll för dem som vistas i lokalerna och konklusionerna kan ha mycket stor ekonomisk signifikans. Forskningsrutinerna behöver utvecklas och tjänsteleverantörernas kvalifikationer och standard övervakas. Forskarna måste vara kompetenta för sitt uppdrag och i förekommande fall kunna uppvisa bevis på det. Det måste övervakas att kompetensen håller för dagens krav. För att snabbt få ordning på situationen behövs det en plan som upprättas under ledning av miljöministeriet och social- och hälsovårdsministeriet och med konsultation av undervisnings- och kulturministeriet.

Summary

As long ago as the early 1990s, damp and mould damage was recognised in Finland as a significant problem in the interiors of buildings, one with harmful effects on health. Both deterioration of the condition of buildings and, above all, the symptoms and illnesses caused to their occupants result in significant costs. The key construction-techniques-related causes of damp damage are known, but an ability to prevent or redress them correctly is still lacking. After a problem has manifested itself, the health problems are not tackled effectively enough and adequate operational models and tools are not available. Thus problems grow to the point where they become crises that even paralyse work communities. The problems of individual residents are not of more minor gravity; on the contrary, also they require that problems be quickly tackled. Inadequate knowledge about the health-related significance of damp and mould problems, the causes of symptoms and the mechanisms through which illnesses are triggered make it significantly more difficult to examine and treat patients.

The Eduskunta launched a study of damp and mould problems and chose the National Institute for Health and Welfare to conduct it. The objective of the study, to be conducted by a multidisciplinary group of experts, was

1. to evaluate how widespread significant damp and mould damage is in residential and workplace buildings, including schools, kindergartens and other premises used by social and health services in Finland,
2. to study the health-related significance of damp and mould damage in the light of existing knowledge and determine the measures that this requires in order to develop operational methods in health care,
3. to estimate the economic importance of damp and mould damage, and
4. to recommend the most central follow-up measures relating to new and necessary subjects of study, administrative steps and promoting training functions.

For the report, the National Institute for Health and Welfare experts gathered the most up-to-date information on damp and mould damage and focused their research on the most acute adverse aspects, solving which can substantially improve management of damp and mould problems in the future.

Causes of symptoms still not being recognised sufficiently well

The health-related significance of damp and mould damage has been very slow to come into clear focus. Symptoms were initially thought to be caused by microbial growths in structures and materials and the microbial genera and species in them. For this reason, assessment of exposure to microbes was a routine measure when patients were examined. Over time, it was found that there was no clear linkage between mould fungi and bacteria in interior air and materials or micro-antibody results and symptoms and illnesses.

Several studies indicated that asthma would appear to be an illness associated with damp- and mould-damaged buildings. It is still not known what causes asthma in these buildings. Since the mechanisms of the immediate allergy do not generally explain the symptoms, IgE antibody determination or spot tests on the skin with microbe essences are not usually of help in verifying a diagnosis. In spite of the problems associated with the practices of studying occupational asthma, more than 300 cases or suspected cases are reported in Finland each year. About 50 cases of cold symptoms with an occupational cause are recorded, and a few cases of lung illnesses caused by mould dust. Occupational diseases are only a fraction of all damp damage-related illnesses in Finland.

What is significant damp and mould damage?

Defining damp and mould damage as significant is not based solely on a technical examination, but must also include an appraisal of the probability of exposure so that the health dimension is included in the calculation. Significant damp and mould damage can be defined as being a structural defect that is in and of itself more than minor, and as a consequence of which harmful exposure to chemical, physical and biological (including of microbial origin) impurities emanating from damp-damaged structures and materials is probable. On the basis of the defect identified, the need for repair can be assessed as urgent in order to reduce or eliminate exposure.

Harmful exposure can be regarded as probable when damp and mould damage is visible on interior surfaces in the building, microbial growth is discovered in materials or surrounding structures, an exceptional exposure factor has been identified in air or dust samples, the air pressure in a space is clearly below normal or air can flow between a damaged space or structure and a working area.

How common is significant damp and mould damage in buildings?

The Finnish building stock consists of about 1.45 million units, of which 85% are residential and 15% other buildings. In terms of floor space, the building stock contains about 434 million square metres, of which 274 million, or 63%, is in residential buildings and 160 million, or 37%, in other buildings.

We estimate that the prevalence of significant damp and mould damage is 7–10% of the floor area in small and row houses, 6–9% in multi-storey apartment blocks, 12–18% in schools and kindergartens, 20–26% in care institutions and 2.5–5% in offices. 221,000–443,000 people live and work in significantly damaged small and row houses and 103,000–154,000 in multi-storey blocks. The corresponding figures for schools and kindergartens are 172,000–259,200, care institutions 36,000–46,800 and offices 27,500–55,000.

Most common causes of damp and mould damage

The most typical causes in the background to damp damage are design solutions that contain risks, shortcomings in damp management on the building site, errors in site execution and negligent maintenance as well as natural wear and tear of and damage to structures over their life span. In particular the approaching end of a building's use seems to lead to interior air problems, of which the most significant from the perspective of health is damp and mould damage.

Harmful factors in interior air

Problems in the air in buildings are common. The harm in cases of damp damage is rarely limited to damp damage microbes, their metabolic products or chemical compounds released from materials being found in interior air. Examples of other common harmful effects are dry interior air, stuffiness, dust, tobacco smoke and industrial fibres.

Mould and yeast as well as bacteria (e.g. actinomycetes or actinobacteria) and their metabolic products can be found in the air within damp-damaged buildings and on surfaces and damaged materials. The concentrations and species of microbes that interior air samples contain are a measure of the quality of the interior air and the degree of exposure. The standard and reference values for microbes in interior air as well as information about microbial species are used as aids in identifying unusual microbial sources in interior air. It is not possible with the aid of standard and reference values to draw conclusions about the health effects of interior air.

The health-related significance of damp and mould damage

Structures becoming damp and accumulation of microbes on their surfaces can lead to impurities being propagated from the damaged structures and their microbial growths into the air within a room. They find their way into eyes, onto the skin and into the respiratory tract; in other words, people are exposed to them.

When they enter the human body, chemical compounds and parts of microbes can in certain concentrations cause irritation of the conjunctiva and respiratory tract mucous membranes, but an immunological inflammatory response is also possible. Although the matter has been researched for two decades, it is still not known how symptoms and illness develop on the cellular level in situations of damp damage.

There is a chronological link between damp and mould damage and exacerbation of asthma, the onset of new cases of asthma, infections of the respiratory tract and respiratory tract symptoms. Although the evidence is only indicative, it is probable that exposure to damp damage microbes, other microbiological factors or chemical compounds can be a significant cause of symptoms. In addition, prevention of damp and mould damage and repairing buildings seem to lessen the risk of those who use the spaces falling ill.

Epidemiological studies indicate that with damp and mould damage the risk of coughs is increased 1.5 times, of wheezing 1.4 times and of upper respiratory tract symptoms 1.7 times. The risk of children contracting asthma would appear to depend on how significant the damp damage in the building is; in other words, it is 2.8–4 times greater depending on the degree of severity of the damp damage.

The risk of asthma worsening has increased 1.7–2.6 times in retrospective studies and 1–4.2 times in cross-sectional studies. The risk of asthma worsening is higher with children than with adults. The risk of bronchitis has increased 1.45 times and of respiratory infections 1.44 times. Studies conducted in European countries indicated that visible mould increased the risk of children contracting bronchitis 1.38 times.

There is sufficient research-based evidence of a link between the onset and worsening of asthma, cold symptoms, bronchitis and allergic alveolitis ("farmer's lung") and damp and mould damage. With respect to other illnesses, sufficient evidence has still not been presented.

Economic significance

The building stock is a significant part of Finland's national wealth. In 2010 the national wealth amounted to €775 billion, of which residential buildings accounted for €217 billion (28%) and other buildings €132 billion (17%). The proportion of residential buildings with significant damp and mould damage is estimated at 7–10% in small and row houses and at 6–9% in multi-storey blocks. Adjusted to floor area, it can be said that in the range 6–10% of our national wealth, i.e. €13–28.2 billion is affected by significant damp and mould damage. Some 12–26% of the floor space in educational and care buildings is estimated to be affected by significant damp and mould damage. The proportion is smaller in office buildings, i.e. 2.5–5% of the floor area. Adjusted directly relative to national wealth, the aforementioned floor area would correspond to a sum of the order of magnitude of €3.3–34.3 billion.

Figures from Statistics Finland show that a total of €9.57 billion was spent on repairing buildings in 2010, with residential buildings accounting for €6.35 billion (66%) and other buildings for € 3.22 billion (34%). The repair costs caused by significant damp damage total €1.2–1.6 billion. This is 0.3–0.4% of the total value of the building stock and 5.6–7.5% of the annual value of building construction. Within the State administration, the annual amount sanctioned for basic renovation of public buildings has been about €50 million in recent years, and about €1 million for repairing damp and mould damage in residential buildings. Since 2005, the Ministry of Social Affairs and Health's project funding has been assigned to repair damp and mould damage. An allocation of €58 million for repairing mould-infested schools was proposed in the 2013 State budget.

The level of health-related costs arising from damp and mould damage is €23–953 million, which includes the costs caused by symptoms, illnesses, examining them, loss of work capacity and lower work productivity. On the basis of the estimated figures, the conclusion can be drawn that the annual cost of setting additional demands for building must not exceed one billion euro, because then the costs would outweigh the maximum benefits. Another conclusion that can be drawn from the figures is that a constant additional annual input of €50 million would be worthwhile, if it reduced damp and mould problems by 10% from their present level. On the other hand, a one-off input of even billions could be worthwhile if with its aid permanent reductions of the health effects that buildings cause. Also an input of 1.5 billion to repair the existing significantly damp- and mould-damaged buildings would pay itself back in three years as a benefit to the national economy.

Proposals for measures

Prevention of damp and mould damage

Management of damp and mould problems calls for legislative measures and, for example, amendments to the Land Use and Building Act. It is essential that the need for legislation be appraised urgently, for example by a working group appointed by the Audit Committee of the Eduskunta.

Where responsibility for life-cycle guidance of buildings is vested on the regional and municipal level is now unclear. For this purpose, there is cause to consider the establishment of a new building agency, the task of which would be to interpret the Land Use and Building Act and building sector provisions in cooperation with building inspectors as well as to guide the maintenance of properties. In addition, it is proposed that posts be created within the Centres for Economic Development, Transport and the Environment (ELY centres) for special experts to guide and advise municipalities on matters relating to interior air.

We recommend that the owners of properties (municipalities, enterprises and housing companies) be given a statutory requirement to save a certain part of a building's acquisition cost each year for forecasting maintenance costs and functional alterations.

In accordance with anticipatory action, municipal and State grants must be channelled into especially preventive and anticipatory property management. When the funds allocated for maintenance have been under-dimensioned for years, the repair arrears grow and problems manifest themselves in the form of symptoms and loss of health. State grant systems must not support parties that have neglected their obligation to carry out repairs and repeatedly postponed basic renovations; instead, grants should be an incentive to ensure implementation of repair projects that are timely from the perspective of the building's life span. Support systems must be an incentive to ensure that problems are avoided when repairs are carried out in the correct phase of a building's life span.

An advance inspection obligation must be required when applying for a building permit for objects that are demanding with regard to management of damp and cleanliness as well as interior air conditions (viz. An advance inspection obligation for building plans is already in use). On demanding building sites such as workplaces and public newbuilding and repair projects, there will have to be a specially trained foreman responsible for managing damp and cleanliness (viz. a foreman for demanding concrete casting to ensure the safety of workers).

Studying and redressing damp and mould problems

Cooperation between basic health care and municipal health supervision must be made more effective so that damp and mould damage in buildings is identified as quickly as possible and investigation of the symptoms displayed by persons in them takes place at the same time as the buildings are examined. Interior air groups, whose activities should be promoted to enable them to launch immediate measures to deal with damp and mould problems in especially schools, kindergartens and social services and health care premises, must be created in municipalities.

Cooperation between municipal authorities and workplaces (e.g. schools, kindergartens, social services and health care offices) in managing interior air problems must be improved. The responsible bodies (health supervision, school health care, occupational health, labour protection) must be made to work more closely with each other. Communications between the different bodies must be developed.

Developing the competence of experts and other actors

A qualifications training plan must be drafted urgently and training commenced as quickly as possible. Regulations on the competence in question must be issued in a Decree.

An *a priori* requirement in the Land Use and Building Act is that the party undertaking a construction project is responsible for ensuring that the building is healthy and safe. The party undertaking the project must have the resources to implement it, and must use competent labour. In the Act, responsibility for building has been placed on the shoulders of the building client, not the designers or builders. If there is an error in the project documents, the client is responsible for the final result. Indeed, in order to get a good final result, the client should have a very good knowledge of matters relating to building. The principal designer's and the building contractors' responsibility for the final result must be increased, and the Act should be oriented towards responsibility being transferred from the client also to planning and building professionals.

Research and monitoring relating to damp and mould damage

Research must continue in order to ascertain the causes and genesis mechanisms of the agents that cause symptoms and illnesses. From now on there must be an emphasis on especially researching people's somatic responses, because only through this can illnesses be defined and their diagnosis and treatment developed.

Research focusing on damp-damaged buildings as well as interior air quality and construction techniques must be further developed. We must have in place dependable and validated methods, and the most important part of research must concentrate on the interpretation and conclusions of results achieved through them. Inspections are important from the perspective of people who use premises, and conclusions can be very important in the financial sense. Research practices must be developed and the competence and quality of service providers must be monitored. Competence, which must be demonstrated if necessary, must be required of researchers, and how abreast they are with developments in their field must be monitored. For this, a plan to swiftly redress the situation must be drafted under the leadership of the Ministry of the Environment and the Ministry of Social Affairs and Health and in consultation with the Ministry of Education and Culture.

Määritelmiä

Altistuminen: Tilanne, jossa sisäympäristössä oleva tekijä (fysikaalinen, biologinen tai kemiallinen) joutuu kosketukseen ihmisen kanssa. Em. tekijän hengittäminen, nieleminen, kosketus silmiin tai iholle ovat altistumista. Altistuminen ei tarkoita sairastumista, mutta voi johtaa siihen.

Haitallista altistumista voidaan pitää todennäköisenä, kun rakennuksessa näkyy kosteus- ja homevaurioita sisäpinnoilla, mikrobikasvua todetaan materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa, poikkeavaa altistetta on todettu ilma- tai pölynäytteissä, tilat ovat selvästi alipaineisia tai ilmayhteys on vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta työskentelytilaan.

Home: Puhekielessä homeella kosteus- ja homevaurioissa tarkoitetaan home- ja hiivasieniä ja tiettyjä bakteereita, jotka kasvavat kastuneissa materiaaleissa.

Kosteusvaurio: Liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuva materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittyminen tai ominaisuuksien muuttuminen siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa.

Kosteus- ja homevaurio: Kosteusvaurio, jossa todetaan home- ja hiivasieni ja/tai bakteerikasvustoja.

Kuntoarvio: Kuntoarviossa selvitetään kiinteistön tilojen, rakennusosien, taloteknisten järjestelmien ja ulkoalueiden kunto aistinvaraisesti, arvioidaan kiinteistön korjaustarvetta ja laaditaan pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma. Kuntoarviossa tarkastellaan myös sisäolosuhteita ja energiataloutta. Kuntoarvio päivitetään tai uusitaan viiden vuoden välein.

Kuntotutkimus: Kuntotutkimus on rakennuksen, rakennelman tai kiinteistöön kuuluvien järjestelmien kokonaisvaltainen tutkimus elinkaaren vaiheen tai korjaustarpeen määrittämiseksi. Kuntotutkimuksessa voidaan käyttää rakenteita rikkovia menetelmiä kuten rakenneavauksia, vaurioiden tai turmeltumisen laajuuden ja syiden täsmentämiseksi. Kuntotutkimuksia voidaan tehdä rakenteisiin, vesi- ja viemärijärjestelmiin, ilmanvaihtojärjestelmiin, sisäilmastoon ja kosteus- ja homevaurioituneisiin rakenteisiin. Kuntotutkimuksen tuloksia käytetään muun muassa korjausten laajuuden, korjaustavan ja kustannusten määrittelyyn.

Merkittävä kosteus- ja homevaurio: Sellainen vähäistä laajempi rakenteellinen vika, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologiselle (mm. mikrobiperäisille) epäpuhauksille on todennäköistä, minkä perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi.

Mikrobivaurio: Mikrobivaurio tarkoittaa bakteereiden, home- ja hiivasienten tai lahottajien haitallista esiintymistä rakennuksessa.

Ohjearvo: Viranomaisten antamat ohjearvot (esim. STM:n asumisterveysohje) määrittävät eri tekijöiden määrää tai pitoisuutta sisäilmassa, jota ei tule ylittää.

Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma (PTS): Suunnitelmassa esitetään kiinteistön korjauksille karkea kustannusarvio ja ajoitus sekä tarvittaessa vaihtoehtoisia korjaustapoja kiinteistön kunnossapidolle. PTS:n tarkastelujakso on yleensä 5-10 vuotta. Esitetty kustannusarvio toimii budjetoinnin lähtötietona.

Rakennuksen sijainnillinen elinkaari: Rakennus on vanhentunut sijainnillisesti silloin, kun käyttötarkoituksen muutos entistä tuottavampaan toimintaan ei ole kannattavaa tai rakennus jää tyhjilleen muuttoliikkeen vuoksi.

Rakennuksen taloudellinen elinkaari: Taloudellisen elinkaaren vanhentuminen seuraa joko tuottojen tai kulujen muutoksesta. Muutokseen vaikuttavat valitut rakennusmateriaalit, ja rakennusosien ja taloteknisten järjestelmien käyttöiät, kiinteistön hoidon ja kunnossapidon laatu ja suunnitelmallisuus, käyttäjän tarpeet ja niiden muuttuminen sekä muunneltavuuden ja muutettavuuden huomioon ottaminen.

Rakennuksen tekninen elinkaari: Tekninen elinkaari on rakennuksen rakenteiden käyttöikä rakenteen valmistuksesta sen purkamiseen asti. Yleensä rakenteiden tekninen käyttöikä on 40–60 vuotta. Käyttöikä voidaan pidentää suunnitelmallisella kunnossapidolla, jossa rakennusosia huolletaan ja osittain uusitaan. Rakennuksen tekninen käyttöikä jatkuu niin kauan kuin kunnossapidolla voidaan huolehtia rakennuksen kelpoisuuden säilymisestä. Kun rakennusosat alkavat turmeltua ja niiden toimivuus ei enää täytä vaatimuksia on tekninen käyttöikä loppu.

Rakennuksen toiminnallinen elinkaari: Toiminnallinen elinkaari on lopussa, kun käyttötarkoitus tai tilatarve muuttuu alkuperäisestä suunnitellusta käyttötarkoituksestaan tai

toiminta tiloissa loppuu kokonaan. Toiminnallista elinkaarta voidaan pidentää muutosrakentamisella siten, että rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitusta muutetaan rakennusosia ja järjestelmiä poistamalla ja uudelleen rakentamalla vastaamaan uutta käyttötarkoitusta.

Sisäilma: Rakenteiden rajaamalla alueella olevaa ilmaa.

Sisäilmaryhmä: Eri alojen asiantuntijoista ja tilan käyttäjien edustajista koostuva työryhmä, jonka tehtävänä kohteissa on suunnitella ja koordinoida sisäilmaongelmien ratkaisuprosessia sekä arvioida selvitysten tuloksia tarvittavine toimenpiteineen. Sisäilmaryhmä suunnittelee ja huolehtii myös prosessin aikana tapahtuvan viestinnän eri osapuolille. Lisäksi useissa kunnissa ja suurissa organisaatioissa on koordinoiva sisäilmaryhmä, jolla on yleensä etenkin ohjauksellisia tehtäviä, kuten selvitys- ja viestintäohjeiden laatimista ja kouluttamista sekä prosessien seuranta.

Sisäilmasto: Sisäilmaa laajempi käsite, jolla tarkoitetaan sisäilman ja lämpöolosuhteiden muodostamaa kokonaisuutta.

Sisäilmasto-ongelma: Terveyttä tai turvallisuutta vaarantava puute tai ongelma rakennuksessa tai sen osassa. Syynä voi olla esimerkiksi kosteus- ja homevaurio, vesivahinko, rakennusmateriaaleista aiheutuva kemiallinen päästö, orgaaninen pöly tai rakennusvirheestä, toiminnasta aiheutuva vika tai virheellinen ylläpito.

Sisäympäristö: Sisäilmastoa laajempi käsite, jolla tarkoitetaan sisäilmaston lisäksi valaistusta, ääniympäristöä ja ergonomisia tekijöitä. Sisäympäristö käsittää myös muita tekijöitä, jotka vaikuttavat sisäympäristöön, kuten käytettävyys, esteettömyys, turvallisuus ja psykososiaaliset näkökulmat sekä monet viihtyvyystekijät (esim. värit ja materiaalit). Sisäympäristössä ei ole teollista toimintaa, vaan sisäympäristöllä tarkoitetaan esim. toimistojen, koulujen, päiväkotien, muiden julkisten rakennusten ja asuntojen sisäympäristöä.

Tavoitetasot: Tavoitetasot ovat sisäilman laatua kuvaavia sisäympäristötekijöiden arvoja ja sisäilman epäpuhtauksien pitoisuuksia, joita rakentamisen suunnittelulla ja rakentamisella, talotekniikalla ja materiaalien valinnalla pyritään saavuttamaan.

Viitearvo: Sisäilman laatua arviotaessa viitearvolla tarkoitetaan yksittäisten tekijöiden (esim. kemialliset yhdisteet, fysikaaliset suureet, biologiset epäpuhtaudet) tutkimuksissa todettua (mitattua) määrää tai pitoisuutta sisäilmassa. Tarkastelu usein perustuu tutkimusaineiston tilastolliseen käsittelyyn. Viitearvo P50 kuvaa tavanomaista sisäilman laatutasoa ja viitearvo P90 kuvaa tasoa, jonka ylitys viittaa selvästi epätavanomaisen epäpuhtauslähteen olemassaoloon.

Johdanto

Eduskunnan tarkastusvaliokunta tilasi Työterveyslaitokselta tutkimushankkeen, jonka kohteena ovat rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Tutkimusta pyydettiin tilanteessa, jossa jo 1990-luvulta alkaen Suomessa ja kansainvälisesti on tutkittu rakennusten kosteusvaurioiden yleisyyttä, rakenteiden ja materiaalien vaurioitumista, kosteusvaurioihin liittyvää mikrobiologiaa, ihmisten oireilua ja sairastumista sekä ongelmien ratkaisemista.

Tämän tutkimuksen toteutti Työterveyslaitos ja työstä vastasivat Kari Reijula, Harri Alenius, Guy Ahonen, Rauno Holopainen, Sanna Lappalainen, Eero Palomäki, Marjut Reiman. Tutkimustyöhön osallistuivat lisäksi asiantuntijoina Olavi Holmijoki, Kirsi Karvala, Marina Leino, Anna-Liisa Pasanen, Tapani Tuomi ja Katja Tähtinen Työterveyslaitokselta.

Kosteus- ja homevauriot ovat yleisiä suomalaisissa rakennuksissa, mutta vaurioiden yleisyydestä eri rakennustyypeissä ei ole riittävän tarkkaa kokonaisnäkemystä. Mikrobikasvuston syntyminen kostuneisiin rakenteisiin on väistämätöntä, jos rakenteet eivät pääse kuivumaan. Ymmärrys rakennefysiikasta ja materiaalien kosteuskäyttäytymisestä on lisääntynyt ja kosteusvaurion ilmiötä aletaan ymmärtää jo paremmin. Rakennusten tutkimisen työmenetelmiä ja koulutusta alalla on viety eteenpäin, mutta osaavista asiantuntijoista on jatkuvasti pulaa. Sisäympäristön ja sisäilman tutkimusmenetelmiä on kehitetty tunnistamaan kosteusvauriot ja niihin liittyvät haitat.

Aihealue on kiinnostanut kahden viime vuosikymmenen aikana laajasti tutkijoita, kiinteistö- ja rakennusalaa ja kansalaisia. Poikkeuksellisen suuri tiedotusvälineiden kiinnostus on varmistanut, että aihe on ollut esillä valtakunnallisesti vuodesta toiseen.

Mille tai kenelle kosteus- ja homevaurio on ongelma? Tarkastusvaliokunnan tutkimustilaus kohdisti toimeksiannon rakennusten kosteus- ja homeongelmiin. Itse rakennuksellekin kosteusvaurio on toki ongelma, mutta asian julkisuus ja samalla vakavuus on syntynyt siitä, että kosteus- ja homevaurio on liitetty tilan käyttäjien terveyteen. Tämäkin tutkimus osoittaa, että eniten selvitystyötä on tehty kosteusvauriorakennusten sisäilman laadusta, erityisesti mikrobeista, ja rakennusteknisistä aiheista, mutta selvästi vähemmän potilas-tutkimuksia kosteus- ja homevaurion terveysvaikutuksista ihmiselle. Osin tämän vuoksi avoimeksi on jäänyt perimmäinen kysymys siitä, mitä oireita ja sairauksia kosteus- ja homevaurioihin liittyy ja mitkä tekijät niitä aiheuttavat.

Väestön kannalta ongelma tulee ensisijaisesti siitä, että kosteus- ja homevaurioihin on liittynyt tilojen käyttäjien oireilu ja sairastuminen. Tuskin kosteusvauriot olisivat näin suuri kansallinen ongelma, ellei niihin liittyisi kohonnut terveystarve. Taloudelliset vaikutukset voivat olla huomattavan suuria rakennusten kosteus- ja homevaurioissa, kun tilan käyttäjät oireilevat, sairastuvat ja menettävät työ- ja toimintakykynsä.

Tässä tutkimushankkeessa huomio kohdistuu kosteus- ja homevaurioihin asuinrakennuksissa, ei-teollisten työpaikkojen rakennuksissa mukaan lukien koulut, päiväkodit, sairaalat ja muut sosiaali- ja terveydenhuollon toimitilat sekä vapaa-ajan tiloissa.

Arviot rakennusten kosteusvaurioiden yleisyydestä vaihtelevat paljon niin Suomessa kuin kansainvälisestikin. Puhuttaessa kosteus- ja homeongelman yleisyydestä on oleellista aluksi määrittellä, mitä kosteus- ja homevauriolla tarkoitetaan ja milloin vaurio on ”merkittävä” tilan käyttäjien terveyden kannalta. Vähäisiä (pistemäisiä, yksittäisiä, lyhytkestoisia) kosteusvaurioita löytyy melkein kaikista rakennuksista. Merkittävän kosteus- ja homevaurion määrittelyn jälkeen ongelman hahmottaminen on täsmällisempää, jolloin terveydellisen ja taloudellisen merkityksen tuloskin on oletettavasti luotettavampi ja kattavampi kuin tähän saakka on esitetty.

Kosteus- ja homevaurioiden terveydellistä merkitystä ei tähän mennessä ole onnistuttu arvioimaan vielä riittävällä tarkkuudella, koska oleellisin on puuttunut. Vieläkään ei tiedetä, mikä tai mitkä tekijät kosteus- ja homevaurioissa aiheuttavat oireita ja sairastumisen. Ei myöskään varmuudella tiedetä, mitkä oireet liittyvät juuri kosteus- ja homevaurioihin eikä muihin sisäilmasta johtuviin hyvin yleisesti esiintyviin oireisiin. Nämä kaikki edellä vaikuttavat siihen, että kosteus- ja homeongelmien terveydellisten vaikutusten taloudellinen arviointi on ollut vaikeaa.

Tässä tutkimuksessa määritetään merkittävä kosteus- ja homevaurio ja sen esiintyvyys rakennuksissa. Samalla arvioidaan tutkimustietoon pohjaten, mitä kosteus- ja homevaurioiden terveydellisestä merkityksestä tiedetään ja mitä ei. Kun merkittävän kosteus- ja homevaurion laajuus rakennuksissa hahmottuu, voidaan arvioida sen terveydellinen merkitys tilan käyttäjien terveydelle. Näiden perusteella myös tarkastellaan kosteus- ja homevaurioiden taloudellisia vaikutuksia uudis- ja korjausrakentamiseen sekä terveydellisiin kysymyksiin. Raportissa esitetään toimenpiteitä rakennusten kosteus- ja homevaurioiden ehkäisemiseksi, olemassa olevien vauriorakennusten korjaamisen vauhdittamiseksi sekä ilmiöön liittyvän tilanteen parantamiseksi.

Tutkimuksen tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli moniammatillisessa asiantuntijaryhmässä

1. arvioida merkittävien kosteus- ja homevaurioiden yleisyys asuin- ja työpaikka-rakennuksissa mukaan lukien koulut, päiväkodit ja muut sosiaali- ja terveydenhuollon toimitilat Suomessa. Merkittävällä kosteus- ja homevauriolla tarkoitetaan tässä sellaista kosteusvauriota, jolla voi olla haitallinen vaikutus tilan käyttäjien terveyteen.
2. selvittää kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys nykytiedon valossa ja siitä johtuvat toimenpiteet terveydenhuollon toimintatapojen kehittämiseksi.
3. arvioida kosteus- ja homevaurioiden taloudellinen merkitys
4. esittää keskeisimmät jatkotoimenpiteet
 - uusiksi tarvittaviksi tutkimuskohteiksi
 - hallinnollisiksi toimenpiteiksi
 - koulutustoimien edistämiseksi.

1 Kosteus- ja homevauriotarkastelun lähtökohdat

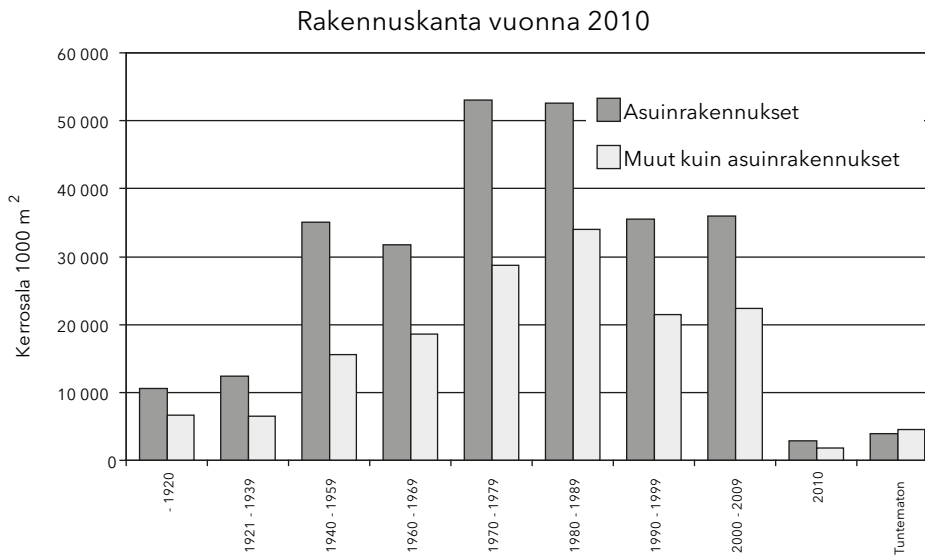
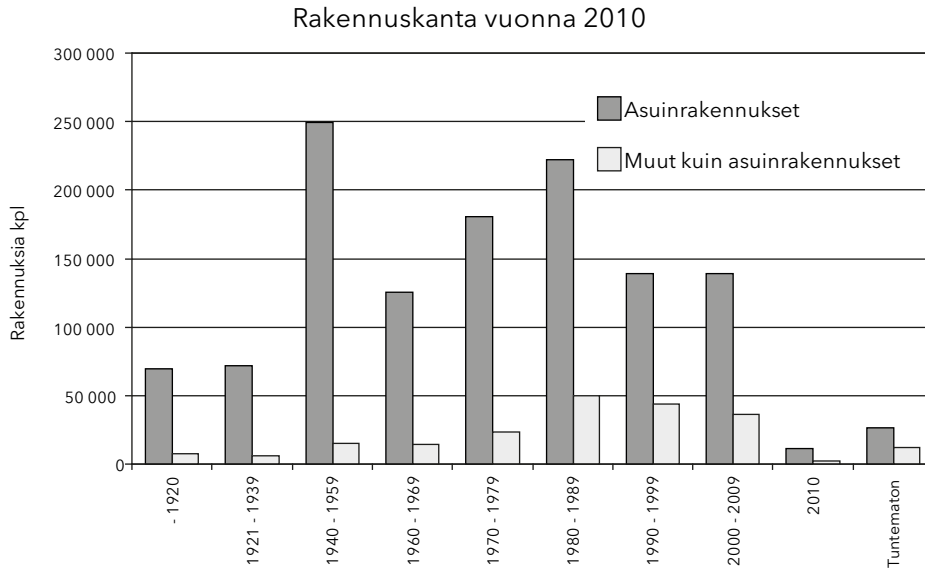
Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden ja samalla myös korjausrakentamisen tarkastelussa lähtökohtana ovat vuoden 2010 rakennus- ja asuntokanta sekä asuntoväestö. Aluksi määritetään rakennuskannan arvo sekä rakennusten määrä, käyttötarkoitus, ikä ja omistajat. Väestöennusteiden avulla arvioidaan väestön rakenteellisten muutosten ja väestön määrän muutosten heijastusvaikutuksia rakennuskannan muutoksiin niin korjaus- kuin uudisrakentamisessa. Selvityksessä on hyödynnetty ensisijaisesti Tilastokeskuksen tuottamaa tilastoaineistoa. Rakennusten käyttötarkoituksen mukainen luokitus perustuu kansalliseen luokitusstandardiin Rakennusluokitus 1994.

1.1 Rakennuskanta

Rakennuskanta on merkittävä osa Suomen kansanvarallisuutta. **Kansanvarallisuus oli vuonna 2010 yhteensä 775 mrd. €, josta asuinrakennukset olivat 217 mrd. € (28 %) ja muut talonrakennukset olivat 132 mrd. € (17 %).** Loput kansanvarallisuudesta oli maa- ja vesirakenteita (10 %), rakennettuja maa-alueita (21 %), metsää (10 %), koneita, laitteita, kuljetusvälineitä (9 %) sekä ohjelmistoja, varastoja ja muuta varallisuutta (5 %).

Suomen rakennuskanta oli vuonna 2010 yhteensä 1,45 milj. rakennusta (taulukko 1), josta asuinrakennuksia oli 85 % ja muita kuin asuinrakennuksia 15 %. Kerrosalalla ilmaistuna rakennuskanta oli 434 milj. m², tästä 274 milj. m² eli 63 % asuinrakennuksissa ja 160 milj. m² eli 37 % muissa kuin asuinrakennuksissa. Edellä mainitut luvut eivät sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eivätkä maatalouden tuotantorakennuksia.

Kuvassa 1 esitetään koko maan rakennuskanta rakennusvuosiluokittain. Eri vuosiluokissa muiden kuin asuinrakennusten kerrosala vaihtelee välillä 44-65 % asuinrakennusten kerrosalasta. **Huippuvuosina 1970-1989 rakennettu rakennuskanta edustaa 40 % koko kerrosalasta.** Tämä rakennuskanta on 20-40 vuoden iässä ja tarvetta korjausrakentamiseen on pelkästään rakennusteknisen vanhenemisen perusteella. Vanhempaa vuosina 1940-1969 rakennettua kerrosalaa on 24 %. Vanhinta, ennen vuotta 1940 rakennettua rakennuskantaa on vain 9 % kerrosalasta ja nuorinta vuonna 1990 tai sen jälkeen rakennettuja rakennuksia 28 % kerrosalasta.



Kuva 1. Rakennusten ikä. Asuinrakennusten ja muiden kuin asuinrakennusten lukumäärät ja kerrosalat rakennusvuosiluokittain vuonna 2010. Ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eikä maatalouden tuotantorakennuksia. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Taulukko 1. Rakennuskanta vuonna 2010. Ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eikä maatalouden tuotantorakennuksia. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Rakennuksia		Kerrosala		
	kpl	%	1 000 m ²	%	m ² /rakennus
Kaikki rakennukset	1 446 096	100,0	434 280	100,0	300
Asuinrakennukset	1 234 602	85,4	274 024	63,1	222
A1 Erilliset pientalot	1 101 707	76,2	151 859	35,0	138
A2 Rivi- ja ketjutilat	76 241	5,3	32 454	7,5	426
A3 Asuinkerrostalot	56 654	3,9	89 711	20,7	1 583
Muut kuin asuinrakennukset	211 494	14,6	160 256	36,9	758
C Liikerakennukset	41 961	2,9	26 744	6,2	637
D Toimistorakennukset	10 835	0,7	18 758	4,3	1 731
E Liikenteen rakennukset	54 716	3,8	11 700	2,7	214
F Hoitoalan rakennukset	8 058	0,6	10 521	2,4	1 306
G Kokoontumisrakennukset	13 509	0,9	8 800	2,0	651
H Opetusrakennukset	8 903	0,6	17 601	4,1	1 977
J Teollisuusrakennukset	40 629	2,8	46 105	10,6	1 135
K Varastorakennukset	27 170	1,9	18 093	4,2	666
L,N Muut rakennukset	5 713	0,4	1 933	0,4	338

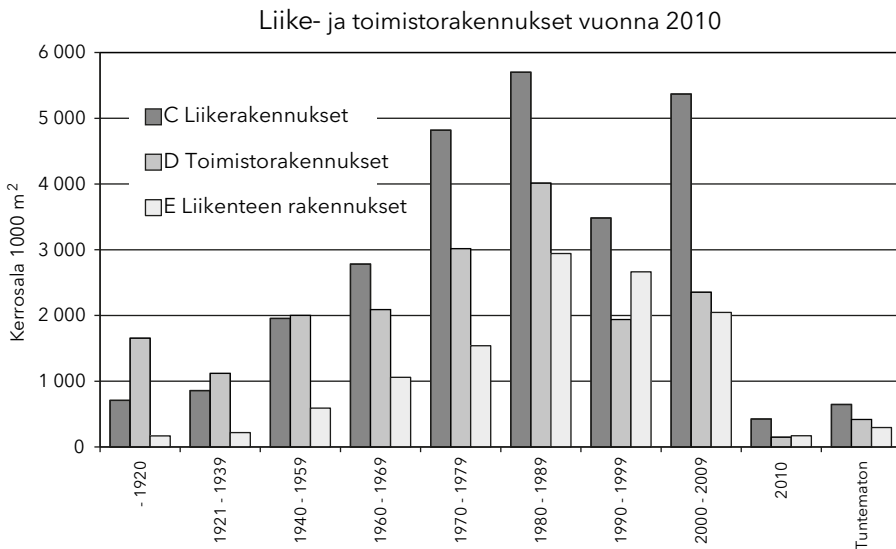
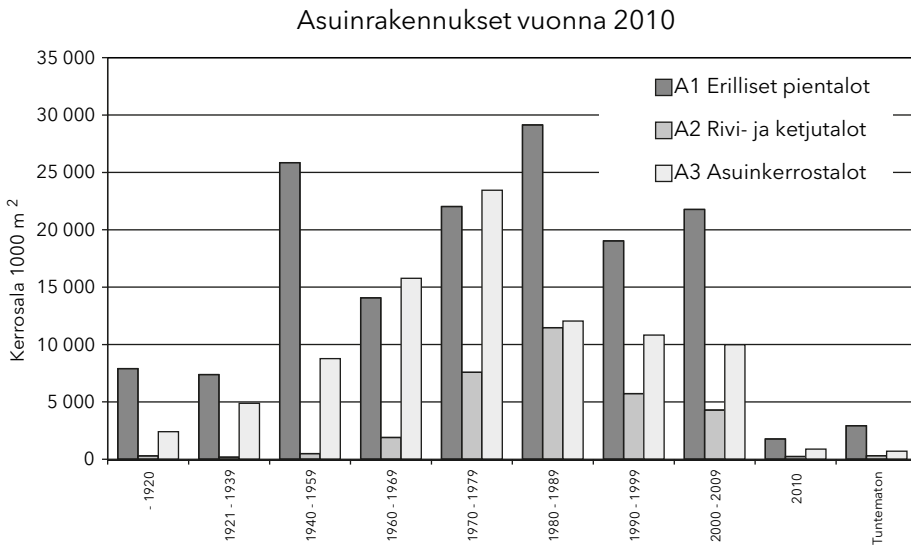
Kuvassa 2 ja liitteen 1 taulukossa 1a on esitetty rakennuskannan ikä rakennusluokittain. Asuinrakennusten ja muiden rakennusten keskimääräinen ikäjakauma on melko samanlainen. Nuorin rakentamisvuosiluokka sisältää vain vuoden 2010 uudistuotannon, joten ko. vuosiluokan luvut kertovat suoraan uudisrakentamisen vuotuisen osuuden suhteessa rakennusluokan koko kerrosalaan.

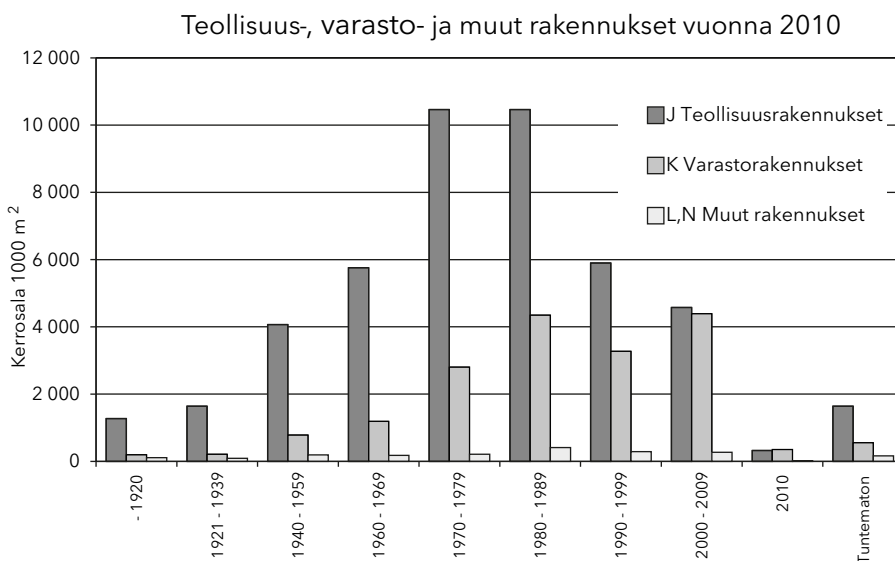
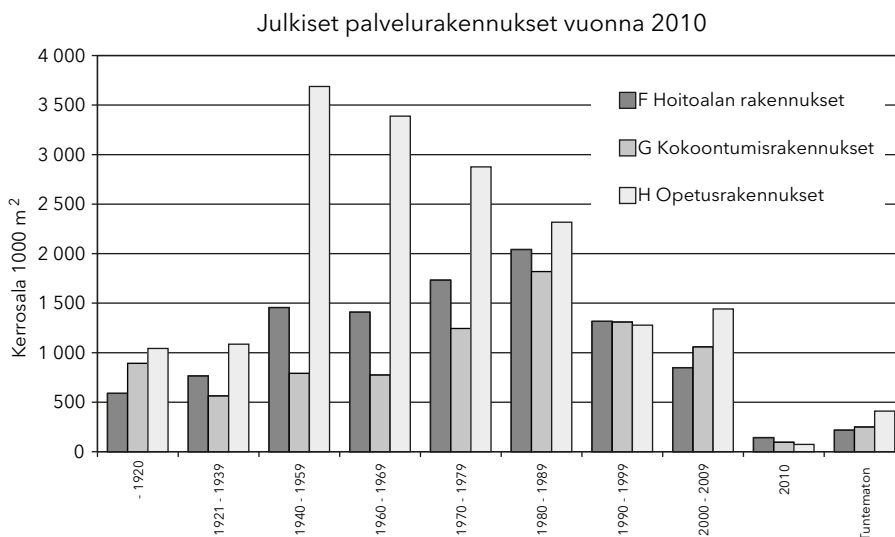
Asuinrakennuksista omakotitalot on ylivoimaisesti suurin rakennusluokka lukumääräisesti. 1950-luvun voimakas omakotirakentaminen näkyy ikäluokan 1940-1959 suurena osuutena (17 %). Uudisrakentaminen vuonna 2010 kasvatti omakotitalojen kerrosalaa 1,1 %:lla. Rivitalot ovat suhteellisen uusi ilmiö Suomen rakennuskannassa. Yleistyminen alkoi 1970-luvulla. Asuinkerrostalojen laajamittaisempi rakentaminen alkoi 1950-luvulla ja saavutti huippunsa 1980-luvulla.

Opetusrakennukset ovat suhteellisen vanhaa rakennuskantaa, 19 % kerrosalasta on rakennettu vuosina 1960–1969 ja 21 % vuosina 1940-1959. Hoitoalan rakennuksista 49 % on rakennettu aikavälillä 1960-1989. Kokoontumisrakennukset sisältävät vanhoja arvorakennuksia, kuten kirkkoja, ja tämä näkyy vanhimman ikäluokan tavallista suurempana osuutena.

Rakennuskannan kerrosneliöistä yksityiset henkilöt omistivat vuonna 2010 yhteensä 36 % ja asunto-osakeyhtiöt 23 %. **Asunto-osakeyhtiöiden osakkeet ovat pääsääntöisesti yksityisten henkilöiden omistuksessa, joten käytännössä yksityiset henkilöt hallinnoivat noin 59 % kerrosneliöistä.** Yritykset omistivat 14 % ja kiinteistöosakeyhtiöt 12 % rakennuskannasta. **Valtio ja kunta omistivat suoraan tai välillisesti 11 % rakennuskannasta.**

Rakennuskannan omistus vuonna 2010 rakennustyypeittäin on tarkemmin liitteen 1 taulukossa 1b. Kussakin rakennustyyppissä kahden suurimman omistajan osuus on yli 50 % rakennustyyppin koko kerrosalasta.





Kuva 2. Rakennusten kerrosala rakennusluokittain ja rakennusvuosiluokittain vuonna 2010. Voimakas perusparannustuotanto 1980-luvulla vaikuttaa jonkin verran luokan 1980-1989 suuruuteen. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Rakennuskanta on alueellisesti keskittynyt Uudellemaalle (Liite1.Taulukko 2 ja kuva 1). Koko maan rakennuksista 17 % ja kerrosalasta 26 % on Uudellamaalla. Uudenmaan rakennuskannasta merkittävä osa on keskittynyt pääkaupunkiseudulle. Vastaava ilmiö, suuren kasvukeskuksen vetovoima, on Varsinais-Suomen, Pirkanmaan ja Pohjois-Pohjanmaan maakunnissa.

Vapaa-ajan asuinrakennuksia oli vuonna 2010 yhteensä 0,49 miljoonaa. Kesämökkejä on 45 % omakotitalojen määrästä. Alueellisesti eniten kesämökkejä on Varsinais-Suomessa, Etelä-Savossa ja Pirkanmaalla. Etelä-Savossa kesämökkejä on lähes yhtä paljon kuin asuinrakennuksia.

1.2 Asuntokanta ja asuntoväestö

Suomen asuntokanta oli vuonna 2010 yhteensä 2,81 milj. asuntoa, josta omakotitaloissa 1,14 milj. kpl, rivitaloissa 0,38 milj. ja asuinkerrostaloissa 1,23 milj. kpl (Liite1. Taulukko 3). Omakotitalo on tavallisesti yhden asunnon rakennus. Yhdessä rivitalorakennuksessa on keskimäärin 5 asuntoa ja yhdessä asuinkerrostalorakennuksessa keskimäärin 22 asuntoa.

Nykyisistä asuinrakennuksista rakennettiin 1970- ja 1980-luvuilla yhteensä yli miljoona asuntoa. Vuonna 2010 uudistuotanto oli 25 000 asuntoa. Asunnon kerrosala sisältää asuineliöiden lisäksi muut kerrosalaan luettavat tilat. Asuntokannasta vakinaisesti asuttuja oli 90,4 % ja ei-vakinaisesti 9,6 %.

Asuntokuntia oli 2,54 milj. kpl, joissa asui 5,26 milj. asukasta (Liite1. Taulukko 4). Tämä asuntoväestö on hieman pienempi kuin Suomen väkiluku vuonna 2010. Asuntoväestöstä 51 % asui omakotitaloissa, 13 % rivitaloissa ja 34 % kerrostaloissa. Asuntokunnan keskimääräinen koko oli 2,07 henkilöä.

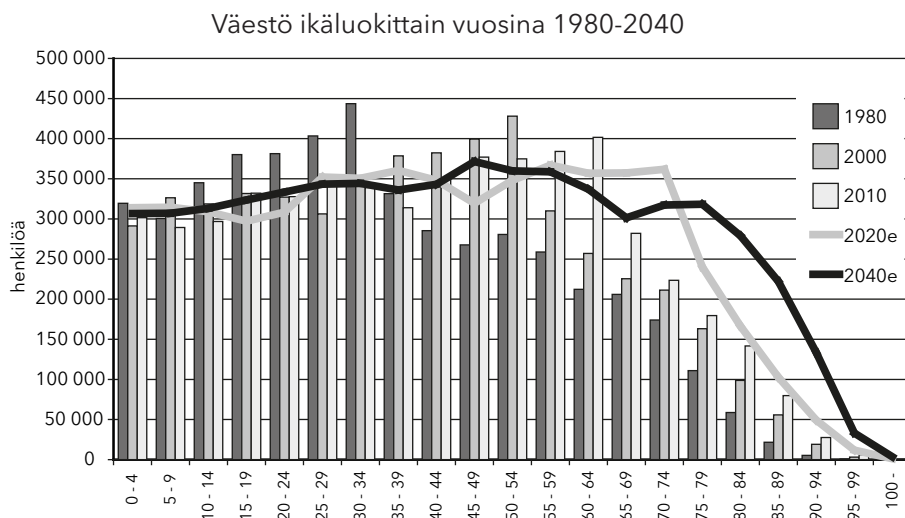
Vakinaisesti asutuista asunnoista lukumääräisesti eniten on kaksioita (Liite1. Taulukko 4). Yksioistä ja kaksioista valtaosa on kerrostaloissa. Myös kolmioita on eniten kerrostaloissa. Rivitaloasunnoista merkittävä osa on kaksioita ja kolmioita. Omakotitaloissa yleisimpiä ovat 3–5 huoneen asunnot. Valtaosa suomalaisista omistaa asunnon. Omistusasuntoja oli vuonna 2010 1,66 milj. kpl, joissa asui 3,79 milj. asukasta (Liite1. Taulukko 5). Vuokra-asuntoja oli 770 000, joissa asui 1,28 milj. asukasta.

Useimmissa maakunnissa väestöstä yli 50 % asuu omakotitaloissa. Pirkanmaalla, Varsinais-Suomessa ja Päijät-Hämeessä noin 50 % asuu omakotitaloissa. Uudellamaalla omakotitalossa asujien osuus on vain 34 % (Liite1. Taulukko 6 ja kuva 2). Pääkaupunkiseudulla asuminen poikkeaa muusta Suomesta: omakotitaloissa asuu 22 % väestöstä ja kerrostaloissa

65 % väestöstä. Muun Uudenmaan asuntojakauma ei poikkea merkittävästi muun Suomen asuntojakaumasta. Ei-vakinaisesti asuttujen asuntojen määrä on maakunnissa samaa suuruusluokkaa kuin asuntojen määrä rivitaloissa (Liite1. Kuva 2).

1.3 Väestöennusteet

Väestön muutosta vuodesta 1980 vuoteen 2040 on havainnollistettu kuvassa 3 ja liitteen 1 taulukossa 7. Väestö on ikäännytynyt voimakkaasti vuodesta 1980 vuoteen 2010 ja tämän kehityksen ennustetaan jatkuvan. Ikäluokissa 0–44 vuotta väestön määrässä ei tapahdu kovin suuria heilahduksia suhteessa vuoteen 2010. Ikäluokka 45–64 vuotta kasvoi vuodesta 1980 vuoteen 2010 yhteensä 1,02 miljoonasta 1,54 miljoonaan henkilöön, mutta vuodesta 2010 vuoteen 2040 muutoksen oletetaan olevan vähäisen. **Ikäluokka 65–79 vuotta kasvaa vuodesta 1980 vuoteen 2040 yhteensä 0,49 miljoonasta 0,94 miljoonaan. Suurin muutos on ikäluokassa yli 80-vuotiaat: vuonna 1980 heitä oli vain 86 000, vuonna 2010 yhteensä 256 000, mutta vuonna 2040 heitä oletetaan olevan 670 000.** Seniorikansalaisten määrän kasvu asettaa vaatimuksia sekä asuntojen uudisrakentamiseen että korjausrakentamiseen.

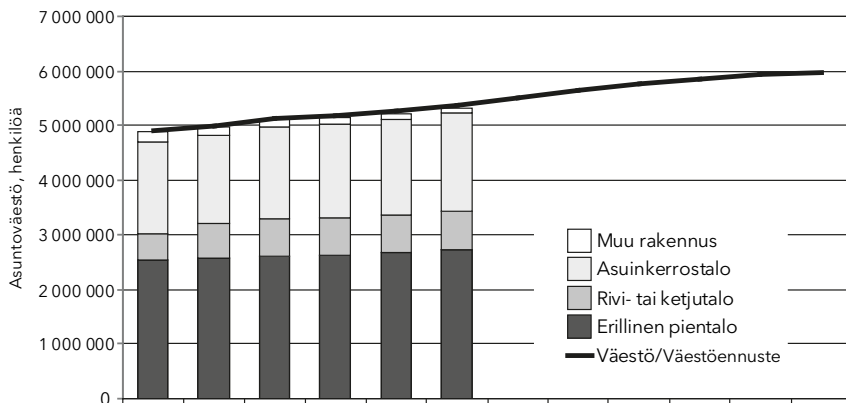


Kuva 3. Väestö ikäluokittain vuosina 1980, 2000 ja 2010 sekä väestöennusteet vuosille 2020 ja 2040. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

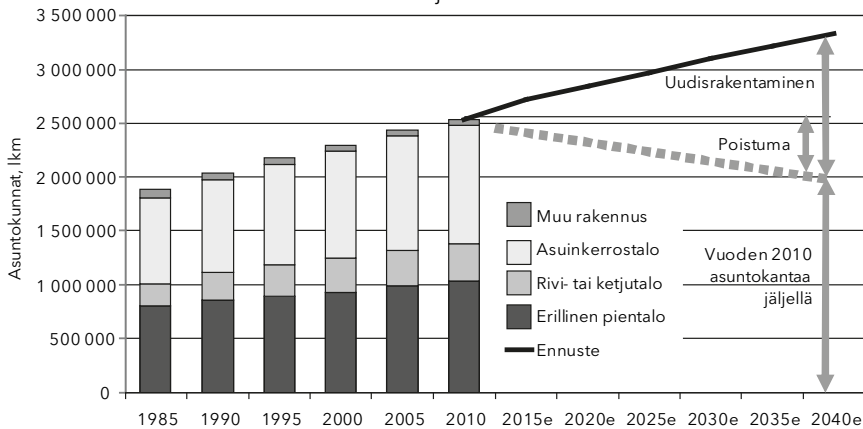
Ennuste asuntokuntien määrästä kuvassa 4 perustuu väestön kokonaismäärän ja asuntokunnan keskimääräisen henkilömäärän kehittymiseen. Asuntokunnan keskimääräinen koko pieneni vuosina 1990-2010 0,35 henkilöllä ja sen oletetaan edelleen pienenevän. Kuvassa 4 asuntokuntien määräksi on oletettu vuonna 2020 2,84 milj. kpl (lisäystä 12 % vuodesta 2010), vuonna 2030 3,10 milj. kpl (+22 %) ja vuonna 2040 3,33 milj. kpl (+31 %). Sa-

maan aikaan kun asutokunnan koko pienenee, asunnon pinta-ala henkilöä kohden kasvaa. Vuonna 2010 vakinaisesti asuttujen asuntojen pinta-ala oli 206 mrd. m². Sen oletetaan kasvavan vuonna 2020 16 % vuodesta 2010, vuonna 2030 29 % ja vuonna 2040 42 % vuoden 2010 pinta-alasta. Osa vuoden 2010 asutokannasta poistuu käytöstä, vanhenemisen myötä kiihtyvällä vauhdilla: vuoteen 2020 mennessä 4 %, vuoteen 2030 10 % ja vuoteen 2040 mennessä 18 % vuoden 2010 asutokannasta. **Asuntojen poistuma ja asutokunnan koosta aiheutuva lisäys yhteensä on uudisrakentamisen tarve: vuonna 2020 16 % vuoden 2010 vakinaisesti asutuista asunnoista, vuonna 2030 32 % ja vuonna 2040 49 % vuoden 2010 vakinaisesti asutuista asunnoista.** Väestö siirtyy haja-asutusalueilta taajamiin, joten on ilmeistä, että kerrostalojen ja rivitalojen osuus tulee kasvamaan nykyisestä ja omakotitalojen osuus vähenee. Arvioissa ei ole otettu huomioon ei-vakinaisesti asuttuja asuntoja eikä väestörakenteen muutosta.

Asuntoväestö rakennustyyppin mukaan
1985-2012 ja väestöennuste 2015-2040



Asutokuntien määrä rakennustyyppin mukaan
1985 - 2010 ja ennuste 2015 - 2040



Kuva 4. Muutokset asuntoväestössä ja asutokuntien määrässä vuosina 1985 - 2010 sekä karkea ennuste asutokuntien määrästä vuosille 2015 - 2040. Tilastoaineiston lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Liitteen 1 kuvassa 3 on esitetty vuosien 2020, 2030 ja 2040 väestöennusteiden mukaiset muutokset maakunnittain suhteessa vuoteen 2010. Väestömäärältään suurimmat muutokset tapahtuvat Uudellamaalla. Väestömäärältään kasvavissa maakunnissa sekä uudis- että korjausrakentaminen on taloudellisesti kannattavampaa kuin väestömäärältään laskevissa maakunnissa. Väestönkasvualueilla asuntojen ja muiden kuin asuinrakennusten arvo on korkeampi kuin väestöntappioalueilla. Myös rakentaminen on kalliimpaa väestönkasvualueilla kuin väestöntappioalueilla.

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta, että vuoden 2010 asuntokannasta noin neljä viidesosaa on käytössä vuonna 2040, tämä on noin kaksi kolmasosaa asuntokannasta vuonna 2040 ja että noin kaksi kolmasosaa väestöstä asuu näissä asunnoissa vuonna 2040.

Edellä esitetty ennuste on suuntaa antava. Tarkemmin asuntojen uudistuotannon ja perusparantamisen tarvetta on selvitetty mm. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan raportissa ”Asuinrakennukset vuoteen 2025” ja sen liiteraportissa vuodelta 2005.

Väestörakenteen ja väestömäärän muutokset ohjaavat voimakkaasti talojen uudis- ja korjausrakentamista. Muutokset kohdistuvat koko rakennuskantaan: sekä asuinrakennuksiin että muihin rakennuksiin. Väestörakenteen ja väestömäärän muutokset vaikuttavat kuntien talouteen ja sitä kautta kuntien resursseihin korjata esimerkiksi homeongelmaisia koulurakennuksia riittävän ajoissa. Korjausten lykkääminen rahoitusongelmien takia vain nostaa kustannuksia ja voi johtaa terveysystistä käyttökieltoon tai jopa rakennuksen purkamiseen.

1.4 Talonrakentaminen

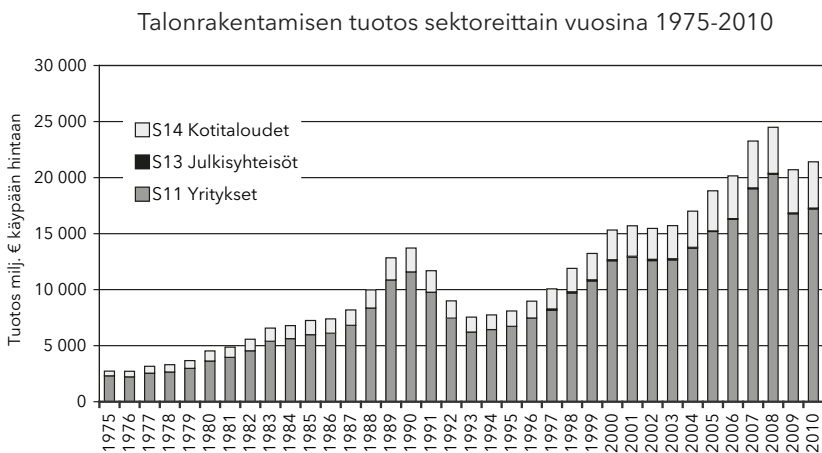
Taloudellisen toiminnan luokituksessa käytettävän toimialaluokituksen TOL2008 mukaan rakentamisen pääluokka F jakautuu talonrakentamiseen (TOL2008-luokka 41), maa- ja vesirakentamiseen (42) ja erikoistuneeseen rakennustoimintaan (43). Talonrakentamiseen kuuluu alaluokkina rakennuttaminen ja rakennushankkeiden kehittäminen (411) sekä asuin- ja muiden rakennusten rakentaminen (412). Erikoistunut rakennustoiminta sisältää rakennusten ja rakennelmien purun ja rakennuspaikan valmistelutyöt (431), sähkö-, vesijohto- ja muun rakennusasennuksen (432), rakennusten ja rakennelmien viimeistelyn (433) sekä muun erikoistuneen rakennustoiminnan (439), kuten kattotyöt ja kosteus- ja vesieristystyöt. Toimialaluokituksen TOL2008 mukaan uudis- ja korjausrakentamista ei eroteta toisistaan. Rakennuksen käyttötarkoituksen mukainen luokitus perustuu kansalliseen luokitusstandardiin Rakennusluokitus 1994. Sitä käytetään rakennuskannan, uudisrakentamisen ja korjausrakentamisen tilastoinnissa.

Rakentamisen perinteinen jako talonrakentamiseen ja maa- ja vesirakentamiseen ei ole yksiselitteinen. Tässä selvityksessä sovelletaan kansantalouden tilastoissa käytettyä tulkintaa: **talonrakentamisella tarkoitetaan yleistä talonrakentamista ja erikoistunutta rakennustoimintaa pois lukien rakennusten purku ja rakennuspaikan valmistelutyö** (41+43 pl.431 tai 41+432...439).

Kansantaloudessa talonrakentamisen arvo sisältää ammattimaisen ja omatoimisen rakentamisen. Kun yritystoiminnan tuotokseen lisätään kotitalouksien omatoiminen rakentaminen, saadaan tuotos perushintaan. Yritystoiminnan tuotos perushintaan vastaa tuotantotalouden käsitettä bruttoarvo ja liikelatouden käsitettä liikevaihto, joka syntyy omien tuotteiden myynnistä.

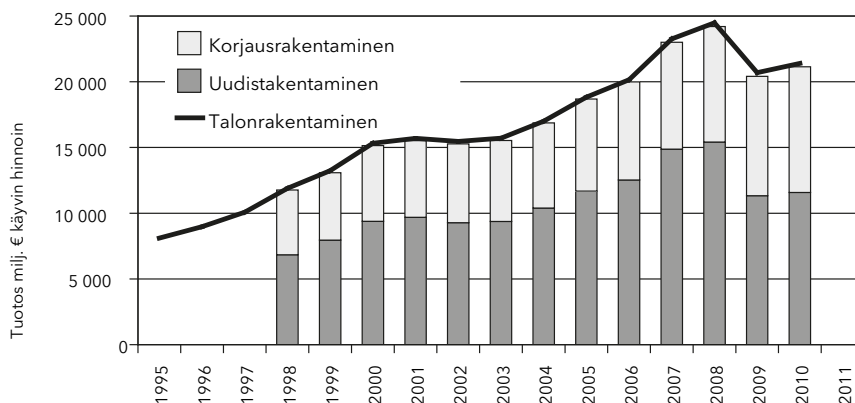
Talonrakentamisen tuotos perushintaan oli vuonna 2010 yhteensä 21,4 mrd. €, josta yritykset tuottivat 17,2 mrd. €, kotitaloudet 4,1 mrd. € ja julkisyhteisöt noin 0,1 mrd. € (kuva 5). Aikavälillä 1975-2010 kotitalouksien osuus talonrakentamisen tuotoksesta on ollut 1/6-1/5. Talonrakentaminen on herkkä talouden suhdanteille ja se näkyy vuotuisena vaihteluna kuvan 5 aikasarjassa.

Uudisrakentaminen oli vuonna 2010 yhteensä 11,6 mrd. € ja korjausrakentaminen 9,6 mrd. € (kuva 6). Aikavälillä 1999-2010 korjausrakentamisen osuus talonrakentamisen tuotoksesta oli alimmillaan 35 % vuonna 2007 ja korkeimmillaan 45 % vuonna 2010. **Korjausrakentamisen oletetaan kasvattavan osuuttaan nykyisestä.**



Kuva 5. Talonrakentamisen (TOL2008-luokat 41+43 pl. 431, uudis- ja korjausrakentaminen yhteensä) tuotos perushintaan sektoreittain kansantaloudessa vuosina 1975 - 2010. Julkisyhteisöjen osuus talonrakentamisen tuotoksesta on pieni. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Talonrakentamisen tuotos vuosina 1998 - 2010



Kuva 6. Talonrakentamisen tuotos (TOL2008-luokat 41+43 pl.431) jaettuna uudis- ja korjausrakentamiseen. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Liitteen 1 kuva 4 esittää talojen uudis- ja korjausrakentamisen yhteistä jakaumaa maakunnittain sekä uudis- että korjausrakentamisen alueellista jakaumaa, jos maakunnissa uudis- ja korjausrakentamisen keskinäinen suhde on likimain sama kuin koko maan tasolla kuvassa 6. Maakuntien prosenttiosuudet koko maan arvosta ovat muuttuneet vuosina 2002, 2005, 2008 ja 2010 huomattavasti vähemmän kuin talonrakentamisen arvo maakunnittain.

Liitteen 1 kuvassa 5 on verrattu väestön, rakennuskannan ja talonrakentamisen suhteellista jakautumista maakunnittain vuonna 2010. Väestön ja rakennuskannan jakaumat ovat lähellä toisiaan. Uudenmaan osuus talonrakentamisesta on huomattavasti suurempi kuin mitä osuus väestöstä tai rakennuskannasta edellyttäisi. Uudellamaalla rakentaminen on keskittynyt pääkaupunkiseudulle. Väestön kasvu ja muuta maata kalliimmat rakennuskustannukset pääkaupunkiseudulla selittävät osan Uudenmaan suhteellisen suurta osuutta talonrakentamisesta. Alueellisessa tasapainotilanteessa väestön, rakennuskannan ja talonrakentamisen suhteellisten jakaumien Liitteen 1 kuvassa 5 tulisi olla lähellä toisiaan.

1.4.1 Uudisrakentaminen

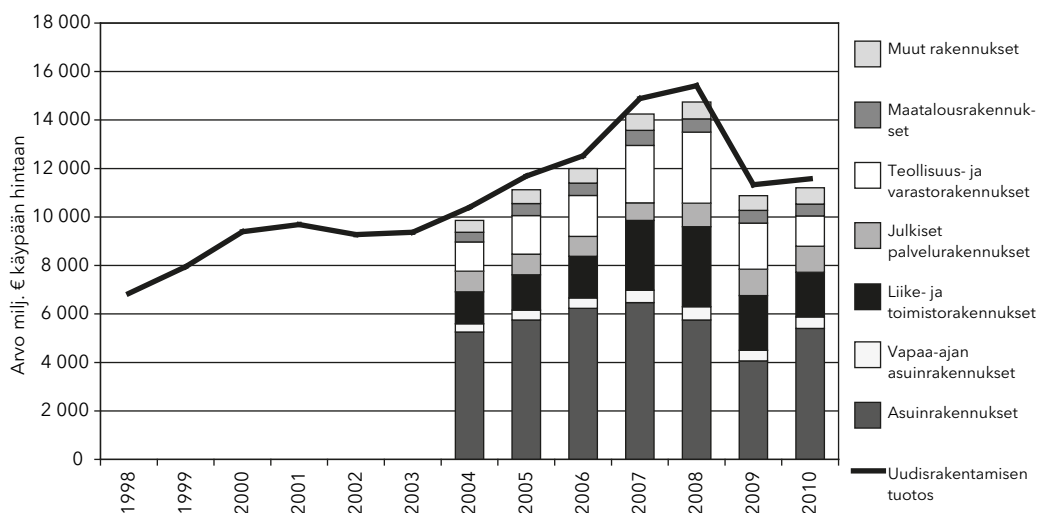
Uudisrakentamisesta on hyvät ajantasaiset määrätiedot rakennustyypeittäin. Tiedot kattavat kaikki rakennustyytit, myös vapaa-ajan asuinrakennukset ja maatalouden tuotantorakennukset.

Uudisrakentamisen arvo rakennustyypeittäin on esitetty kuvassa 7 ja liitteen 1 taulukossa 8. **Asuinrakennuksia rakennettiin vuonna 2010 yhteensä 5,41 mrd. €:lla, mikä oli**

48 % uudisrakentamisen arvosta. Liike- ja toimistorakennuksia rakennettiin 1,84 mrd. €:lla (16 %) ja julkisia palvelurakennuksia 1,08 mrd. €:lla (9,6 %) vuonna 2010. Asuinrakennusten osuus uudisrakentamisen arvosta on vaihdellut huomattavasti aikavälillä 2004-2010: alimmillaan osuus oli 37 % vuonna 2009 ja korkeimmillaan 53 % vuonna 2004. Muiden kuin asuinrakennusten uudisrakentaminen rakennustyypeittäin on vaihdellut epäsäännöllisesti vuosina 2004-2010. Eniten on rakennettu liike- ja toimistorakennuksia, toiseksi eniten teollisuus- ja varastorakennuksia. Kolmantena ryhmänä ovat julkiset palvelurakennukset.

Kun korjauskustannukset nousevat lähelle uudisrakentamisen arvoa, on taloudellisesti perusteltua pohtia korjataanko vai rakennetaanko uutta. Liitteen 1 taulukkoon 9a on laskettu keskimääräinen uudisrakentamisen arvo kerrosneliötä kohti rakennustyypeittäin. Luvut eivät sisällä tonttia. Luvut ovat suuntaa antavia, sillä kullakin rakennustyypillä yksikköarvo vuosina 2004–2010 vaihtelee merkittävästi. Liitteen 1 taulukon 9a luvut edustavat koko maan keskiarvoja. Myyntiarvo on toinen merkittävä tekijä harkittaessa korjausrakentamisen taloudellisuutta. Alueelliset erot myyntiarvossa voivat olla suuria (Liite1. Taulukko 9b).

Talojen uudisrakentaminen vuosina 2004-2010



Kuva 7. Uudisrakentamisen arvo käypään hintaan rakennustyypeittäin vuosina 2004 - 2010. Tarkempi erittely on Liite1.Taulukossa 8. Uudisrakentamisen tuotos on sama kuin kuvassa 6. Lähde: Rakentaminen ja asuminen Vuosikirja 2011. Tilastokeskus.

1.4.2 Korjausrakentaminen

1.4.2.1 Korjausrakentamisen ja rakennusten kunnossapidon säädöspohja

Rakennukseen kohdistuvia yleisiä vaatimuksia on maankäyttö- ja rakennuslain 117 §:ssä. Asetuksen 50 §:ssä on lueteltu rakennuksen olennaiset tekniset vaatimukset: 1) rakenteiden lujuus ja vakaus, 2) paloturvallisuus, 3) hygienia, terveys ja ympäristö, 4) käyttöturvallisuus, 5) meluntorjunta ja 6) energiatalous ja lämmöneristys. Rakennuksen käyttöön ja kunnossapitoon kohdistuvia yleisiä vaatimuksia on maankäyttö- ja rakennuslain 166 §:ssä ja asetuksen 66 §:ssä. Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset ja ohjeet täydentävät maankäyttö- ja rakennuslakia ja -asetusta. Laki, asetus, määräykset ja ohjeet on laadittu ensisijaisesti uudisrakentamista varten.

Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan maankäyttö- ja rakennuslain muutosta (luonnos 4.6.2012). Muutosehdotuksessa rakennukselle asetettavien oleellisten teknisten vaatimusten kuvaus siirtyy asetustekstistä lakitekstiin. Ympäristöministeriö asetti keväällä 2005 työryhmän, jonka työn tuloksena valmistui ”Korjausrakentamisen strategia 2007-2017, Linjauksia olemassa olevan rakennuskannan ylläpitoon ja korjaamiseen” (ympäristöministeriön raportteja 28/2007). Työ sai jatkoa, kun raportti ”Korjausrakentamisen strategian toimeenpanosuunnitelma 2009-2017” (Ympäristöministeriön raportteja 7/2009) ilmestyi vuonna 2009. Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan myös korjausrakentamista koskevia energiamääräyksiä (YM 2012b). Korjausrakentamisen määräykset ovat tarpeen, koska uudisrakennusta koskevien energiavaatimusten ulottaminen vanhoihin rakennuksiin on epäilty vaurioittavan talojen rakenteita ja kulttuurihistoriallista arvoa (Lahtinen 2011). Määräyksiä on tarkoitus soveltaa sellaiseen korjausrakentamiseen, jonka yhteydessä voidaan parantaa energiatehokkuutta osana muusta syystä johtuvaa korjaus- tai uusimistyötä.

Rakennuksen energiatehokkuudelle säädetään vähimmäisvaatimuksia, kun kyse on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisen järjestelmän korjaamisesta. Lakiluonnoksessa ei kuitenkaan vaadita, että esimerkiksi putkiremontin yhteydessä olisi tehtävä julkisivuremontti tai harkittava ikkunoiden vaihtoa (Rakennuslehti 2012). Heinäkuun 2012 alusta tulivat voimaan keskustelua aiheuttaneet uudet energiamääräykset, joiden tavoitteena on parantaa uusien rakennusten energiankäytön kokonaistehokkuutta noin 20 % aikaisempaan määräystasoon verrattuna (YM 2011). Keskeiset toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi ovat rakennuksen vaipan lämmöneristyksen ja tiivyyden parantaminen sekä lämmön talteenoton tehostaminen.

Rakennusten energiatodistusta koskevaa lainsäädäntöä ollaan muuttamassa rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU uudistuessa (EU 2010). Direktiivi edellyttää muun muassa energiatehokkuustunnuksen esille laittoa kaupallisissa myynti- ja vuokrausilmoituksissa, säästösuositusten sisällymistä energiatodistuksiin, energiatodistusten ja todistusten tekijöiden valvontaa sekä seuraamusten sisällymistä kansalliseen lainsäädäntöön. Lisäksi direktiivi edellyttää rakennusten lämmityskattiloiden, ilmastointijärjestelmien sekä lämmitysjärjestelmien energiatehokkuuden tarkastusta joko lakisääteisenä tarkastusmenettelynä tai vaihtoehtoisesti neuvontamenettelynä. Ympäristöministeriö on ehdottanut energiatodistusta koskevassa esitysluonnoksessaan, että Suomessa otettaisiin käyttöön ilmastointi- ja lämmitysjärjestelmien osalta vapaaehtoinen neuvontamenettely (YM 2012a).

Kunnossapitosuunnitelman tai pitkän tähtäimen suunnitelman (PTS) avulla rakennuksen tulevat korjaukset voidaan määrittää ja ajoittaa kustannustehokkaasti. Taloyhtiöille on laissa (asunto-osakeyhtiölaki 22.12.2009/1599) asetettu velvollisuus laatia taloyhtiön rakennusten pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma viiden vuoden jaksoissa. Kunnossapitosuunnitelman avulla osakkeenomistajat voivat varautua tuleviin korjaustyön taloudellisiin ja muihin vaikutuksiin. (asunto-osakeyhtiölaki 22.12.2009/1599.) Kunnossapitosuunnitelma tehdään viideksi tai kymmeneksi vuodeksi eteenpäin ja se tarkastetaan vuosittain tehtävien kiinteistökierron avulla (Hekkanen 2006, Pekkola & Metiäinen 2011).

1.4.2.2 Rakennuksen elinkaari ja suunnitelmallinen kunnossapito

Rakennukset suunnitellaan siten, että niiden elinkaari on hyvin pitkä. Rakennusten elinkaaren tarkkaa pituutta on vaikea määrittellä eikä siihen ole yksiselitteistä laskutapaa. Rakennuksen elinkaari muodostuu **teknisestä, taloudellisesta, toiminnallisesta ja sijainnillisesta elinkaaresta**. Rakennusosien elinkaari on yleensä 40–60 vuotta, ja rakennusosia joudutaan uusimaan niiden teknisen käyttöiän loputtua. Rakennuksen suunnitelmallinen kunnossapito ja huolto vaikuttavat **teknisen elinkaaren** pituuteen oleellisesti. Rakennusten **toiminnallinen elinkaari** on taloudellisissa laskelmissa noin 30–60 vuotta. Käytännössä kuitenkin toiminnallinen elinkaari lyhenee, koska rakennusten käyttötarkoitus ja tilatarpeet muuttuvat elinkaaren eri vaiheissa, varsinkin julkisissa rakennuksissa. Rakennuksen **taloudellinen ja toiminnallinen elinkaari** voi loppua silloin, kun rakennukselle ei ole enää käyttöä ja rakennus jää tyhjilleen. Elinkaarta voidaan jatkaa, jos käyttötarkoitusta muutetaan. **Sijainnillinen elinkaari** voi loppua, jos alueen väestö on muuttanut esimerkiksi työn perässä muualle ja rakennuksen käyttötarkoituksen muutos ei ole mahdollinen. Rakennuksen tulevaisuudesta päätettäessä joudutaan arvioimaan myös muitakin rakennuksen korjaamiseen vaikuttavia asioita. Päätökset ovat laajoja eivätkä välttämättä koske enää vain pelkkää rakennusta (Hekkanen 2006).

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sen olennaiset tekniset vaatimukset täytetään ja voidaan tavanomaisella kunnossapidolla säilyttää suunnitellun käyttöiän ajan (Maankäyttö- ja rakennusasetus 50 §). Ohjekortissa ”Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot” (LVI 01-10424, KH 90-00403, tammikuu 2008) esitetään kattavasti rakenteiden, rakennusosien, aluerakenteiden ja LVI-järjestelmien ja -laitteiden keskimääräiset tekniset käyttöiät, tarkastusvälit, huoltovälit ja kunnossapitojaksot. Tässä ohjekortissa tekninen **käyttöikä** tarkoittaa käyttöönoton jälkeistä aikaa, jona rakenteen, rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät. Kun tekninen käyttöikä on kulunut umpeen, rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella.

Käytännössä rakennuksen eri osien tekninen käyttöikä lyödään lukkoon suunnitteluvaiheessa ja samalla lyödään lukkoon rakennuksen korjausrakentamisen aikataulu teknisen vanhenemisen osalta. Korjausrakentamisen aikataulu voi aikaistua toiminnallisen vanhenemisen takia (esim. käyttötarkoituksen muutos, laatutason muutos). Korjausrakentamisen aikataulu voi aikaistua myös siksi, että rakentamisen ajankohtana hyväksyttävänä pidetyt suunnitteluperusteet ja rakenneratkaisut eivät olekaan toimineet rakennusfysikaalisesti suunnitellulla tavalla. Vertaa Pertti Heikkisen tuottamaan opetusmateriaaliin pientelojen riskirakenteista (<http://www.hometalkoot.fi/talkootiedot/talkoissa-nikkaroitua.html>). Osa näistä riskirakenteista esiintyy myös koulu- ja päiväkotirakennuksissa.

Korjaushankkeissa suositellaan energiatehokkuuden parantamista, jos se pystytään toteuttamaan kustannustehokkaasti. Energiatehokkuusvaatimukset johtavat herkästi suuriin eristepaksuuksiin ja ilma-/kosteustiiviisiin rakenneratkaisuihin. Rakennusfysikaalisessa suunnittelussa uusi haaste on, miten varmistaa mahdollisen ylimääräisen kosteuden poistuminen rakenteesta niin ajoissa, että se ei aiheuta kosteus- ja/tai homeongelmia. Oman lisänsä rakennusfysikaaliseen suunnitteluun tuo ilmaston muutoksen seurauksena rakennuksen ulkovaippaan kohdistuva nykyistä suurempi kosteusrasitus (VTT tiedotteita 2227, 2004).

Kun rakennuksen alkuperäisen tason varmistava kunnossapito on tehty, kertyvät kunnossapidon kustannukset jaksoittain. Aluksi korjataan vain rakennusvaiheen virheet. Muutoin rakennuksen alkuvuosina korjaustarve on melko vähäistä ja suunnitelmallinen kunnossapito ja korjaustarpeen kasvu helposti unohtuu. Noin 20–30 vuoden jälkeen rakennukseen täytyy tehdä ensimmäiset suuremmat korjaukset. Korjauskustannukset ovat merkittäviä ja niihin on täytynyt varautua ennakolta. Mikäli näin ei ole, kustannukset ovat moninkertaisia ylläpitokustannuksiin verrattuna ja ne tulevat ylläpitokustannusten päälle. Seuraavaan suureen korjaukseen tulee varautua 40–60 vuoden iässä, jolloin kustannukset ovat edellistäkin vaihetta korkeammat, johtuen talotekniikan uusimisen tarpeesta sekä niiden aiheuttamista korjauksista sisätiloissa. Kunnossapitokustannusten ennakointiin tulisi sääs-

tää noin 0,5–1,5 % rakennuksen hankintahinnasta vuotuisesti. Kunnossapitokustannusten lisäksi ainakin kuntien kiinteistöissä tulisi varautua erilaisiin toiminnallisiin muutoksiin, joka voitaneen arvioida yhtä suureksi kuin kunnossapidon kustannukset ovat (Hekkanen 2006). Kiinteistöjen kunnossapidon ja ennakoivan huollon on laskettu olevan halvempaa kuin korjaamisen.

Kunnille tehdyssä kyselytutkimuksessa (Pekkola & Metiäinen 2011) selvisi, että kunnan rahankäyttö vaikuttaa siihen, tehdäänkö kiinteistöihin ennaltaehkäisevää kunnossapitoa vai annetaanko kiinteistöjen kunnan huonontua. Korjaukset ja selvitykset, joihin ei ole varattu tarpeeksi määrärahaa, eivät ole yleensä tarpeeksi laajoja ja epäonnistuvat sekä johtavat pahimmassa tapauksessa korjauskierteeseen (Pekkola & Metiäinen 2011). Selvityksen mukaan (Hekkanen 2006) kunnissa ei ole käytettävissä erillistä kunnossapitosuunnitelmaa, jonka perusteella koko rakennuksen korjaustarvetta voitaisiin arvioida ja huomioida se budjetissa. Kunnissa kiinteistön kunnossapitosuunnitelman tietojärjestelmät, huoltokirja ja kiinteistötietojärjestelmien käyttö erillisinä ei ole kovin helppoa eikä se tue strategista suunnittelua. Kiinteistötietojärjestelmät on todettu tehokkaiksi, mutta myös ilman niitä on voitu hoitaa suunnitelmallista kiinteistöpitoa onnistuneesti eri kunnissa. Kunnille on tarjolla monia eri kiinteistöpitoon liittyviä tietojärjestelmiä. Tulevien korjausten määrittäminen varsinkin pienissä kunnissa on vaikeaa, koska pitkän tähtäimen suunnittelua ei ole tehty ja lisäksi riippuvuus valtion avusta vaikeuttaa suunnittelun ja korjausten liikkelelähtöä (Hekkanen 2006).

Huollon ja kunnossapidon tarkoitus on varmistaa taloteknisten laitteiden toiminta suunnitellulla tavalla ja että laitteet kestävät tavanomaisissa käyttöolosuhteissa niille suunnitellun teknisen käyttöajan (LVI 01-10424, Pietiläinen ym. 2007). Laitteiden toiminnan tarkastus, huolto ja kunnossapito varmistavat myös sen, etteivät talotekniset laitteet aiheuta vesivahinkoa tai kosteusvaurioita rakennukseen. Vain harvalla pientalon omistajalla on talostaan käyttö- ja huolto-ohje, josta ilmenee kiinteistön perustietojen lisäksi käyttöohjeet, huolto- ja kunnossapitosuunnitelma sekä tehtyjen korjausten ajankohta (YM 2006). Pientalojen kiinteistön huolto tehdään usein ainakin osittain omana työnä. Taloteknisten laitteiden ennakoiva huolto jää vähemmälle huomiolle erityisesti silloin, jos talossa ei ole rakennus- tai talotekniikkaan perehtynyttä henkilöä. Korjaustoimenpiteisiin ryhdytään vasta laitevian, putkivuodon tai muun vastaavan vakavan toimintahäiriön sattuessa. Korjaukset tehdään myös usein omana työnä, mikä vaikuttaa työn laatuun (Rautio 2010).

Laaja huoltosopimus ja huoltokirjan käyttö eivät takaa sitä, että talotekniset laitteet ovat huollettu huolto-ohjeiden mukaan. Huoltoyhtiön vaihtuessa perehdytykseen ei yleensä varata riittävästi aikaa, jolloin osa huoltotöistä jää tekemättä. Kireä kilpailuttaminen saattaa johtaa myös siihen, että kaikkia tarjouksen mukaisia töitä ei ehditä tekemään käytettävissä olevilla resursseilla. Tehtyjä huolto- ja korjaustöiden dokumentointia olisi parannettava,

koska osa näistä tiedoista puuttuu tai tiedot ovat puutteellisia rakennuksen kuntoarviota tai -tutkimusta tehtäessä. Huolto- ja kunnossapitotöiden tarjouspyyntömalleja ja kilpailutusta olisi selkeytettävä, koska tarjousten vertailu on vaikeaa. Esimerkiksi taloyhtiön hallituksen jäsenillä ei välttämättä ole riittäviä tietoja rakennus- ja talotekniikasta tarjousten sisällön vertailemiseksi, jolloin päätöksenteko saattaa perustua pelkästään tarjoushintojen vertailuun. Lisäksi työn valvontaa olisi parannettava, sillä työn laadussa on yleisesti puutteita, jotka pahimmillaan saattavat aiheuttaa vakavia vesivahinkoja ja kosteusvaurioita rakennukseen.

Hyvään kiinteistön ylläpitoon kuuluu kiinteistöjen säännöllisin väliajoin tehtävä kuntoarvio. Kuntoarviosta annetaan ohjeita KH-, LVI- ja RT-korteissa (esimerkiksi KH 90-00489, LVI 01-10481 ja RT 18-10671).

Kuntoarvion tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva järjestelmien teknisestä kunosta ja energiataloudesta, jonka jälkeen kunnossapitotoimet voidaan kohdistaa oikein. Kuntoarvio perustuu pääosin aistinvaraisiin havaintoihin ja olemassa oleviin asiakirjoihin. Kuntoarvioija voi suositella yksittäisen järjestelmän tai laitteen tarkempaa tutkimusta. **Kuntotutkimuksen tavoitteena on selvittää mahdollisen ongelman tai vaurion laajuus ja aiheuttaja sekä antaa tarvittavat toimenpide-ehdotukset suunnittelun ja korjauksen tai uusimisen lähtökohdaksi.**

1.4.2.3 Korjausrakentamisen kustannukset

Korjausrakentamisella tarkoitetaan kertaluontoista rakennustoimintaa, joka rakennuksen tai rakennuksen tilan säilyttäen muuttaa sitä senhetkisestä tilasta toivottuun suuntaan. Korjausrakentamista on myös sellainen uudistyö, jossa vanhan tilalle rakennetaan nykyaikaisempi laite tai rakennelma. Korjausrakentamiseen sisältyvät esim. sellaiset rakennustyöt kuten peruseräparannus, saneeraus, restaurointi, entisöinti, remontointi, kunnossapito, vuosikorjaus, kunnostus ja purkaminen. Rakennuksen laajennukset eivät kuulu korjausrakentamiseen.

Liitteen 1 taulukko 10 kertoo, mille osalle rakennuskantaa on suunniteltu luvanvaraisia peruskorjaustoimenpiteitä Väestörekisterikeskuksen väestötietojärjestelmän mukaan. Osaa rakennuslupien korjauksista ei ehkä ole toteutettu. Liitteen 1 taulukko 10 ei sisällä ei-luvanvaraista korjaustoimintaa. Luvanvaraiset korjaussuunnitelmat kattoivat 23 % vuoden 2010 rakennuskannan kerrosneliöistä. Lupia on haettu selvästi enemmän muihin rakennuksiin kuin asuinrakennuksiin. Kerrosneliöillä mitattuna eniten lupia ovat hakeneet asunto-osa-KEYHTIÖT tai asunto-osuuskunnat. Kunta tai kuntaliitto on korjannut omistamien hoitoalan rakennusten kerrosalasta 44 % ja opetusrakennusten kerrosalasta 50 % luvanvaraisesti.

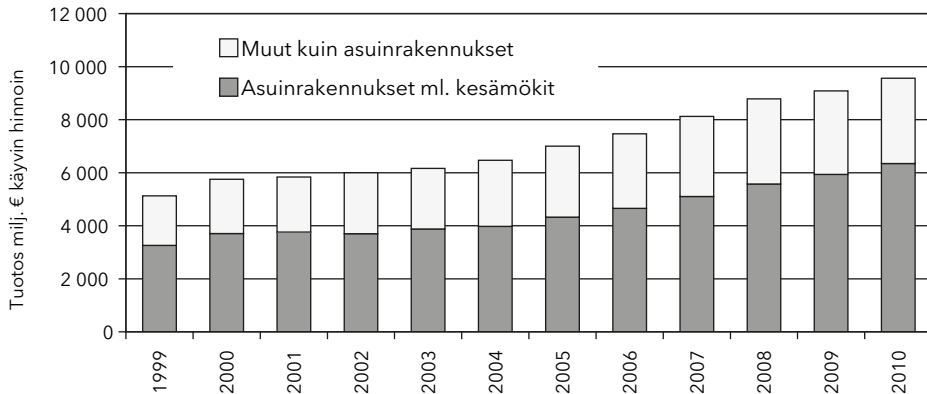
Kuntaliitto on tehnyt selvityksen kuntien, kuntien liikelaitosten ja kuntayhtymien rakennuskannasta rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuonna 2005 (Terttu Vainio et al. Kuntien rakennuskanta 2005. Kuntaliitto 2006). Liitteen 1 taulukkoon 11 on poimittu rakennuskannan tilavuustiedot ja peruskorjauslupaa vastaavan tilavuuden osuus rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuoden 2005 tilanteen mukaan.

Tilastokeskuksen tilastoissa asuinrakennuksista on tiedot sekä vuosi- että peruskorjauksista rakennustyypeittäin. Asunto-osakeyhtiöiden korjauksista on hyvät tiedot myös korjauskohteittain ja rakentamisvuosittain. Muista kuin asuinrakennuksista on tiedot vain vuosi- ja peruskorjauksista. Rakennustyyppikohtainen tieto puuttuu kokonaan. Rakennustyyppikohtaista tietoa täydennetään kirjallisuuden perusteella.

Tilastokeskuksen tiedoista puuttuu selkeä yhteys rakennuskannassa esitettyihin kerrosaloihin ja ikäluokkiin rakennustyypeittäin. Korjausrakentamisen keskimääräiset yksikkökustannukset (euroa per kerrosneliö tai euroa per osakeneliö) on arvioitava yhdistämällä korjausrakentamisen ja rakennuskannan tiedot. Arviointi onnistuu kohtuullisesti, kun on kyse rakennustyyppin keskimääräisestä yksikkökustannuksesta koko kerrosalalle. Arviointi vaikeutuu merkittävästi, kun halutaan selvittää rakennustyyppin korjauskustannukset kerrosalaa kohti ikäluokittain. Tilastoaineiston ja kirjallisuuden perusteella ei ole mahdollista selvittää, mitä korjauksia, missä laajuudessa millä hinnalla on summautuvasti tehty kutakin rakennustyyppiä kohti ikäluokittain. Kosteus- ja homeongelmien korjauskustannuksista ei ole erillistä tilastoa. Kosteus- ja homeongelmista johtuvien korjausten osuus korjausrakentamisesta arvioidaan kirjallisuuden perusteella.

Tilastokeskuksen mukaan talojen korjausrakentaminen oli vuonna 2010 yhteensä 9,57 mrd. €, josta asuinrakennusten osuus oli 6,35 mrd. € (66 %) ja muiden rakennusten korjaukset 3,22 mrd. € (34 %) (kuva 8). Aikavälillä 1999-2010 asuinrakennusten osuus korjausrakentamisen tuotoksesta oli alimmillaan 61 % vuonna 2004 ja korkeimmillaan 66 % vuonna 2010. Aikavälillä 1999-2010 korjausrakentamisen tuotos on kasvanut tasaisesti uudisrakentamisen tuotos.

Talojen korjausrakentaminen vuosina 1999-2010



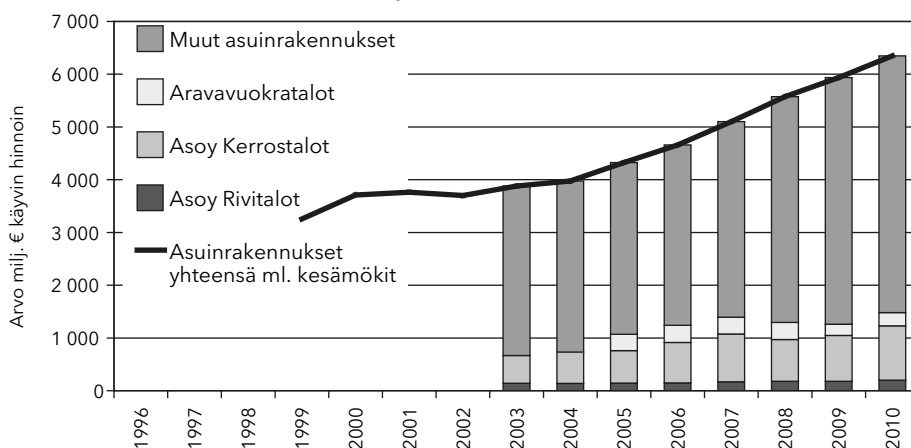
Kuva 8. Talojen korjausrakentaminen vuosina 1999 - 2010. Asuinrakennukset tarkemmin kuvassa 9 ja taulukossa 2. Muut kuin asuinrakennukset tarkemmin kuvassa 11. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

VTT:n arvion mukaan (Taloyhtiön vuosikirja 2011-2012, s. 73-75) korjausrakentamiseen käytettiin vuonna 2010 yhteensä 9,50 mrd. €, josta asuinrakennuksiin 4,90 mrd. € (52 %) ja muiden rakennusten korjauksiin 4,60 mrd. € (48 %). Asuinrakennusten ja muiden rakennusten osuudet poikkeavat merkittävästi Tilastokeskuksen luvuista.

Asuinrakennusten korjaukset on esitetty kuvassa 9 ja taulukossa 2. Korjaukset jaetaan vuosi- ja peruskorjauksiin. Vuosikorjauksella tarkoitetaan tuloslaskelman kuluiksi kirjattuja kustannuksia. Vuosikorjaukset saattavat sisältää toimenpiteitä, jotka tosiasiaassa kuuluvat tavanomaiseen kiinteistön huoltoon. Peruskorjauksella tarkoitetaan suuria korjauksia, jotka kirjanpidossa kohottavat kiinteistön arvoa.

Arava-vuokrataloja korjattiin vuonna 2010 yhteensä 415 milj. €:lla. Tästä 60 % oli vuosikorjauksia ja 40 % peruskorjauksia. Omakotitaloja ja kesämökkejä korjattiin vuonna 2010 4,70 mrd. €:n arvosta, josta vuosikorjausten osuudeksi on arvioitu 31 % ja peruskorjausten osuudeksi 69 % (taulukko 2 ja kuva 10).

Asuinrakennusten korjausrakentaminen vuosina 1999 - 2010



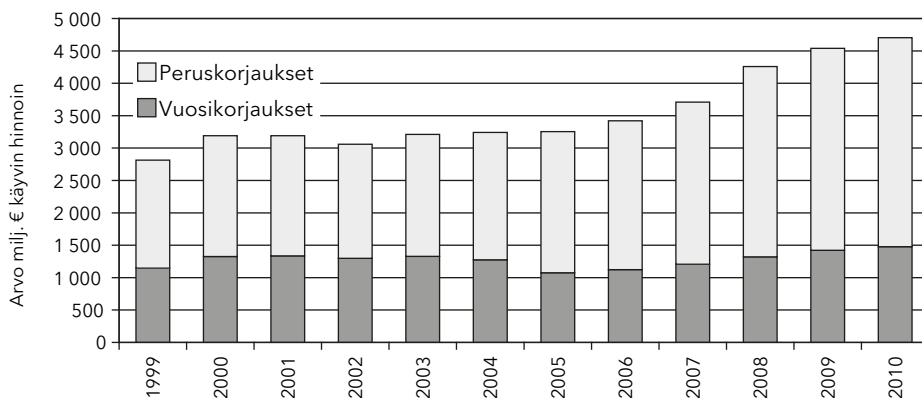
Kuva 9. Asuinrakennusten ml. kesämökit korjausrakentaminen vuosina 1999 - 2010 ja erittely asuinrakennustyypeittäin vuosina 2003 - 2010. Muihin asuinrakennuksiin sisältyy erilliset pien- talot ja kesämökit. Vertaa taulukko 2. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Taulukko 2. Asuinrakennusten ml. vapaa-ajan asuinrakennusten korjausrakentaminen käypään hintaan vuosina 2000-2010. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Asunto-osakeyhtiöt	milj. €	519	574	641	668	733	761	914	1 076	972	1 049	1 231	
vuosikorjausten osuus	%	62	64	61	56	56	66	55	54	63	72	65	
peruskorjausten osuus	%	38	36	39	44	44	34	45	46	37	28	35	
rivitaloyhtiöt	milj. €				142	138	144	148	171	187	180	200	
asuinkerrostalo-yhtiöt	milj. €				526	595	617	767	906	794	869	1 031	
Aravavuokralat	milj. €						310	324	317	325	347	415	
vuosikorjausten osuus	%	Sisältyy muihin asuinrakennuksiin						54	58	64	66	61	60
peruskorjausten osuus	%						46	42	36	39	39	40	
Muut asuinrakennukset	milj. €	3 191	3 190	3 060	3 211	3 242	3 254	3 419	3 709	4 277	4 538	4 702	
vuosikorjausten osuus	%	42	42	42	41	39	33	33	33	31	31	31	
peruskorjausten osuus	%	58	58	58	59	61	67	67	67	69	69	69	
Asuinrakennukset yhteensä	milj. €	3 709	3 764	3 701	3 879	3 975	4 325	4 658	5 102	5 574	5 935	6 347	
vuosikorjausten osuus	%	44	45	46	44	42	40	39	39	39	40	40	
peruskorjausten osuus	%	56	55	54	56	58	60	61	61	61	60	60	

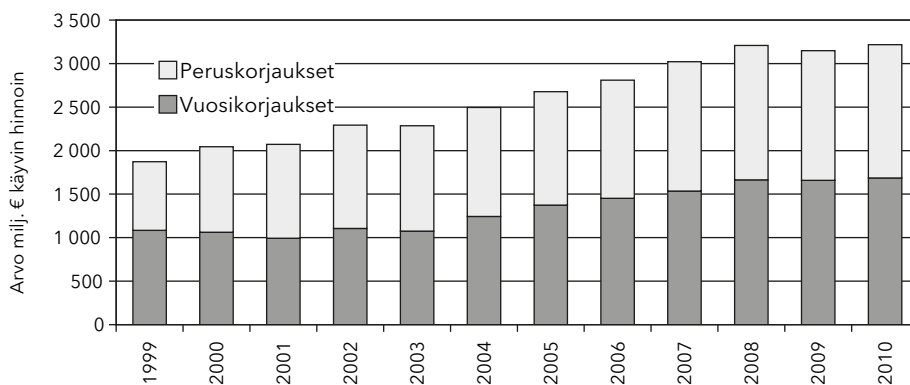
Asunto-osakeyhtiöiden korjausrakentamisesta on monipuoliset tiedot (Liite 1. Kuvat 6 ja 7). **Vuonna 2010 asunto-osakeyhtiöiden korjaukset olivat 1 231 milj. €: rivitaloyhtiöt korjasivat 200 milj. €:lla (osuus 16 %) ja asuinkerrostalo-yhtiöt 1 031 milj. €:lla (osuus 84 %).** Vuonna 2003 rivitaloyhtiöiden osuus oli 21 % ja kerrostalo-yhtiöiden 79 % asunto-osakeyhtiöiden korjauskustannuksista.

Erillisten pientalojen ja kesämökkien korjaukset vuosina 1999-2012



Kuva 10. Erillisten pientalojen ja vapaa-ajan asuinrakennusten vuosi- ja peruskorjaukset vuosina 1999 - 2010. Vuosien 1999 - 2004 lukuihin sisältyy vuokra-asuntojen korjaukset, joiden suuruusluokka on noin 300 milj €. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Muiden talonrakennusten korjaukset vuosina 1999-2012



Kuva 11. Muiden talonrakennusten vuosi- ja peruskorjaukset vuosina 1999 - 2010. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Asunto-osakeyhtiöissä vuosikorjausten osuus on vaihdellut välillä 54-72 % ja peruskorjausten osuus välillä 28-46 % korjauskustannuksista vuosina 2000-2010 (Liite 1. Kuva 6). Korjauskohteittain tarkasteltuna vuonna 2010 LVI-järjestelmien osuus on suurin ja toiseksi suurin on ulkorakenteiden eli ulkovaippaan kohdistuneiden korjausten osuus. Vuonna 2000 tilanne oli päinvastoin.

Rakennuksen valmistumisvuoden mukaan tarkasteltuna vuonna 2010 ennen vuotta 1960 rakennettuja asuinrakennusyrityksiä korjattiin 333 milj. €:lla, ikäluokkaa 1960-1969 351 milj. €:lla, ikäluokkaa 1970-1979 yhteensä 247 milj. €:lla ja vuoden 1979 jälkeen rakennettuja kerrostalo-yrityksiä 99 milj. €:lla. Vuonna 2010 ennen vuotta 1970 rakennettuja rivitalo-

yhtiöitä korjattiin 24 milj. €:lla, ikäluokkaa 1970-1979 79 milj. €:lla, ikäluokkaa 1980-1989 74 milj. €:lla ja vuoden 1989 jälkeen rakennettuja rivitaloyhtiöitä 24 milj. €:lla.

Muiden talonrakennusten korjausrakentaminen vuosina 1999-2010 on esitetty kuvassa 11. Vuonna 2010 korjaukset olivat 3,22 mrd. €: vuosi- ja peruskorjaukset olivat lähes yhtä suuria. Tilastokeskuksen tilastoissa ei ole tietoa siitä, miten muiden talonrakennusten korjauskustannukset jakautuvat rakennustyypeittäin ja rakentamisvuosittain.

2 Kosteus- ja homevauriot rakennuksissa

2.1 Merkittävän kosteus- ja homevaurion määritelmä

Kosteusvaurio on rakenteiden kastumista niin, että ne eivät pääse ajallaan kuivumaan, jolloin rakenteet vioittuvat kosteudesta. Varsin pian kastuneeseen materiaaliin ilmaantuu ympäristöstä mikrobeja, yleensä home- ja hiivasieniä ja bakteereita, joita kansankielellä nimitetään homeeksi. Tuore ja lyhytaikainen rakenteiden ja materiaalien kastuminen voi olla pelkästään kosteusvaurio, mutta tilanne muuttuu nopeasti kosteus- ja homevaurioksi, jos kuivumista ei tapahdu. Muut olosuhteet (lämpötila, ravinto, valo) eivät ole mikrobeille yhtä kriittisiä kasvun kannalta kuin kosteus.

Rakennusten kosteusvauriot ovat Suomessa yleisiä mm. siksi, että meillä on neljä vuodenaikaa, riittävästi sadepäiviä, lunta ja jäätä sekä niiden sulamista, maan kosteuden siirtymistä rakenteisiin ja tilan käyttäjien toiminnasta aiheutuvaa kosteutta rakennuksen sisällä, minkä lisäksi suunnittelussa ja rakentamisessa tehdään virheitä ja rakennukseen valitaan sopimattomia materiaaleja.

Jos mitä tahansa rakennusta tutkitaan perusteellisesti, siitä todennäköisesti löydetään kosteusvaurioita. Suomalaisten rakennusten kosteusvaurioiden yleisyyttä arvioivissa selvityksissä kosteusvaurio on määritelty kussakin selvityksessä eri tavoin, ja kosteusvaurioiden koko, laajuus ja merkittävyys vaihtelevat hyvin paljon. Tämä vaikeuttaa kosteus- ja homevaurioiden yleisyyden arviointia, mikä puolestaan tekee mahdottomaksi väestötasoisien terveydellisen ja kansantaloudellisen arvioinnin. **Onkin tärkeää aluksi määritellä ”merkittävä kosteus- ja homevaurio”.**

Merkittävän kosteus- ja homevaurion määritelmää ei kirjallisuudesta suoraan löydy. Tämä johtuu osittain siitä, että varsinainen terveyshaitan aiheuttaja on vielä löytämättä. Näin asiaa joudutaan lähestymään useammalta suunnalta, kukin taho oman näkemyksensä kautta asiaa määrittäen.

Tilanne on johtanut siihen, että seuraavanlaiset määritelmät ovat käytössä (RIL 250-2011):

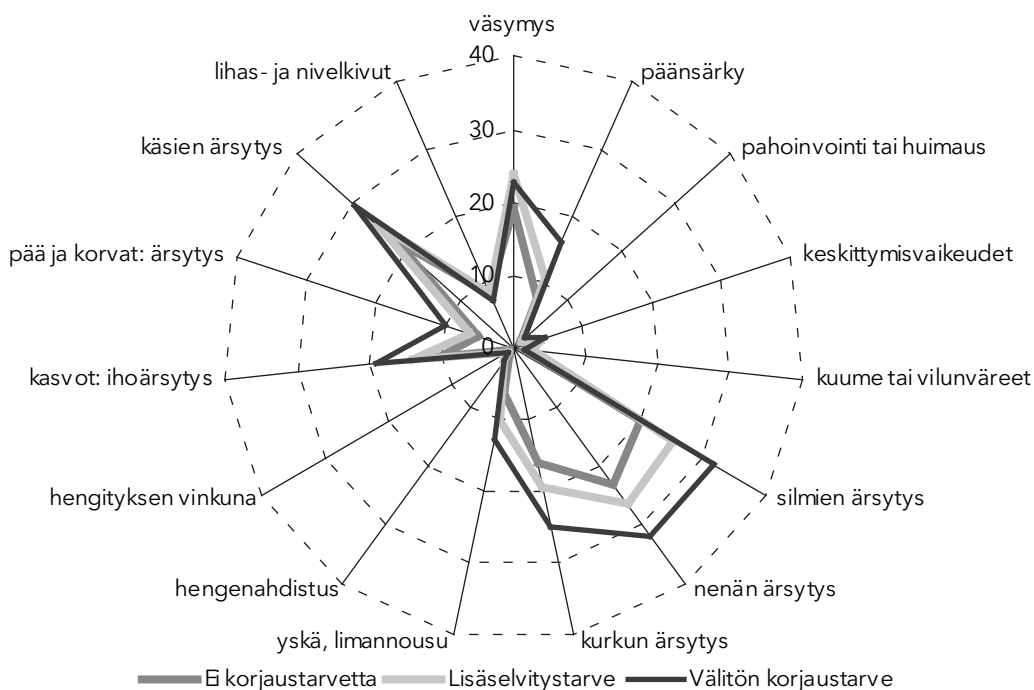
- Kosteusvaurio tarkoittaa liiallisesta tai pitkäaikaisesta kosteudesta aiheutuvaa materiaalin tai rakenteen kosteussietokyvyn ylittymistä tai ominaisuuksien muuttumista siten, että rakenne tai rakenteen osa tulee korjata tai vaihtaa.

- Kosteusongelma on kosteuden esiintymisestä tai kosteusvauriosta syntynyt ongelma, joka voi aiheuttaa esim. homeongelman tai muun haitan.
- Homeongelma on homeen esiintymisestä syntyvä ongelma, esim. homeen vaikutuksesta syntyy terveydellisiä oireita tai muuta haittaa.
- Mikrobivaurio tarkoittaa bakteerien, homeiden, hiivojen ja lahottajien ymv. haitallista esiintymistä rakennuksessa.

Kosteus- ja homevaurion määrittelyminen merkittäväksi ei ole pelkästään tekniseen tarkasteluun perustuva, vaan sen pitää sisältää myös altistumisen todennäköisyyden arviointi, jotta terveydellinen ulottuvuus saadaan mukaan.

Asumisterveysohjeessa (2003) määritellään terveyshaitta siten, että ”terveydensuojelulain 1 §:n nojalla terveyshaitalla tarkoitetaan esimerkiksi asuinympäristössä olevasta tekijästä tai olosuhteesta aiheutuvaa sairautta tai terveyden häiriötä. Lain tarkoittamana terveyshaittana pidetään myös altistumista terveydelle haitalliselle aineelle tai olosuhteelle siten, että sairauden tai sen oireiden ilmeneminen on mahdollista.” Tämä määrittely kattaa myös muut tekijät kuin kosteusvauriot, eikä pelkästään kosteusvaurion mahdollistavan olosuhteen esiintyminen tee vielä tilannetta merkittäväksi kosteusvaurioksi.

Sairaalaympäristössä tehdyissä tutkimuksissa on osoitettu, että rakennusten korjaustarpeen ja koetun oireilun välillä vallitsee korrelaatio siten, että oireilu on voimakkainta siellä, missä korjaustarvekin on kiireellisintä (Reijula ym. 2005, Hellgren ym. 2008). Kuvassa 12 on esitetty korjaustarpeen ja oireiden esiintyvyyden välinen yhteys kuvaajana.



Kuva 12. Sairaalaatyöntekijöiden (n=3 200) sisäilmaan liittämät oireet suhteessa heidän työtilojensa kuntoon. Niissä sairaalan tiloissa, joissa asiantuntijat löysivät välittömän korjaustarpeen, työntekijät raportoivat yleisemmin sisäilmaan liittyvistä oireista verrattuna tiloihin, joissa ei ollut korjattavaa.

Edellä esitetyn perusteella merkittävän kosteus- ja homevaurion määritelmä on seuraava:

Merkittävä kosteus- ja homevaurio voidaan määrittää sellaiseksi vähäistä laajemmaksi rakenteelliseksi viaksi, jonka seurauksena haitallinen altistuminen kosteusvaurioituneista rakenteista ja materiaaleista vapautuville kemiallisille, fysikaalisille ja biologiselle (mm. mikrobiperäisille) epäpuhtauksille on todennäköistä, minkä perusteella korjaustarve voidaan arvioida kiireelliseksi altistumisen vähentämiseksi tai poistamiseksi.

Haitallista altistumista voidaan pitää todennäköisenä, kun rakennuksessa näkyy kosteus- ja homevaurioita sisäpinnoilla, mikrobikasvua todetaan materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa, poikkeavaa altistetta on todettu ilma- tai pölynäytteissä, tilat ovat selvästi alipaineisia tai ilmayhteys on vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta työskentelytilaan (Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2009:18).

2.2 Kosteus- ja homevaurioiden yleisyys

Kosteusvaurioiden yleisyyden arviot vaihtelevat Euroopan eri maissa 2–85 % välillä. Suuri vaihtelu johtuu tutkimuksissa käytettyjen aineistojen, menetelmien ja määritelmien eroista. On myös mahdollista, että kosteusvaurioiden yleisyys eri maiden rakennuskannassa vaihtelee erilaisten ympäristötekijöiden ja rakennusten kunnossapitoon käytettävien resurssien määrän johdosta (Haverinen-Shaughnessy 2009). Rakennuskannan kunto vaihtelee myös rakennusten iän, rakennustavan, kunnossapidon ja korjausten, käytettyjen materiaalien ja rakenneratkaisujen sekä tilojen käytön ja huollon perusteella.

2.2.1 Pientalot ja asuinkerrostalot

Vuonna 1995 tehdyssä Kansanterveyslaitoksen (Partanen ym. 1995, Halla-Aho 2005) pientaloihin kohdistuvassa tutkimuksessa **jopa 82 %:ssa tutkituissa 450 kohteessa todettiin tai oli jo korjattu kosteusvaurio. Korjauksen tai tarkastamisen tarpeessa oli 55 % kiinteistöistä.** Koko maan pientalokantaan suhteutettuna se merkitsi yli 500 000 pientalon tarkastustarvetta (Nevalainen 1995). Kiinteistökannasta eniten kosteusvaurioita havaittiin 1960- ja 1970-luvun taloissa. Myös 1950-luvun kiinteistöissä kosteusvauriot olivat yleisiä ja ne kohdistuivat perusmuurin vuotamiseen (50 %), vesikattovuotoihin (50 %) ja putkisto- ja laitevaurioihin (33 %) (Partanen ym. 1995).

Pientaloja, joissa oli kosteusongelmia tai vaurioita, oli 1950–80-lukujen asuntokannassa noin 700 000 (Partanen ym. 1995). Näistä vaurioista oli vuonna 1995 korjaamatta n. 2/3 ja 1980-luvun taloista 3/4. Tuomaisen (2002) väitöskirjassa asukkaiden oireiden takia **asuntoihin** tehdyissä tarkastuksissa 128 asunnon huonelämpötilan (53 %), huoneilman itiöpitoisuuden (35 %) ja **näkyvien kosteusvaurioiden (56 %)** tavoitetasot ylittyivät. Samankaltaisia tuloksia on esitetty Haverisen väitöskirjassa (2002), jossa **huoneistojen** näkyviä **kosteusvaurioita arvioitiin olevan 20–30 %** tutkituista 240 asunnosta ja asuintalojen **näkyviä kosteusvaurioita arviolta 30–40 %** kaikista tutkituista 390 asuintalosta.

Hengitysliitto Heli tutki pientalojen mikrobivaurioita vuosina 1998-2002 (Pirinen 2006). Tutkimuksessa keskityttiin kohteisiin, joissa asukkaat olivat kertoneet oireilevansa sisäilmasta. Tutkituista 429 pientalosta **71 %:ssa oli kosteusvaurion aiheuttamia mikrobivaurioita yleisimmin alapohjarakenteissa, pesutiloissa ja kellareissa.** Suurin osa vaurioista oli aiheutunut veden valumisesta rakenteisiin tai kapillaarisuuden takia siirtyvästä kosteudesta. Taloissa oli vain muutama ilmanvaihdon puutteellisuudesta aiheutunut vaurio. Aineistossa ei ollut yhtään vauriota, joka olisi aiheutunut rakennusmuovien käytöstä höyrynsulkuna. Mikrobivauriot olivat usein rakenteiden sisällä hankalasti löydettävissä siten, että

niistä ei ollut näkyvissä silmin havaittavia merkkejä (Pirinen 2006).

Kansanterveyslaitoksen tutkimuksessa (Koivisto ym.1995, Halla-Aho 2005) todettiin, että **kerrostaloasunnoista 42-43 % oli korjauksen tai tarkastuksen tarpeessa**. Aikuisväestölle tehdyssä tutkimuksessa (Pirhonen ym. 1996) selvitettiin asuntojen kosteus- ja homevaurioiden yhteyttä asukkaiden hengitystieoireisiin ja sairauksiin. Tutkimuksessa selvisi, että **näkyvää hometta, näkyviä homepilkkuja, kosteusvaurioita tai homeenhajua löytyi 23 %:ssa asunnoista**.

2.2.2 Julkiset rakennukset

Kuntaliitto teetti vuosina selvityksen kosteus- ja homevaurioiden määristä ja syistä **kuntien julkisissa rakennuksissa** (Ruokojoki 2006). Selvitysten mukaan **kosteus- ja homevauriokorjauksia on tehty joka neljänteen julkisen sektorin rakennukseen vuosina 2000–2005**. Vuonna 2005 kosteus- ja homekorjausten syitä olivat suunnittelu- (42 %), rakentamis- (28 %), huolto- (12 %), käyttötapa- (4 %) ja energiansäästövirheet (1 %). Muiden syiden osuus kosteus- ja homekorjauksiin oli 13 %.

Kuntien oman arvion mukaan korjaustarvetta oli yhtä paljon vuonna 2005 kuin v. 2000. Oleellisin muutos vuoden 2000 selvitykseen oli se, että vuonna 2005 kunnat arvioivat 42 %:ssa tapauksia syyn olevan suunnittelussa, kun vastaava osuus oli vuonna 2000 vain 27 %. Yleensä kosteus- ja homevauriot olivat syntyneet pitkän ajan kuluessa ja sisäilmaongelmien syynä oli poikkeuksetta useiden tekijöiden yhteisvaikutus (Hekkanen 2006). Eniten kosteus- ja homevaurioista johtuvia sisäilmaongelmia aiheuttivat perustuksissa ja alapohja- sekä lattiarakenteissa olevat vauriot. Vesikattovuodot ja ilmanvaihdon puutteellinen toiminta olivat tärkeitä taustalla olevia tekijöitä.

Koulurakennuksiin kohdistuvia kosteusvaurioiden tutkimuksia on vähän ja tiedot eivät ole olleet vertailukelpoisia (Haverinen-Shaughnessy 2009). EU:n HITEA (Health Effects of Indoor Pollutants: Integrating microbial, toxicological and epidemiological approaches) -projektista on saatu tietoa Suomen, Alankomaiden ja Espanjan koulurakennusten kosteusvaurioiden esiintymisestä ja vaikutuksista oppilaiden ja opettajien terveyteen. Tutkimustulokset perustuvat rehtoreille tehtyyn kyselyyn sekä asiantuntijoiden tekemiin rakennustarkastuksiin. Suomessa tiedot kerättiin puhelinhaastattelujen avulla ja täydennettiin aikaisemman valtakunnallisen tutkimuksen perusteella, jossa vastauksia saatiin 1 052 (vastausprosentti 42 %). Suomessa rakennustarkastuksia tehtiin 59 koulurakennukseen. **Tutkimuksen perusteella suomalaisissa koulurakennuksissa löytyi kosteus- ja homevaurioita vähintään 24 %:ssa koulurakennuksista** (Haverinen-Shaughnessy ym. 2012). Toisessa tut-

kimuksessa kouluille tehdyssä rehtorikyselyssä (Kurnitski ym. 1996) yli 60 % vastanneista 1 000 rehtorista ilmoitti koulurakennuksessa olevan kosteusvaurioita.

Keväällä 2012 OAJ toteutti kyselyn rehtoreille, opetustoimen työsujeluvaltuutetuille ja päiväkotien johtajille koskien koulujen sisäilmaongelmia ja niiden hallintaa kunnissa. Kyselyn perusteella OAJ raportoi, että **sisäilmaongelmia tuli esiin kahdessa kolmesta koulusta**. Yleisimmät ongelmat liittyivät ilmanvaihdon epäkohtiin ja kosteusvaurioihin, joita raportoitiin yli puolessa mukana olleista koulurakennuksista. Lisäksi todettiin, että sisäilmaongelmien käsittelyssä, asiantuntijoiden ja terveydenhuollon käytössä ja toteutumisessa, ongelmaan liittyvässä päätöksenteossa ja korjausten toteutumisessa ja seurannassa oli puutteita.

1990-luvulla kosteusvaurioita raportoitiin yli puolessa kaikista **päiväkotirakennuksista** (Jaakkola ym. 1994). Päiväkotien sisäilmaa tutkittiin edellisen kerran kuntien ja työsuojelupiirien kautta tehdyllä kyselytutkimuksella (Yli-Pirilä 2010). Terveysvalvonnasta kyselyyn osallistui 67 % Suomen kunnista ja toimitilapäälliköiden vastaukset edustivat 23 % kunnista. Terveysvalvonnan sekä tilapäälliköiden vastausten perusteella sisäilmaan liittyviä selvityksiä tehdään runsaasti. Joka viidettä päiväkotirakennusta ei tarkastettu säännöllisin väliajoin ja tarkastuksia tehtiin vain tarvittaessa. Terveysvalvonnan käytettävissä olevat resurssit sekä päiväkotirakennuksen kunto vaikuttivat tarkastustiheyteen. Suurimmassa osassa kuntia päiväkotirakennusten pitkän tähtäimen suunnitelmaa (PTS) oli tekemättä. Terveysvalvonta ja toimitilapäälliköt arvioivat **kosteus- ja homevaurioiden yleisyydeksi noin 10 %**. Niissä tiloissa, joita ei ole suunniteltu päiväkotikäyttöön, voi olla vaikeaa saavuttaa hyvää sisäilman laatua. Kyselyiden arvion perusteella kiireellisiä korjauksia tarvitsee 4-8 % ja seuraavan viiden vuoden aikana 10-18 % päiväkotirakennuksista. Terveysvalvonnan ja tilakeskuksien resursseja pidettiin riittämättöminä päiväkotien sisäilmaongelmien hoitamiseen.

2.2.3 Sairaalakiinteistöt

Sosiaali- ja terveysministeriön teettämän selvityksen Sairaalakiinteistöjen kunto ja ilmanvaihto (Reijula 2005) mukaan **kymmenen sairaanhoitopiirin sairaalarakennusten pohjapinta-alasta yhteensä 15 % edellytti välitöntä korjausta. Keskeisin yksittäinen syy välittömään korjaustarpeeseen olivat kosteus- ja homevauriot. Välittömien korjausten kustannukset olivat tuolloin noin 400 milj. €**. Vuosina 1996–2002 ilmoitettiin 108 sairaalatyöhön liittyvää kosteus- ja homevaurion aiheuttamaa ammattitautia Suomessa. Selvityksen perusteella sairaalakiinteistöjen rakennuksissa ja ilmanvaihtojärjestelmissä oli ilmeinen tarve peruskorjaukseen ja talotekniikan ajanmukaistamiseen.

2.2.4 Kosteus- ja homevauriot eri toimialojen työpaikkarakennuksissa

Kosteus- ja homevaurioiden yleisyyttä rakennuksissa voidaan tarkastella rakennusteknisen tutkimuksen ohella myös tilan käyttäjien raportoimana löydöksenä (kysely tai haastattelututkimus). Tällöin tulee muistaa, että arvio ei ole tällöin yhtä luotettava kuin ammattilais-ten tekemä tutkimus kohteena olevasta rakennuksesta.

Työterveyslaitoksen teettämän haastattelututkimuksen, Työ ja Terveys Suomessa vuosina 2000-2009 (taulukko 3), mukaan työpaikoilla homeenhajusta raportoitiin yleisesti. Homeen hajusta raportoi esim. opetustoimen ja sosiaali- ja terveydenhuollon työntekijöistä joka neljäs (Reijula 2009).

Taulukko 3. "Homeen ja maakellarin hajua" työpaikoilla (n=3 200, % vastaajista) (Työ ja terveys Suomessa 2000-09)

Toimiala	2000	2003	2006	2009
	%			
Maatalous	29	28	28	20
Rakentaminen	28	31	26	21
Energia- ja vesihuolto	8	0	20	0
Koulutus	17	21	24	23
Terveydenhuolto- ja sos.palvelut	16	19	21	23
Julkinen hallinto, maanpuolustus, pakollinen sosiaalivakuutus	11	14	14	18
Muut yhteiskun. ja henk.koht.palvelut	11	10	10	8
Teollisuus	5	5	7	8
Majoitus- ja ravitsemustoiminta	2	16	12	13
Tukku- ja vähittäiskauppa, ajoneuvojen ja laitteiden korjaus	5	5	7	7
Kuljetus, varastointi ja tietoliikenne	5	7	7	7
Rahoitustoiminta	2	13	7	6

2.2.5 Yhteenvedo kosteus- ja homevaurioiden yleisyydestä

Yhteenvedona kosteus- ja homevaurioiden yleisyydestä eri rakennuksissa sekä syitä vaurioiden syntymiselle tai korjausten siirtämiselle eri-ikäisessä ja -tyyppisessä rakennuskannassa:

- **Sairaalakiinteistöjen pohjapinta-alasta noin 15 % on välittömän korjauksen tarpeessa.** Korjaustarvetta aiheuttaa kosteus- ja homevauriot, tilojen sekä automaatio- ja talotekniikan toimimattomuus, ikääntyminen tai niiden puute. Korjaustarvetta aiheuttavat rakennusten ikääntyminen ja riskirakenteiden esiintyminen vanhassa kiinteistö-kannassa (Reijula 2005).

- **Päiväkotirakennusten kosteusvaurioiden yleisyys on 10-50 %** (Yli-Pirilä, Hyvärinen, Nevalainen 2010, Jaakkola 1994). Sisäilmasto-ongelmien syitä ovat päiväkotirakennusten säännöllisten tarkastusten vähyyys ja rakennusten pitkän tähtäimen suunnitelmien (PTS) puute sekä päiväkotitilojen toimiminen rakennuksissa, jotka eivät ole suunniteltu toimintaa vastaavaan käyttöön. Kunnilla ja terveydensuojelulla ei ole riittäviä resursseja hoitaa päiväkotien sisäilmaongelmia (Yli-Pirilä ym. 2010).
- **Koulurakennusten kosteus- ja homevaurioita on noin 25 %:ssa koulurakennuksista** (Haverinen-Shaughnessy 2012). **Rehtorikyselyn mukaan jopa 60 %:ssa rakennuksista esiintyi kosteusvaurioita** (Kurnitski 1996). Koulurakennusten kosteusvaurioiden yleisyys johtuu mm. ennaltaehkäisevän kiinteistönhoidon ja -huollon puutteesta sekä rakennuskannan ikääntymisestä ja riskirakenteista. **Kosteus- ja homevauriokorjauksia on tehty joka neljänteen julkiseen sektorin rakennukseen vuosina 2000–2005** (Ruokojoki 2005). Julkisten rakennusten (hoito- ja opetusalan rakennukset) korjaaminen painottuu ennen 1970-lukua rakennettuun rakennuskantaan, jossa esiintyy riskirakenteita ja korjaaminen on laajaa. Korjaustoiminnan tai ennaltaehkäisevän huollon merkittävin este on rahoituksen puute. Julkisten rakennusten korjaushankkeissa esiintyy eniten ongelmia kustannusten, työntekijöiden saatavuuden, rakenteissa esiintyvien piilovaurioiden ja korjausten aikana ilmenevien terveysriskien muodossa (Vainio ym. 2002).
- **Pientaloissa 82 %:ssa esiintyi tai oli jo korjattu kosteusvaurio ja korjauksen tai tarkastamisen tarpeessa oli 55 % kiinteistöistä** (Partanen 1996, Halla-Aho 2005). Kosteusvaurioiden yleisyyden syy on mm. rakenteiden ikääntyminen ja eri aikakausille tyypillisimpien riskirakenteiden kosteusvaurioituminen sekä rakennusaikaiset työ- ja suunnitteluvirheet sekä korjausrakentamisessa väärät korjausmenetelmät, korjausmateriaalit ja suunnittelun puute. Suurin este korjaamiselle oli ennen vuotta 1960 rakennetussa kiinteistökannassa rahoitusongelmat. Ennen vuotta 1960 rakennettujen kiinteistöjen korjaukset ovat laajoja, koska tekniikka ja rakenteet ovat ikääntyneitä ja rakennuksissa esiintyy ajalle tyypillisiä riskirakenteita (Vainio ym. 2002).
- **Kerrostaloasunnoista korjauksen tai tarkastuksen tarpeessa oli 42-43 % kerrostaloasunnoista** (Koivisto 1995, Halla-Aho 2005). Kerrostaloasunnoissa korjaushalukkuuden puutetta selitetään asukkaiden korkealla iällä tai sairaudella sekä haluttomuudella sijoittaa korjauksiin (Vainio ym. 2002).
- **Asuntojen tai pientalojen korjauspäätökset tekee yleensä kiinteistön omistaja tai hallitus (75 %)**. Suunnittelun käyttö on vähäistä, ja mikäli sitä käytetään, tulee se

suoraan materiaalivalmistajalta. Suurin este asuntojen korjaustoiminnan aloittamiselle on päätöksenteon ongelmat (Vainio ym. 2002).

2.3 Rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajia

2.3.1 Yleisimmät kosteusvaurioiden aiheuttajat

Huomattavassa osassa Suomen rakennuskannasta on kosteus- ja homevaurioita (Hautajärvi 2011). Yleensä vauriot ovat syntyneet rakennuksiin pitkällä aikavälillä ja sisäilmasto-ongelma on useasti monen tekijän summa (Hekkanen 2006). Syynä voivat olla muun muassa 1960-luvulta lähtien yleistyneet kosteusvauriolle alttiit rakenteet ja materiaalit sekä suunnittelu- ja rakentamisprosessin pirstaleisuus, huolimattomuus, rakennusvirheet ja työmaasuojauksen puutteellisuus (Hautajärvi 2011). Lisäksi rakennusten vääränlainen käyttö ja puutteellinen rakennuksen huolto ja kunnossapito voivat aiheuttaa rakenteille suunniteltua suurempaa kosteusrasitusta, jonka johdosta rakenne vaurioituu. Rakenne voi olla myös virheellisesti toteutettu tai suunniteltu (Hekkanen 2006, Jokiranta ym. 1999, Hautajärvi 2011). Suuri osa rakennusten sisäilmasto-ongelmista johtuu kiinteistöjen kunnossapidon puutteesta ja viivästyneistä korjauksista (Pekkola & Metiäinen 2011). Kiinteistönpidossa on vuodesta toiseen tiedostamatta kiinteistön suunnitelmallinen, ennaltaehkäisevä huolto ja kunnossapito sekä sen merkitys (Vainio ym. 2002).

Kosteus- ja homevaurioista, niiden syntymekanismeista ja korjaamisesta on olemassa runsaasti tietoa, oppikirjoja ja oppaita jo 1990-luvun puolivälistä alkaen. Näistä esimerkkeinä ovat Sisäilmayhdistyksen raportti Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden torjunta vuodelta 1996, Ympäristöopas 29 Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus vuodelta 1997, RT-kortti 80-10712 Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot vuodelta 1999 ja viimeisimpänä RIL250-2011 Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen vuodelta 2011. Tässä tutkimusraportissa ei tarkemmin toisteta sitä tietoa, joka löytyy oppikirjoista ja asiantuntijaohjeista. Raporttimme tarkastelee näitä moniulotteisia kysymyksiä lähinnä niiden mekanismien kautta, jotka tuottavat kosteusvaurioihin liittyviä ongelmia erityisesti pohtien merkittävien ja laaja-alaisen kosteus- ja homevaurioiden syitä.

Kosteusvaurioiden taustalla olevia tyypillisimpiä syitä ovat riskialttiit suunnitteluratkaisut, puutteet työmaan kosteudenhallinnassa, virheet työmaatoteutuksissa ja kunnossapidon laiminlyönnit sekä rakenteiden luonnollinen kuluminen tai vaurioituminen elinkaarensa päässä.

Erityisesti rakennuksen elinkaaren loppuminen näyttää johtavan vääjäämättä sisäilmaongelmiin, joista terveyden kannalta kosteus- ja homevauriot ovat merkittävimpiä osatekijöitä.

Sairaalaympäristössä tehdyissä tutkimuksissa on osoitettu, että korjaustarpeen ja koetun oireilun välillä vallitsee ajallinen yhteys siten, että oireilu on voimakkainta siellä, missä korjaustarvekin on kiireellisintä (Reijula ym. 2005, Hellgren ym. 2008). Kuvassa 12 (s. 63) on esitetty korjaustarpeen ja oireiden esiintyvyyden yhteys kuvaajana.

Taulukko 4. Lisäselvitystarpeen ja välittömän korjaustarpeen rakennustekniset arviointiperusteet (Reijula ym. 2005)

Lisäselvitystarpeen arviointiperusteet	Välittömän korjaustarpeen arviointiperusteet
<ul style="list-style-type: none"> VSS-tila alapuolella, hiekkatilan kosteus selvittämättä tai rakenteessa läpivientiongelmia parveke vuotanut väliseinään kipsilevyrakenteisten pesutilojen kunto osin tutkimatta kaksoislaattavälipohjissa orgaanisia eristeitä tai masuunikuonaa tilojen alla maapohjaisia, tuulettamattomia onkalotiloja rakennekosteuden mahdollisesti aiheuttamien vaurioiden tutkimukset kesken kattoikkunavuotoja, kattovuotoja ikkunaseinällä vuotojälkiä, vesikatkon vastaiset ulkoseinärakenteet maanvastaisen tilan ulkoseinät 	<ul style="list-style-type: none"> alapohjan kosteus ulkoseinissä kontaminoitunutta materiaalia, ulkoseinän kastuminen puutteellisen suojauksen takia korjaustöiden aikana välipohjissa kontaminoitunutta materiaalia, välipohjissa kosteus- ja homevaurioita parvekkeen vesieristys pettänyt rakennekosteus vaurioittanut lattiapinnoitteita kipsilevyrakenteisten pesutilojen vesieristeet puutteelliset, pesutiloissa merkkejä kosteusvaurioista, kosteiden tilojen vedeneristykset puuttuvat ja/tai lattiassa käytetty sementtimosaikkilaattaa tiloissa todettiin maakellarimaista hajua kattovuotoja ikkunoiden vesivuodot pihakannen vesieristys vuotaa viemärivuoto tms. tekniset järjestelmät elinkaarensa lopussa (LVISA)

Rakennuksen elinkaaren päättymiseen liittyvät ongelmat voidaan välttää varautumalla tuleviin, ennakoitavissa oleviin korjauksiin suunnittelemalla peruskorjaukset ajallaan.

Kunnossapitokustannusten ennakointiin tulisi säästää noin 0,5-1,5 % rakennuksen hankintahinnasta vuotuisesti. Kunnossapitokustannusten lisäksi ainakin kuntien kiinteistöissä tulisi varautua erilaisiin toiminnallisiin muutoksiin, joka voidaan arvioida yhtä suureksi kuin kunnossapidon kustannukset ovat.

Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden taustalla on havaittavissa seuraavia rakennushankkeen prosessinhoitoon liittyviä virheitä, jotka olisivat poistettavissa riittäväällä tilaajaosaamisella ja asennemuutoksella (RIL 250-2011):

• **Hankkeen kokonaishallinta ontuu**

Tilajataho olettaa suunnittelijoiden ja toteuttajien hoitavan ”automaattisesti” virheettömän kosteudenhallinnan. Rakennushankkeen aikataulut laaditaan kustannuspaineessa liian kireiksi, eivätkä ne salli muutoksia tai eri syistä aiheutuvia häiriöitä. Kuivumisaikeihin ja sääolosuhteiden hallintaan ei aikataulusuunnittelussa kiinnite-

tä riittävästi huomiota. Tilajaosaamista tulee parantaa ja edellyttää rakennuttajakonsulteilta ja suunnittelijoilta hankkeen parempaa hallintaa. Konsulttisopimuksia (KSE 2012) tulisi kehittää siten, että konsultin vahingonkorvauksen yläraja ei rajoitu pelkästään kokonaispalkkion suuruiseksi.

- **Suunnitteluun ei panosteta**

Rakennusprosessin selkeä riskikohta on vähäinen panostus suunnitteluun. Kosteudenhallinnan kannalta kriittisten kohtien suunnitelmat ovat puutteellisia tai jäävät kokonaan tekemättä. Koska nykyinen toimintatapa ei selvästikään estä kosteusvaurioiden syntymistä, **tarvitaan viranomaistoimintaa vaatimaan tuottamaan puuttuvat elementit, kuten kosteudenhallintasuunnitelmat, jo ennen itse rakentamisen aloittamista.**

- **Rakentamisen sääsuojaus ja olosuhdehallinta eivät ole kunnossa**

Työmaan rakenteiden, rakennusmateriaalien ja rakenneosien sääsuojaus ja olosuhdehallinta on tavallisesti hoidettu puutteellisesti. Tässä tarvitaan rakennusalan omaa asennemuutosta, koska luotetaan vanhoihin tapoihin. Tilajaajan etu on ottaa hankkeeseen erityinen **asiantuntija/valvoja kosteuden- ja puhtaudenhallintaan.** Tällainen toimija maksaa varmasti itsensä takaisin estämällä kosteusongelmien syntymistä ennakolta. Rakentajalta tulee myös edellyttää omaa valvontaa vaatimalla **erityisesti koulutetun kosteudenhallinnasta vastaavan työnjohtajan saamista rakennusvaiheeseen.** Julkisissa rakennushankkeissa tämä tulisi saada käytännöksi mahdollisimman nopeasti.

- **Käytössä ja ylläpidossa on puutteita**

Omistajien usein valitettavan ponneton ylläpitotapa luo helposti edellytyksiä kosteus- ja homeongelmiin, kun niihin ei puututa välittömästi. Myös kiinteistönhoidon kilpailutus pelkän hinnan perusteella ei luo edellytyksiä jatkuvuudelle kiinteistönhoidollisissa käytännöissä. Ilmanvaihdon puutteellisuus ja säätöongelmat luovat puitteet vakavampien sisäilmaongelmien muodostumiselle. Ilmanvaihtoa on käsitelty tarkemmin muissa luvuissa.

- **Muutokset rakennuskannassa, materiaaleissa ja käyttötavoissa**

Uudet rakenneratkaisut ovat mm. kerroksellisuutensa takia huomattavasti herkempiä suunnittelu-, rakennus- ja käyttövirheille kuin vanhat massiivirakenteet. **Ilmanvaihtotekniikan muutokset** asettavat lisääntyvästi käytön ja hallinnan

haasteita energiansäästövaatimusten kiristyessä. Monella alueella Suomessa on otettu käyttöön keskeisen sijaintinsa takia tonttimaata, jossa vallitsevat **epäedulliset perustamis- ja kosteusolosuhteet**. Rakennusten kosteuslähteet ja käytön aiheuttamat kosteusrasitukset ovat erityisesti asuinrakennuksissa muuttuneet olennaisesti.

- **Hankeprosessin muutokset**

Hankkeet pilkotaan yhä useampien osapuolten tehtäviksi, jolloin **vastuu hämärtyy ja valvonta vaikeutuu**. Rakentamisen kustannustehokkuutta on pyritty parantamaan jopa näännyttävällä kilpailuttamisella ja alihankintaketjuilla. Valitettavan usein tämä tapahtuu laadun ja erityisesti kosteudenhallinnan kustannuksella. **Onko meillä enää varaa rakentaa ”näennäisen” halvalla, jos lopputulos on nykyisen kaltainen?** Erityisesti julkisissa hankinnoissa hinnan merkitys laadun kustannuksella ei saa painottua. Myös alihankinnan ketjutuksen määrää tulisi voimakkaasti rajoittaa ja edellyttää pääurakoitsijalta riittävää minimimiehitystä työmaalla, ettei siellä ole pelkästään alihankkijoita.

Hankeprosessin pettäminen näkyy lopullisesti loppukäyttäjien terveysongelmina. Rakentamisessa lähtökohtana on tuottaa loppukäyttäjälle terveellinen ja turvallinen tila tiettyä käyttötarkoitusta varten. Turvallisuudesta osataan huolehtia mm. viranomaismenettelyillä niin, etteivät rakennukset juurikaan sorru, mutta terveellisyyden varmistamiseen tulisi nyt panostaa vastaavasti kaikissa hankkeen vaiheissa.

Putkistovuodoista aiheutuvien vesivahinkojen osuus rakennusten kosteusvaurioihin on merkittävä (Rakennuslehti 2010a). Vuotovahinkojen osuus on asuinrakennuksissa jo useita vuosia muodostanut palovahinkoja suuremman korvausmenon (Pelto-Huikko ja Kainisto 2012). Vakuutuksenottajille jää vuotovahingoissa usein ikävähennyksien takia osa vahingon määrästä vakuutuksesta saamatta. Omavastuun merkitys on vuotovahingoissa suurempi, koska vuotovahinkojen keskikoko on huomattavasti palovahinkojen keskikoko pienempi. Tästä syystä kiinteistöjen omistajilla pitäisi olla hyvä peruste teettää putki-remontti ennen kuin vuotavien putkistojen korjauskustannukset rasittavat vakuutuksenottajan taloutta kohtuuttomasti.

Finanssialan keskusliitto teetti vuosina 2002–2003 selvityksen putkistovuotojen aiheuttajista ja vuotopaikoista. Selvitys tehtiin uudelleen vuosina 2008–2009. Oleellisin muutos oli se, että viemärivuodot ja -tukkeutumiset sekä astianpesukonevuodot olivat lisääntyneet vuosien 2002–2003 selvityksestä. Viemäreiden tukkeutumisten lisääntyminen oli johtunut osit-

tain niiden ikääntymisestä (Pelto-Huikko ja Kaunisto 2012). Myös asennustyön laadussa on parannettavaa, sillä jo 2000-luvuilla asennetuissa putkistoissa oli vuotoja.

Vuotovahinkojen määrä ja vahingoista maksetut korvaukset ovat kasvaneet aina 1980-luvulta alkaen. Vuonna 1990 vuotovahinkoja (sisältää yritykset, yhteisöt ja kotitaloudet) oli noin 27 000 kpl, joista maksettiin korvauksia noin 50 milj. €. Vastaavasti **vuonna 2010 vuotovahinkoja oli noin 40 000 kpl ja korvauksia maksettiin noin 150 milj. €** (Finanssialan Keskusliitto 2009, Lehto 2012).

2.3.2 Talotekniikkajärjestelmät rakennusten kosteusvaurioiden aiheuttajina ja ehkäisijöinä

Talotekniikkajärjestelmät voivat aiheuttaa rakennukseen kosteusvaurioita joko suoraan esimerkiksi putkistovuotoina tai vauriot syntyvät epäsuorasti, kuten riittämättömään ilmanvaihtoon liittyen. Talotekniisiin järjestelmiin liittyvät ongelmat johtuvat yleensä laitteiden suunnittelu-, asennus-, huolto- ja käyttövirheistä. Järjestelmät uusitaan usein myös liian myöhään. Talotekniikkajärjestelmät on suunniteltava siten, että on mahdollista myöhemmin tehdä tilojen tavanomaisia käyttötarpeen muutoksia. Ennakoivalla huollolla ja kunnossapidolla varmistetaan järjestelmien toiminta suunnitellulla tavalla ja estetään järjestelmiä aiheuttamasta kosteusvaurioita rakennukseen.

Talotekniikkajärjestelmät on uusittava viimeistään silloin, kun niiden tekninen käyttöikä on täyttynyt. Järjestelmien uusimista ja laitteiden korjauksia ei saa pitkittää. Korjaustapoja ja -menetelmiä sekä materiaaleja, joiden kestoikästä ei ole varmuutta tai joiden laadussa on havaittu suurta vaihtelua, on vältettävä. Järjestelmien suunnittelu-, asennus-, huolto-, kunnossapito- ja korjaustyössä on panostettava työn laadun parantamiseen ja työn valvontaan.

Talotekniikkajärjestelmien katsastus/tarkastustoimintaa on kehitettävä ja sen ohjausta normiohjauksena harkittava. Talotekniikkajärjestelmien kuntoarvio on tehtävä rakennuksen muun kuntoarvion yhteydessä. Ensimmäinen kuntoarvio tulee tehdä viimeistään kymmenen vuoden kuluttua siitä, kun järjestelmä on asennettu. Kuntoarviota on päivitettävä viiden vuoden välein. Kuntoarvion perusteella harkitaan tarkemman kuntotutkimuksen tekemistä. Putkistojen kuntotutkimus tulee tehdä viimeistään 15 vuoden kuluttua niiden asennuksesta.

2.3.2.1 Lämmitysjärjestelmät

Yleisin syy väärään huonelämpötilaan on **huonosti toimiva lämmityksen säätö**. Rakennuksen lämmitysjärjestelmien toiminnasta, vesivirtojen tasapainotuksesta ja huoneiden lämpötilan säädöstä on pidettävä huolta säännöllisillä tarkastusmittauksilla (Seppänen ja Seppänen 1996, Seppänen 2001).

Vesikiertoisten keskuslämmitysjärjestelmien vuodot saattavat aiheuttaa rakennukseen kosteusvaurioita, mutta yleensä **järjestelmien putkistovuodot** ovat helposti havaittavissa (Seppänen 2001, Motiva 2009). Laajoissa järjestelmissä on pienten vesivuotojen havaitseminen kuitenkin vaikeaa. Mikäli verkostoon joudutaan lisäämään vettä, syynä tähän voi olla putkistovuoto. Siten vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien vedenlisäystarvetta on tarkkailtava vuotojen havaitsemiseksi.

Lämmittämättömän tilan esimerkiksi lasitetut parvekkeet, ulkonevat kuistit sekä lämmittämättömät autotallit (RakMK C3 2010), sisälämpötila seuraa lämmityskaudella yleensä ulkoilman lämpötilaa. Rakenteiden lämpötila muuttuu suuremman lämpökapasiteetin vuoksi ilman lämpötilaa hitaammin. Tämä saattaa aiheuttaa tietyissä säävaihteluissa ilmassa olevan **kosteuden tiivistymisen rakenteiden pinnoille**.

Lämmityksellä estetään vesijohtoja ja vettä käyttäviä laitteita jäätymästä ja aiheuttamasta vesivahinkoa rakennukseen sekä säävaihtelujen aikana sisäilman suhteellisen kosteuden kohoaminen haitallisen suureksi ja estetään näin veden tiivistyminen rakenteisiin ja niiden pinnoille.

2.3.2.2 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Nykyinen vedenkäyttömme, joka on noin 100–300 litraa päivässä henkilöä kohden (Motiva 2012), aiheuttaa rakennuksissa moninkertaisen kosteuskuormituksen aiempaan käyttöön verrattuna. Rakennusten vesi- ja viemäriverkostojen vuodot aiheuttavat rakennukseen kosteus- ja epäpuhtauskuormitusta, joista saattaa aiheutua merkittävää haittaa tilojen käyttäjille. Putkistojen ikääntyminen ja pesukoneet ovat lisänneet kotitalouksissa tapahtuvia vuotovahinkoja (Pailokari 2007). Putkiremontteja tehdään tarpeeseen nähden liian vähän ja niiden määrän on arvioitu kasvavan lähivuosina. Putkistoja korjataan eri menetelmillä ja vaihtoehtoiset menetelmät ovat jo osittain korvanneet perinteistä linjasaneerausta (Merkelin-Rantala ja Rautiainen 2008, Pekkinen 2011). Putkistojen korjausmenetelmistä, erityisesti pinnoituksesta ja sen kestoikästä, on erilaisia näkemyksiä.

Rakennuksen sisäpuolisten putkistovuotojen aiheuttamien kosteusvaurioiden havaitseminen on vaikeaa, jos vesivuoto on rakenteen takana. Piilevät kosteusvauriot tulevat usein esille vasta rakenteen purkamisen yhteydessä. **Putkivuotoja voidaan ennaltaehkäistä laitteiden oikealla suunnittelulla ja asennuksella sekä riittävällä huollolla ja kunnossapidolla. Laitteet olisi kunnostettava tai uusittava jo ennen ensimmäisen vuodon esiintymistä** (Seppänen ym. 1997). Laitteet on asennettava siten, että ne ovat helposti tarkastettavissa, huollettavissa ja vesivuodot havaittavissa. Vettä käyttävien laitteiden kuten astianpesukoneiden asennuksiin sekä lattiakaivojen asennustekniikkaan ja lattioiden kallistuksiin tulee jatkossa kiinnittää aikaisempaa enemmän huomiota. Vuotojen havainnointiin on käytettävä varmatoimisia menetelmiä.

Kaupunkien sekavesiviemäreiden ongelmana on verkoston kapasiteetin ylittyminen tulvien ja rankkasateiden aikana, jolloin **tulvivat viemärit** saattavat aiheuttaa huomattavaa vahinkoa rakennuksille. Tilannetta pahentaa se, että ilmastonmuutoksen on arvioitu kasvattavan tulvien ja rankkasateiden määrää (Jylhä 2012). Tämän vuoksi viemäriverkostojen tulvan hallintaan, padotuskorkeuteen, hulevesien poisjohtamiseen ja verkostojen takaisin virtauksen estämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. **Tulvariskin ja tulvimisen aiheuttamien haittojen takia sekavesiviemäreistä tulee yleisesti pyrkiä eroon** (Ranta-Pere 2009, Kuntaliitto 2012).

Rakennusten sadevesiputkistojen vuotoja voidaan ennaltaehkäistä pitämällä kattokai-vot ja räystäskourut puhtaana ja sulana sekä sijoittamalla jokaisen syöksytorven alle sadevesikaivo tai johtamalla sadevedet hallitusti maan alla oleviin sadevesiviemäriin (Seppänen ym. 1997). Syöksytorvi on sijoitettava siten, ettei se aiheuta roiskumista ympäristöön. Sadevettä ei saa ohjata salaojaverkostoon.

Putkiston ensimmäinen kuntotutkimus on tehtävä viimeistään 15 vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta tai putkistojen saneerauksesta tai putkistossa on ollut havaittuja vesivuotoja yli kolme kappaletta, tai yksi vakava vesivuoto viimeisen kahden vuoden aikana (Helenius ym. 1998). Rakennuksen kiinteässä putkiverkossa oleva vesivuoto katsotaan olevan vakava, jos se on annettu vakuutusyhtiön korvattavaksi. Jos kiinteistöllä ei ole vakuutusta, voidaan vesivahinko katsoa sellaiseksi, joka on aiheuttanut huomattavia taloudellisia kustannuksia.

2.3.2.3 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Ilmanvaihdolla pyritään toisaalta siihen, että ilmanvaihto kuljettaa rakennuksessa syntyvän liiallisen kosteuden pois, ja toisaalta pyritään muuttamaan rakennuksen paineroja siten, ettei kostea sisäilma pääse rakenteisiin. Rakennus suunnitellaan yleensä

ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa (esimerkiksi Pellinen 2012). Rakennuksen liiallista alipaineisuutta on vältettävä. Hyvä ilmanvaihto edistää myös kylpyhuoneiden ja muiden märkätilojen kuivana pysymistä. Kosteuden hallinnan kannalta vaativia kohteita ovat esimerkiksi kylpylät ja uimalat, joissa ilman lämpötila ja kosteus ovat korkeita.

Rakennusten ilmanvaihdolla on keskeinen merkitys sisäilman laatuun. Ilman tulee vaihtua sisätilojen lisäksi niin ullakkotilassa, seinien tuuletusraoissa kuin ryömintätilassa (Seppänen 1996, Seppänen 1999, SIY 2008). Huonetilojen ilmanvaihtoa on ohjattava tilojen käyttötärpeen mukaan siten, että ilmanvaihto täyttää Suomen rakentamismääräyskoelman osassa D2 annetut ohjeet (RakMK D2 2012). Sisäilman laadun ylläpitäminen tulee tiiviissä rakennuksessa perustumaan entistä enemmän koneelliseen ilmanvaihtoon. On todennäköistä, että ilmanvaihdon toiminnassa olevat puutteet näkyvät tiiviiden rakennusten sisäilman laadussa epätiivitä rakennuksia voimakkaammin. Tämän vuoksi ilmanvaihdon toimintaan ja riittävyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikaa tulisi seurata esimerkiksi käyntiaikamittarilla.

Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea, eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin eikä niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita tai muuta haittaa (RakMK D2 2012). **Mikäli ilmaa kostutetaan, on ilman kostutus ja kostutuslaitteiden vedenkäsittely suunniteltava ja toteutettava siten, että kostutus ei heikennä sisäilman laatua.**

Kosteuden ja epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteisiin ja muihin tiloihin on estetävä paine-erojen lisäksi rakenteiden ja niiden liitosten sekä läpivientien riittävällä tiiviydellä.

Ryömintätilan kunnollisesta tuuletuksesta on huolehdittava (RakMK C2 1998, Seppänen 1999, Kurnitski 2000, Airaksinen 2003, Lehtonen 2011). Ryömintätila tuuletetaan yleensä sokkelin tuuletusaukkojen tai -putkien kautta ulkoilmaan. Ryömintätila voidaan tuulettaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti esimerkiksi katolle vietävillä tuuletusputkilla. Ryömintätilaan ei saa muodostua umpinaisia, väliseinien tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja. (RakMK C2 1998). Ryömintätilan tuuletusaukkoja ei saa missään tapauksessa sulkea kokonaan.

Kylmien ullakkotilojen tuuletus voidaan toteuttaa tilaan ulkopuolelta johtavien tuuletusaukkojen, -rakojen tai venttiilien kautta (RakMK C2 1998). Näiden yhteenlasketun pinta-alan tulisi olla vähintään 4 promillea yläpohjan pinta-alasta. Tilaan johtavat aukot, raot ja venttiilit on sijoitettava siten, että koko yläpohja tuulettuu.

Ulkoerohouksen tausta on tuuletettava, ellei kosteus pääse muutoin poistumaan rakenteesta (RakMK C2 1998). Rakenteen tuuletusväliin tai -tilaan johtavien tuuletusaukkojen tai -rakojen tulee sijaita niin, ettei tuuletusväliin tai -tilaan jää vain yhdeltä reunalta avoimia heikosti tuulettuvia alueita. Ulkoseinän ilmaraon tuuletus on sitä tärkeämpää mitä huonommin ulkoerohous läpäisee vesihöyryä. Valitettavan usein ilman pääsy ilmaraokoon on kuitenkin estynyt rakoon tippuneen laastin tai muun syyn takia (Seppänen 1999).

Ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteisiin kertyy kosteutta ulkoilman sisäänoton kautta, kondenssivetenä ja kostutuslaitteista. Lumen ja veden pääsyä ilmanvaihtojärjestelmään on vaikea estää kokonaan, mutta sitä voidaan vähentää teknisin toimenpitein muun muassa suurentamalla ulkoilmasäleikön otsapinta-alaa, käyttämällä ulkoilma-aukossa veden ja lumenerottimia tai esilämmityspatteria. Jäähdytyspattereiden kondenssiveden poisjohtamisessa on usein puutteita, jotka johtuvat muun muassa kondenssivesialtaiden vääristä kallistuksista, jäähdytyspattereiden liian suurista otsapintanopeuksista ja puuttuvista pisaaranerottimista. **Koneiden ja konehuoneiden vesilukkojen ja lattiakaivojen toimintaa on seurattava jäähdytys- ja lämmityskauden aikana. Ilmanvaihtokanavat on eristettävä tarvittavilta osin kondenssin välttämiseksi.**

Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien puhtaus, toiminta ja kunto on tarkastettava säännöllisesti laitteiden huolto-ohjeiden mukaan. Tästä huolimatta ilmanvaihtojärjestelmien kunnossapito ja puhdistus on täysin moitteetonta vain 5–10 % järjestelmistä (Korkala ja Laksola 2009). Tilannetta pahentaa se, että ilmavaihtojärjestelmien puhdistusta koskeva Sisäasianministeriön asetus 802/2001 on vanhentunut vuoden 2006 lopussa. Asetuksessa oli esitetty määrävälit (1 tai 5 vuotta) ilmanvaihtojärjestelmien puhdistukselle sekä puhdistuksen yhteydessä tehtävälle palonrajoittimien ja kanavien tiiviyyden tarkastukselle. Asetuksen kumoaminen saattaa johtaa siihen, että ilmanvaihtojärjestelmien puhdistaminen jää tekemättä, vaikka siihen olisi tarvetta. Pelastuslaki 29.4.2011/379 määrää kuitenkin rakennuksen omistajan, haltijan ja toiminnanharjoittajan huolehtimaan siitä, että ilmanvaihtokanavat ja -laitteet on huollettu ja puhdistettu siten, että niistä ei aiheudu tulipalon vaaraa. Ilmanvaihtojärjestelmien hygieniaan pelastuslaki ei ota kantaa. Ilmavirtojen mittaus ja tasapainotus on tehtävä aina järjestelmien puhdistuksen jälkeen. Ilmanvaihtojärjestelmät on huollettava säännöllisesti laitteiden huolto-ohjeiden mukaan.

2.3.2.4 Jäähdytys- ja kylmätekniset järjestelmät

Jäähdytys- ja kylmälaitteita käytetään rakennuksissa muun muassa tilojen jäähdytykseen, ilman kuivaamiseen ja elintarvikkeiden säilytykseen. Kylmälaitteiden jäähdytysprosessi on yleensä toteutettu käyttämällä kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen perustuvaa koneistoa (Aittomäki ym. 1992). Veden kondensoitumista tapahtuu jäähdytysvesiputkis-

tojen ja laitteiden pinnoille, joiden lämpötila on niihin kosketuksessa olevan ilman kastepistelämpötilaa matalampi.

Rakennusten ilmastointijärjestelmissä käytetään keskitettyjä ja paikallisia jäähdytyslaitteita (Seppänen ym. 2004). Paikallisten jäähdytyslaitteiden toiminta perustuu kierrätysilman jäähdyttämiseen ja ne vaativat tavanomaista enemmän huoltoa. Niiden puhtaudessa ja kondenssiveden pois johtamisessa on havaittu olevan puutteita (Asikainen 2006).

Energian hinnan kallistuessa lämpöpumppuja on asennettu erityisesti pientaloihin aikaisempaa enemmän (Motiva 2011). Lämpöpumppuihin perustuvia kuivaajia on käytetty myös pientalojen ala- ja yläpohjissa ilman kuivaamiseen (Helsingin Sanomat 2010). Joissakin tapauksissa alapohjaa ei ole tuuletettu, jolloin ilmassa oleva kosteus on poistettu koneellisella kuivaimella. Alapohjiin asennettujen kuivaimien toiminnassa on ollut kuitenkin vakavia ongelmia (Rakennuslehti 2010b). Lisäksi tuulettamaton alapohja ei täytä Suomen rakentamismääräyksen vaatimusta, joka edellyttää alapohjan tuulettamista (RakMK C2 1998). Energian säästämiseksi on koeluonteisesti tutkittu alapohjan lämmön hyödyntämistä lämpöpumpulla sisätilojen lämmitykseen. Tämän on kuitenkin havaittu lisäävän kosteutta alapohjassa ja -rakenteissa (Lehtonen 2011).

Rakennuksen jäähdytys- ja kylmävesiputkistot on eristettävä huolellisesti kondenssin välttämiseksi (TalotekniikkaRYL 2002). Lämmönsiirtopinnoille kondensoituvan veden viemäröinnistä ja hallitusta veden poisjohtamisesta on huolehdittava. Kondenssivettä ei saa johtaa esimerkiksi rakennuksen alapohjatilaan. Viemäröinnin toiminta on tarkastettava säännöllisesti.

Rakennuksen omistajan on huolehdittava **kylmälaiteiden vuoto- ja ilmastointijärjestelmien energiatehokkuustarkastusten** teettämisestä (Finlex 2009, Finlex 2011). Samassa yhteydessä kannattaa toteuttaa myös kylmälaiteiden vuototarkastukset, koska tarkastusten tekijät ovat samoja (Motiva 2011).

2.3.2.5 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaatiojärjestelmillä pyritään ohjaamaan talotekniikkajärjestelmiä siten, että rakennukseen saavutetaan suunnitelman mukaiset olosuhteet (Rakennusautomaatiojärjestelmät 1993). Rakennusautomaatiolla pyritään myös kondenssin hallintaan, kuten jäähdytyspalkkijärjestelmässä, jossa palkkien jäähdytysveden lämpötilaa säädetään ulkoilman kastepisteen mukaan. Järjestelmien säätö ja viritys tehdään rakentamisen yhteydessä yleensä lyhyen aikataulun puitteissa. **Rakennusautomaation toiminta on tarkastettava säännöllisesti laitetoimittajien antamien tarkastus- ja huolto-ohjeiden mukaan.** Ra-

kennusautomaatiojärjestelmien tarkastustoimintaa olisi kehitettävä. Tämä edellyttää tekijöiltä LVI-prosessien ja rakennusautomaatiojärjestelmien riittävää tuntemista ja teknistä osaamista järjestelmien toiminnasta.

2.4 Kosteusvaurioihin ja muihin sisäilmaongelmiin liittyvät haittatekijät

2.4.1 Yleistä sisäympäristön haittatekijöistä ja niihin liittyvistä ohjeista

Yleisimpiä sisäympäristöongelmien aiheuttajia ovat riittämätön ilmanvaihtuvuus tai veto, liian korkea tai matala lämpötila tai kuiva sisäilma. Sisäilman laatua heikentävät myös fysikaaliset, kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet (Salonen ym. 2011), kuten kosteusvaurioista kulkeutuvat mikrobiepäpuhtaudet, materiaalien päästöt sekä teolliset mineraalikuidut (Salonen 2009). Sisäympäristöhaittojen kokemiseen voivat vaikuttaa psykososiaaliset tekijät, kuten esim. tyytymättömyys työhön ja liian kuormittava työ sekä henkilökohtainen hyvinvointi (Lahtinen 2004). Edellä mainittujen tekijöiden lisäksi haittaa voivat aiheuttaa eläinpölyt, melu, siivoamattomuus, huonepöly, ulkoilman epäpuhtauksien kulkeutuminen sisätiloihin, radon ja erilaiset rakennusmateriaalien päästöt (Haahtela ja Reijula 1997).

Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen sisäilman haittatekijöille asettamat ohjeet perustuvat terveydensuojelulain nojalla julkaistuihin suosituksiin, terveydensuojeluviranomaisten käytännön kokemukseen ja päätöksiin, kansainvälisiin tieteellisiin tutkimuksiin ja mikrobiologisissa ohjeissa Kansanterveyslaitoksen (nykyisin THL) tutkimuksiin (Asumisterveysopas 2008). Ohjeita käytetään erityisesti asunnon tai muun oleskelutilan olosuhteen sisäilmasto-ongelmien tunnistamiseen. Terveydensuojelulain asumisterveyttä koskevaa osuutta ollaan parhaillaan muuttamassa. Samalla valmistellaan asumisterveysohjeen muuttamista STM:n asetukseksi. Tavoitteena on, että lakimuutos saadaan eduskuntaan keväällä 2013 ja että laki tulee voimaan kesällä 2013. Tarkoitus on myös, että uusi asumisterveysasetus (luonnos) on eduskuntaan menevän lakimuutoksen liitteenä. STM on toiminut viime vuosina niin, että kun uusi STM:n asetus on tullut voimaan, niin sen soveltamisopas (jota soveltamista Valvira jatkossa valvoo) on julkaistu samanaikaisesti. Nyt soveltamisopas tulee olemaan käytännössä se, mitä asumisterveysohjeesta jää säädösten ulkopuolelle ja soveltuvia osia asumisterveysoppaan tekstiä (Jari Keinänen, henk koht tiedonanto, STM 2012).

STM:n asunnoille asettamien ohjeiden soveltaminen muihin kuin asuntorakennuksiin on ollut mahdollista, mutta ei ongelmatonta, koska asunnot ja muut ei-teolliset rakennukset poikkeavat toisistaan rakennus- ja talotekniikassa, käyttötarkoituksessa ja sisäilman

epäpuhtauksissa. Samassa yhteydessä asumisterveysasetuksen ja -ohjeen valmistelun kanssa tulee tarkastella myös lain ja asetuksen sekä sen pohjalta annettavien ohjeiden soveltamisalaa ja arvioida tarvetta asettaa erillisiä ohjeita muiden ei-teollisten rakennusten kosteus- ja homevaurioiden selvittämiseksi.

Työterveyslaitoksen ehdottamat toimistotutkimusaineistoon perustuvat **sisäilman epäpuhtauksien viitearvot** tarjoavat tärkeän työkalun sisäilma-asiantuntijoille **sisäilmaongelmien tunnistamisessa**. Viitearvo P50 kuvaa tavanomaista toimistotasoa ja viitearvo P90 (P100 homesienille ja bakteereille) kuvaa tasoa, jonka ylitys viittaa selvästi epätavanomaisen epäpuhtauslähteen olemassaoloon.

Sisäilmayhdistys ry:n ylläpitämä vapaaehtoinen **sisäilmastoluokitus** antaa **sisäilmaston tavoite- ja suunnitteluarvot**. Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu käytettäväksi rakennus- ja taloteknisen suunnittelun, urakoinnin ja rakennustarviketeollisuuden avuksi. Luokitusta voidaan käyttää uudisrakentamisessa ja soveltuvien osin myös korjausrakentamisessa. Luokitus täydentää Suomen Rakentamismääräyskokoelman rakentamismääräyksiä, rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia (RYL), tiettyjä rakennusselostusohjeita, LVI-selostusohjeita, urakkarajaliitteen mallia, LVI- ja RT- ohjekortteja sekä muita rakentamiseen liittyviä asiakirjoja. Luokitus ei kumoa viranomaissäännöksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja. (Sisäilmastoluokitus 2008.).

Jäljempänä on tarkasteltu muutamia kosteus- ja homevaurioiden kannalta keskeisiä sisäilman haittatekijöitä tarkemmin. **Liitteissä 2 ja 3** luetellaan muita sisäilman haittatekijöitä, koosteita sisäilman haittatekijöille annetuista ohje- ja viitearvoista sekä tavoitetasoista.

2.4.2 Mikrobit

2.4.2.1 Mikrobipitoisuudet ja mikrobilajisto

Rakennuksen mikrobistoon vaikuttavat monet rakennustekniset sekä huoltoon ja kunnossapitoon liittyvät tekijät. Kosteus- ja homevauriorakennusten sisäilman poikkeavan mikrobiston syynä on **usein rakenteissa piilevä mikrobikasvu**. Mikäli rakennusta ei ole tutkittu riittävästi tai vaurioiden syitä ei ole saatu selville ja monista vaurioista vain osa korjataan, rakennukseen voi jäädä homevaurioita. **Osittainen kosteus- ja homevaurion korjaaminen** tai huono korjausten jälkeen tehty siivous voivat olla syynä poikkeavaan mikrobistoon (Kujanpää ym. 2003, Kokotti ym. 2002, Kokotti ym. 2003).

Kosteus- ja homevaurioiden tunnistaminen perustuu ensisijaisesti **rakennustekniseen arviointiin**, joka sisältää riskirakenteiden tunnistamisen, riskien toteutumisen todennäköi-

syiden arvioinnin, kosteuslähteiden tunnistamisen, epäpuhtauksien kulkureittien tunnistamisen vaurioituneesta rakenteesta sisäilmaan sekä ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuden ja puhtauden arvioinnin. Kosteus- ja homevauriorakennusten tunnistamisessa käytetään lisäksi tarvittaessa **mikrobipitoisuuksien ja -lajiston määrittämistä ilma-, pinta- ja materiaalinäytteistä**. Näillä selvityksillä pyritään **tunnistamaan tavanomaisesta poikkeavia mikrobipitoisuuksia tai -lajistoa**, jotka ovat kosteus- ja homevaurioituneille rakennuksille tyypillisiä (Asumisterveysopas 2003, Salonen ym. 2011).

Sisäilmanäytteiden mikrobipitoisuudet ja -lajisto kuvaavat sisäilman laatua ja altistumista. Kosteus- ja homevauriorakennuksessa sisäilman mikrobipitoisuudet voivat olla samalla tasolla kuin normaaleissa rakennuksissa, mutta poikkeava mikrobilajisto voi paljastaa merkittävän kosteus- ja homevaurion. Tulosten tulkinta vaatii erityisosaamista.

Sisäilman mikrobipitoisuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten mikrobikasvuun liittyvät tekijät, vaurion sijainti rakennuksessa, painesuhteet, rakenteiden tiiveys, tilojen käyttäjien liikkuminen tilassa (pölyn irtoaminen ilmaan), materiaalien käsittely tilassa tai ulkoilman vaikutus sulan maan aikana. Vaikka ilman mikrobipitoisuudet vaihtelevat ajallisesti, niiden mittaaminen on hyödyllistä esim. silloin, kun rakennusteknisessä selvityksessä ei löydetä poikkeavia mikrobilähteitä, mutta tilojen käyttäjien oireilu viittaa poikkeavaan mikrobialtistumiseen ja lisäselvityksiä tarvitaan. Ilmanäytteiden mikrobitulosten tulkinnassa on aina huomioitava mikrobilajisto, joka useimmiten on kokonaispitoisuutta tärkeämpi osoitin sisäilman epätavanomaisista mikrobilähteistä.

Kosteusvaurioituneissa rakennuksissa tyypillisesti esiintyvistä mikrobeista, ns. kosteusvaurion indikaattorimikrobeista, julkaistiin ensimmäinen kansainvälisen tutkijaryhmän laatima konsensuslista vuonna 1992 (ns. ”Baarnin lista”). Ko. listaa on täydennetty Työterveyslaitoksen ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) sisäilman mikrobitutkimusten tuloksilla ja siihen on sisällytetty myös pinta- ja materiaalinäytteiden indikaattorimikrobeja. Tästä on huomattavaa apua mikrobitutkimusten tulosten tulkinnassa ja ongelman tunnistamisessa (Reiman ym. 2005).

Esim. ilmanäytteissä esiintyy yleisimmin ns. kuivaitiöisiä indikaattoreita, esim. *Aspergillus versicolor* ja *Paecilomyces variotii*, kun taas märkäitiöiset indikaattorit, esim. *Stachybotrys*, *Acremonium* ja *Trichoderma*, ovat harvinaisempia. Pinnalle laskeutuneessa pölyssä on tavallisimmin samoja mikrobeja kuin sisäilmassakin, yleisimpiä indikaattoreita ovat *Acremonium*, *A. versicolor*, *Chaetomium*, *Fusarium* ja *Streptomyces*-sädesieni. Eri rakennusmateriaaleille yhteisiä indikaattoreita ovat mm. *Acremonium* ja *A. versicolor*, *Scopulariopsis*, *Trichoderma* ja suurina pitoisuuksina esiintyessään monet tavallisetkin homeet, kuten *Cladosporium*, *Penicillium* ja hiivat (Reiman ym. 2000). Puumateriaaleille tyypillisiä indi-

kaattoreita ovat mm. *Aureobasidium*, *Chaetomium*, *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Phialophora*, *Exophiala*, *Fusarium* ja *Rhizopus*; kipsilevylle tyypillisiä mm. *Chaetomium*, *Fusarium* ja *Stachybotrys*; kivipohjaisille materiaaleille (mm. betoni ja keraamiset laatat) tyypillisiä ovat mm. *Absidia*, *Mucor*, *Tritirachium*. *Acremonium* ja *A. versicolor* (Reiman ym. 2000, Hyvärinen ym. 2001).

2.4.2.2 Mikrobiein ohje- ja viitearvot

Sisäilman mikrobiein ohje- ja viitearvoja sekä tietoja mikrobilajistosta käytetään apuna sisäilman epätavanomaisten mikrobilähteiden tunnistamisessa. Sen sijaan ohje- ja viitearvojen avulla ei voida tehdä päätelmiä sisäilman terveydellisestä laadusta. Taulukoon 5 (ja liitteen 3 taulukoihin 1 ja 2) on koottu sisäilman mikrobipitoisuuksille annettu- ja ohje- ja viitearvot asunnoissa, kouluissa ja toimistoissa. Ohje- ja viitearvoja pienempiä tuloksia tulkittaessa arviointiperusteena käytetään mikrobilajistoa, erityisesti kosteusvaurioindikaattoreiden esiintymistä. Muulloin kuin talviaikaan sisäilman mikrobituloksia verrataan ulkoilmasta otetun vertailunäytteen mikrobituloksiin.

Taulukko 5. Sisäilman mikrobieja koskevia ohje- ja viitearvoja, joita sovelletaan vain talviaikaan tehtyihin mittauksiin.

Rakennuksen käyttötarkoitus	sieni-itiöpitoisuus (cfu/m ³ eli pmy/m ³)	bakteeripitoisuus (cfu/m ³ eli pmy/m ³)	sädesienipitoisuus (cfu/m ³ eli pmy/m ³)
asunnot (STM 2008)	500*	4500	10
koulut (Meklin ym. 2007)	50	ei viitearvoa	10
toimistot (Salonen ym. 2011)	50	600	5

* Asuntojen sisäilman sieni-itiöpitoisuus välillä 100-500 cfu/m³ viittaa kohonneeseen pitoisuuteen talviaikana (STM 2003).

Asumisterveysohjeen (2003) mukaan taajamassa sijaitsevien asuntojen sisäilman sieni-itiöpitoisuudet 100-500/m³ viittaavat kohonneeseen sieni-itiöpitoisuuteen. Jos samalla mikrobisuvusto on tavanomaisesta poikkeava, mikrobikasvuston esiintyminen on todennäköistä. Asunnoissa yli 500 cfu/m³ sieni-itiöpitoisuudet ovat kohonneita ja viittaavat mikrobikasvustoon rakennuksessa.

Meklin ym. (2010) totesivat, että mikrobivaurioituneissa kouluissa talviaikaiset pitoisuudet sisäilmassa ovat usein välillä 50–500 cfu/m³. THL:n mukaan kouluista tulisi ottaa vähintään 10 näytettä, ja mikäli tuloksissa on useita pitoisuuksia välillä 50-200 cfu/m³, tulos viittaa homevaurioon rakennuksessa. Lisäksi voidaan suuremmissa näytemäärissä hyödyntää mediaanituloksia: mediaanin ollessa yli 20 cfu/m³, tulos viittaa homevaurioon rakennuksessa.

Työterveyslaitoksen tutkimuksissa rakennusteknisen asiantuntijan toteamien kosteus- ja

homevaurioituneiden toimistorakennusten sisäilman mikrobipitoisuudet ovat toistuvasti alittaneet STM:n asuinrakennuksille annetut viitearvot. Tällöin suuri osa rakennuksista, joissa oli todettu kosteus- ja homevaurio, olisi voitu tulkita normaaleiksi Asumisterveysohjeen viitearvojen perusteella. Jo 1980-90-luvulta peräisin olevien kansainvälisten tieteellisten julkaisujen valossa tämä havainto oli selitettävissä sillä, että asunnoissa on luonnostaan enemmän lähteitä, kuten elintarvikkeita ja muuta orgaanista materiaalia, joista vapautuu sisäilmaan mikrobeja (Lehtonen ym. 1993). Koska asuntojen ilmanvaihto on yleensä mitoitettu pienemmäksi kuin esim. toimistorakennusten tai vastaavien rakennusten, joissa oleskelee paljon ihmisiä, sisäilmaan vapautuneet mikrobit eivät poistu ilmanvaihdon mukana asunnoista yhtä tehokkaasti kuin toimistorakennuksista.

Työterveyslaitos määrittä omien tutkimustensa ja kansainvälisen tutkimustiedon perusteella **toimistojen sisäilman sieni-itiöpitoisuuden viitearvon tasolle 50 cfu/m³**. Perusteluna tälle oli muun muassa Salosen ja työryhmän (2011) tekemä yhteenveto sisäilmamittauksista työpaikkarakennuksissa, joissa oli tehty sisäilmamittausten ohessa rakennustekninen tutkimus varmistamaan kosteus- ja homevaurio. Rakennukset, joissa ei löydetty kosteus- ja homevauriota, pitoisuudet alittivat tason 50 cfu/m³. Toimistotyöympäristölle annettussa sieni-itiöpitoisuuksien viitearvossa on huomioitu, että yksistään sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei yleensä tehdä johtopäätöksiä sisäilman epätavanomaisesta mikrobilähteistä. Viitearvon (50 cfu/m³) ylittyminen ilmentää kuitenkin selvää poikkeamaa tavanomaisesta toimistoilmasta ja näin ollen näissä tilanteissa tulee aina ryhtyä jatkoselvityksiin tai tarvittaviin toimenpiteisiin sisäilmasto-ongelmien ratkaisemisessa. Toimistoilman pitoisuuden ollessa alhaisempi kuin 50 cfu/m³ jatkoselvitysten tai toimenpiteiden tarpeen ratkaisevat muut selvitystiedot, kuten havaittu mikrobilajisto, tiedot rakennus- ja taloteknisistä selvityksistä sekä tilojen käyttäjien oireilusta ja kokemuksista (ns. ABC-lähestymistapa sisäilmasto-ongelmiin). Myös rakennuksen kosteusvaurio- ja korjaushistoria vaikuttaa päätökseen jatketaanko selvityksiä, vaikka alustavissa mikrobiologisissa mittauksissa ja muissa selvityksissä ei havaita poikkeavaa.

Pintanäytteillä voidaan osoittaa pinnalla esiintyvä mikrobikasvu ja mikrobien kulkeutuminen vaurioituneista rakenteista muiden tilojen sisäpinnoille (Reiman ym. 2002, Asumisterveysopas 2003). Pintojen mikrobistoon vaikuttavat useat tekijät, kuten pinta-materiaalin ravintosisätö (puu vs. kaakeli) ja kosteuskäyttäytyminen (pinnoitettu vs. pinnoittamaton lastulevy) sekä sijainti rakennuksessa (kuivat vs. kosteat tilat). Materiaali vaikuttaa sen pinnalla esiintyvien mikrobien kirjoon ja yleisyyteen (Kujanpää ym. 2005). **Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden tunnistamisessa voidaan käyttää myös laskeutuneen pölyn mikrobituloja** (Lappalainen ym. 2001). Laskeutuneen pölyn mikrobisto kuvastaa laskeutumisaikana (tavallisesti 2 viikkoa) ilmassa ollutta mikrobistoa. Joissakin tapauksissa pintanäytteellä on mahdollista havaita poikkeava mikrobikasvu paremmin kuin ilmanäytteillä (Cruz Perez 2002). Rakenteista sisäilmaan siirtyviä mikrobeja voidaan

osoittaa ilmapuotokohdista, jotka ovat tavallisimmin rakenneliitoksia ja joissa sisäpinoilla on nähtävissä ”likaa”. Tällaisilta pinnoilta otetuissa näytteissä esiintyy usein kosteusvaurion indikaattorimikrobeja. Pintanäytteille annettuja ohje- ja viitearvoja on esitetty liitteen 3 taulukoissa 1-3.

Kosteusvaurioituneissa materiaaleissa esiintyy laajempi kirjo erilaisia mikrobeja kuin pinta- tai ilmanäytteissä. Tämä johtuu siitä, että pinta- ja ilmanäytteiden mikrobit ovat pe- räisin homehtuvasta materiaalista, josta mikrobien täytyy irrota esimerkiksi ilmapuotusten mukaan. Materiaaleissa on runsaasti myös ns. märkäitiöisiä homeita, joiden itiöiden irtoaminen edellyttää kasvuston kuivumista tai mekaanista liikettä ilmapuotusten mu- kaan pääsemiseksi. Rakennusteknisen selvityksen perusteella päädytään usein rakentei- den avaamiseen ja materiaalinäytteiden ottamiseen. **Rakennusmateriaalien mikrobisto kuvaa riskinarvioinnissa käytettyä lähdevoimakkuutta eli sitä, millaisille mikrobeille ja miten suuri altistuminen on odotettavissa. Asumisterveysohjeen (STM 2003) mu- kaan vaurioituneeksi luokitellaan materiaalit, joiden sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin 10 000 cfu/g (Liite 3, taulukko 1-3).** Muut menetelmät on validoitava oppaan me- netelmää vasten ja niille on määritettävä omat viitearvonsa. Edellä mainittua mikrobipitoi- suuden viitearvoa käytetään kaikille materiaaleille ottamatta huomioon sen sijaintia raken- teessa. Asumisterveysoppaassa ohjearvon soveltamisen ulkopuolelle rajataan ulkoilmaan tai maaperään kosketuksissa olevat materiaalit. Ulkoseinien kosteus- ja homevauriot ovat yleisiä, minkä vuoksi on tärkeää erottaa ulkoseinärakenteen kosteusvauriosta ja ulkoilmas- ta johtuva mikrobisto toisistaan. Reimanin ym. (2003) tutkimuksessa rakennuksen ulko- seinärakenteesta otettujen näytteiden mikrobilajisto oli erilainen rakenteen kylmällä puo- lella, keskellä rakennetta ja rakenteen lämpimällä puolella.

Mikrobitutkimuksissa käytetään tavallisimmin **kasvatukseen perustuvia, mikrobien elin- kykyisyyttä edellyttäviä menetelmiä**, jotka on kuvattu sosiaali- ja terveysministeriön ko- koamassa Asumisterveysoppaassa ja joilla on tuotettu paljon tutkimusaineistoa tulosten tulkinnan pohjaksi. Näillä menetelmillä saatuun tutkimustietoon perustuu nykyinen käsi- tys rakennusten normaalista tai epätavanomaisesta mikrobistosta.

Spesifisillä ja herkällä PCR-tekniikalla saadaan yleisesti suurempia pitoisuuksia kuin vilje- lymenetelmällä, mutta joidenkin sienisukujen kohdalla tilanne voi olla päinvastoin (Lignell ym. 2008, Pietarinen ym. 2008). Etenkin kosteusvauriorakennuksista otettujen materiaali- ja pölynäytteiden tulosten tulkinta ei ole ongelmaton (Pietarinen ym. 2008 ja Pitkäranta ym. 2011). Toistaiseksi Suomessa ei ole laboratoriota, jolla on akkreditoitu PCR-analytiikka sisäympäristön mikrobeille ja joka on validoinut kyseisen menetelmän viljelymenetelmiä vastaan ja esittänyt vertailuaineiston, johon tulosten tulkinta pohjautuu (Eviran hyväksy- mät laboratoriot, joilla on käytössään lainsäädännön mukaiset menetelmät asumistervey- teen liittyvien viranomaisnäytteiden tutkimiseen 30.08.2012).

Homesientien esiintymistä sisäympäristössä voidaan arvioida myös mittaamalla muita homesientien rakennekomponentteja, kuten glukaaneja, ekstrasellulaarisia polysakkareja, proteiineja ja ergosterolia, immunokemiallisin menetelmin neste- tai kaasukromatografisin menetelmin (Chew ym. 2001, Pasanen 2001, Cabral 2010). Eri menetelmillä saatuja analyysituloksia on erittäin vaikea vertailla, koska ne mittaavat eri asioita. Kaikilla menetelmillä on omat hyvät ja huonot puolensa (Pasanen 2001), mutta kokemus niiden käytöstä altistumisen arvioimiseen on huomattavasti vähäisempää kuin kasvatuksellisilla menetelmillä. Kehitystyö on aktiivista ja tulevaisuudessa saataneen uusia menetelmiä, joiden avulla mahdollisesti selkeämmin tunnistettaisiin vauriorakennukset ja mahdollisesti voitaisiin selittää myös tilojen käyttäjien oireilua.

Rakenteiden kostumisesta seuraavaan mikrobivaurioon ei liity pelkästään home- ja hiivasientien ja bakteereiden lisääntymistä, vaan pitkään jatkuneessa vauriossa eliöstö monipuolistuu ja lajistossa voi olla mm. ameeboja, pölypunkkeja ja sukkulamatoja. Muiden eliöiden kuin homeiden ja bakteereiden (erityisesti sädesienten) havainnointi materiaalinäytteistä on sattumanvaraista ja ilmanäytteistä niitä ei liene koskaan yritettykään jäljittää.

2.4.3 Mikrobien aineenvaihduntatuotteet

2.4.3.1 Mikrobitoksiinit

Mikrobitoksiinit ovat home- ja hiivasientien ja bakteerien rakenneosasia tai niiden tuottamia aineenvaihduntatuotteita, joilla on osoitettu olevan haitallisia, toksisia vaikutuksia eliöihin. Mikrobitoksiinien muodostumiseen vaikuttavat monet tekijät kuten lämpötila, kosteus, ravinto ja ympäristön mikrobilajit. Mikrobitoksiinit kulkeutuvat ilmaan mikrobien, niiden osasten ja muiden hiukkasten mukana. Ne eivät yleensä esiinny kaasumaisessa olomuodossa sisäympäristöissä. Monet elinympäristössä yleisesti esiintyvät ja kosteusvaurioiden indikaattorimikrobit voivat tuottaa toksisia aineita. Vauriorakennusten sisäilmassa on todettu toksiineja erittäin pieninä pitoisuuksina (Täubel ym. 2011, liitteen 2 taulukko 1). Gram-negatiivisten bakteereiden soluseinässä oleva lipopolysakkariidi on endotoksiini. Gram-negatiivisia bakteereita on runsaasti mm. jätevesissä ja vesi- ja viemärijärjestelmissä, joten esim. lattiamiemäreiden tulviessa tai ilmastointi- ja jäädytysjärjestelmien kontaminoituessa näiden bakteerien esiintyminen kosteusvauriorakennuksessa on mahdollista.

Mykotoksiinit ovat mikrosientien (home- ja hiivasienet) tuottamia haitallisia aineenvaihduntatuotteita (sekundäärimetaboliitteja). Mykotoksiineja esiintyy home- ja hiivasientien kasvustoissa ja kasvualustoissa niiden luonnollisessa kasvuympäristössä ja esim. homevaurioituneissa elintarvikkeissa ja rakennusmateriaaleissa, olosuhteiden,

kasvuajan ja alustan koostumuksen suosiessa näiden muodostumista. Homehtuneissa materiaaleissa esiintyvät mykotoksiinit voivat kulkeutua sisäilmaan materiaaleista vapautuvien homeitiöiden ja homerihmastojen kantamina. Tästä seuraa, että mykotoksiineille voi altistua hengittämällä homeisista rakennusmateriaaleista peräisin olevaa sisäilman pölyä tai toksisten homeiden rakenneosia (Tuomi 2008). Yli neljänsadan tunnistetun mykotoksiinin joukko on jaoteltu yhdisteiden kemiallisen rakenteen mukaan yli kahteenkymmeneen mykotoksiiniluokkaan. Toksisimpiin luokkiin kuuluvat mm. aflatoksiinit, ergotalkaloidit, fumitremorgiinit, fumonisiini, okratoksiinit, patuliini, sitriniini, sterigmatokystiini, trikotekeenit ja zearalenoni (liitteen 2 taulukko 1).

Mykotoksiinien läsnäolosta homeisissa rakennusmateriaaleissa on olemassa tutkittua tietoa ja toksiineja on voitu eristää mm. kostuneista rakennusmateriaaleista, mutta sisäilman toksiinipitoisuudet ovat erittäin pieniä. Tästä syystä mykotoksiinien osoittaminen suoraan sisäilmanäytteistä on vaikeaa ja kallista. Teoreettisesti toksiinien pitoisuutta sisäilmassa voidaan arvioida mykotoksiinipitoisuudesta huonepölyssä tai homeitiöissä. Toimistotyyppisissä koneellisesti ilmastoiduissa työympäristöissä yksittäisten mykotoksiinien pitoisuus voi tämän mukaan olla yleensä alle $0,1 \text{ ng/m}^3$ (1 ng = milligramman miljoonasosa). Kosteusvaurioituneissa asunnoissa pitoisuus saattaa olla 10-100 kertaa tätä suurempi ja vastaavasti 1 000-kertaisia maatalousympäristössä tai alkutuotannossa, jossa käsitellään homehtunutta raaka-ainetta. Viimeksimainituissa ympäristöissä päädyttään mykotoksiinipitoisuuksiin, jotka ovat korkeintaan suuruusluokkaa 100 ng/m^3 (liitteen 2 taulukko 1).

Kosteus- tai homevaurioituneissa työpaikoissa tai kodeissa mykotoksiinien pitoisuus sisäilmassa jää nykytiedon mukaan yleensä alle 30 ng/m^3 . Yleensä toimisto- ja asuin-ympäristöön sovellettavat viitearvot ovat poikkeuksetta teollisille ja tuotannollisille työympäristöille annettuja ohje- ja raja-arvoja alempia. Jos mykotoksiinien viitearvoja määrittäisiin kosteusvauriorakennuksille, toksikologisen arvioinnin perusteella päädyttäisiin todennäköisesti viitearvoon, joka olisi huomattavasti alle 30 ng/m^3 .

Mykotoksiinien kaltaisten elinympäristössä pieninä pitoisuuksina esiintyvien yhdisteiden kohdalla, joille haitallista tai turvallista pitoisuutta ei ole asetettu, on olennaista arvioida, poikkeako altistuminen tavanomaisesta esim. ympäristön kautta tapahtuvasta altistumisesta tai kokonaisaltistumisesta. Altistumista - vähäistäkään sellaista - ei pidä vähätellä, mutta sitä ei myöskään tule yliarvioida.

Mykotoksiinipitoisuuksien huonepölyssä pitäisi todennäköisesti olla vähintään sata-kertaisia verrattuna toistaiseksi julkaistujen tutkimusten tuloksiin, jotta niiden ilma-ke-räys ja spesifinen määrittäminen sisäilmasta olisi käytännössä mahdollista nykyisin käytössä olevilla laitteilla ja menetelmillä. Tutkijaryhmillä on ollut käytössä erilaisia lähestymistä-

poja ja menetelmiä mikrobitoroksiinien tunnistamiseen ja pitoisuuden määrittämiseen. Yksi tapa on mitata näytteen **yleistä toksisuutta**, jolloin tutkittavien materiaali-, pöly- tai ilmanäytteiden solutoksisuutta arvioidaan niiden vaikutuksina esim. sian siittiösolujen liikuntakykyyn tai kykyyn aiheuttaa solukuolemaa mallisolukossa. **Tällöin ei kuitenkaan tiedetä, mikä tekijä aiheuttaa tutkitussa näytteessä toksisuuden tai mikä on tämän tekijän tarkka määrä näytteessä. Siten ei myöskään tiedetä, onko näytteen solumyrkyllisyys peräisin mikrobitoroksiineista vai esim. rakennusmateriaaleista peräisin olevista myrkyllisistä kemikaaleista.** Toinen tapa on **mitata valittuja toksineja** suoraan ympräristönäytteistä, jolloin saadaan selville ko. toksiinien nimet ja määrä näytteissä. Lähestymistavan ongelmana on kuitenkin se, että tutkimuksessa määritellään ennalta mitattavat yhdisteen ja muut mahdolliset näytteen sisältämät toksinit jäävät huomioimatta. Toksisten aineenvaihduntatuotteiden kirjo on runsas ja tutkimustietoa on liian vähän, jotta voitaisiin keskittyä ainoastaan tiettyihin toksineihin. Myös eri menetelmien herkkyyserot ja eri näytteenottotavat asettavat rajoituksia toksiinien määrittämiseen näytteistä. Materiaalinäytteiden koostumuksen monimuotoisuus ja rakennusmateriaalien mahdollinen toksisuus asettaa myös rajoitteita toksisuuden määrittämiselle ja kohteiden vertailuille. Ilmanäytteiden keräys voidaan teoriassa paremmin vakioida (hiukkasten keräys vakioidusta ilmamäärästä) ja siten eri kohteiden toksisuuden vertailu suorittaa luotettavammin. Ilmanäytteen sisältämät hiukkaset ovat myös todennäköisemmin kosketuksissa hengitysteiden kanssa, joten toksisuuden määrittäminen hengitysilma-olevista partikkeleista on perusteltua. Ilmanäytteiden keräysajat perinteisillä menetelmillä ovat kuitenkin suhteellisen pitkiä (useita vuorokausia jopa viikkoja), mikä asettaa omat rajoitteensa lähestymistavalle käytännön työssä.

Käytännön terveys- ja työsuojeluvalvonnassa ei ole suositeltavaa käyttää menetelmiä, joita ei ole tutkimuksin varmennettu, joille ei ole olemassa viitearvoja ja joiden tuloksia ei voida luotettavasti tulkita tai yhdistää tilojen käyttäjien kokemiin haittoihin.

Tätä periaatetta on tärkeää noudattaa varsinkin silloin, kun on kyse haittatekijöistä, jotka ovat yleisiä tai joille kaikki jossain määrin altistuvat. Siinä tapauksessa on voitava luotettavasti johtaa ohje- tai vähintään viitearvo tulosten tulkinnan tueksi. Eli on osoitettava, miten tutkittu tila tutkitun haittatekijän osalta eroaa muista tiloista ja mikä on haittatekijän osalta pitoisuus, joka on altistumisen kannalta olennainen.

2.4.3.2 Mikrobin kaasumaiset aineenvaihduntatuotteet

Mikrobin kaasumaiset aineenvaihduntatuotteet ovat haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, niin sanottuja MVOC (microbial volatile organic compounds) -yhdisteitä. Näiden olemassaolon voi havaita rakennuksissa esimerkiksi maakellarin tai homeen hajuna. Haju on

subjektiivinen havainto ja sen perusteella voidaan tehdä vain karkea arvio tilan sisäilman laadusta. MVOC on käsitteenä ongelmallinen, koska ao. yhdisteillä on muitakin lähteitä kuin mikrobikasvustot, kuten esimerkiksi rakennusmateriaalit, ulkoilma, elintarvikkeet, siivous ja tupakointi. On osoitettu, että kostuneista rakennusmateriaaleista voidaan analysoida MVOC-päästöjä, vaikka materiaaleissa ei esiintyisikään mikrobikasvustoja (Korpi, Järnberg, Pasanen 2006, 18.). Siten MVOC-yhdisteiden esiintyminen esim. kosteusvaurio-rakennuksissa ei ole osoitus mikrobikasvusta rakenteissa eikä MVOC-mittausten käyttöä kosteus- ja homevaurion toteamiseen suositella (Korpi ym. 2006; Schleibinger ym. 2008).

2.4.4 Sisäilman kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet

Kaasumaiset ja hiukkasmaiset epäpuhtaudet voivat olla yksi huonon sisäilman laadun syy. Sisäilman kaasumaisia epäpuhtauslähteitä on tuhansia. Sisäilmaan niitä joutuu ihmisen oman toiminnan kautta, liikenteen ja teollisuuden päästöistä, rakennusmateriaaleista, viemärijärjestelmistä ja maaperästä (STM 2003, 60.). Kosteus- ja homevaurioissa materiaalien kastumiseen liittyy usein kaasumaisten yhdisteiden, kuten TXIBn, 2-etyyli-1-heksanolin, formaldehydin ja ammoniakkin, vapautumista huoneilmaan. Tilan käyttäjät voivat aistia tällöin poikkeavaa hajua sisätiloissa. Osaa yhdisteistä ei haisteta siksi, että näiden pitoisuudet jäävät liian pieniksi ylittämään hajukynnystä. Yleensä materiaalipäästöt ovat merkittävimpiä heti rakennuksen valmistuttua tai korjaus- ja asennustöiden jälkeen ja vähenevät ajan kuluessa. Hiukkasmaisia yhdisteitä voi vapautua sisäilmaan esimerkiksi tupakoinnista, rakenteista ja rakennusmateriaaleista, ääni- ja lämpöeristeistä, lämmitysjärjestelmistä tai kulkeutua ilmanvaihdon mukana ulkoilmasta. Esimerkkejä näistä ovat rakenteista irtoava asbesti ja teolliset mineraalikulidut. Muutamia sisäilman kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia ja niille määritettyjä viite- ja ohjearvoja on esitetty liitteessä 2 ja liitteen 3 taulukoissa 1 ja 2.

3 Kosteus- ja homevaurioiden terveydellinen merkitys

3.1 Altistuminen kosteus- ja homevauriorakennuksissa

Kosteus- ja homevauriorakennuksissa asuvat tai työskentelevät ihmiset voivat oireilla tai sairastua rakenteista peräisin oleville haittatekijöille. Epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että kosteusvauriorakennuksissa on lisääntynyt riski tiettyihin hengitysteiden oireisiin ja sairauksiin, mutta sitä ei tarkkaan tiedetä, mikä oireita aiheuttaa ja millä mekanismeilla.

Kosteus- ja homevauriorakennuksissa rakenteiden kostuminen ja mikrobin kertyminen rakenteiden pinnalle johtaa aikanaan siihen, että huoneen sisäilmaan siirtyy vaurioituneista rakenteista ja niissä olevista mikrobikasvustoista epäpuhtauksia, jotka voivat joutua sisätilassa olevien ihmisten silmiin, iholle ja hengitysteihin. Näin muodostuu olosuhteet, joissa vauriorakenteista jotain kulkeutuu sisäilmaan ja edelleen kosketuksiin ihmisen elimistön kanssa. Ihmisen kontaktia tällaiseen altisteeseen sanotaan altistumiseksi.

Kansankielessä sana ”altistunut” on jo sama kuin ei-terve eli sairastunut. Lääketieteessä näin ei kuitenkaan ole: itse kukin meistä altistuu päivittäin lukuisille, terveydelle haitallisille tekijöille ilman, että sairastumme.

Kosteus- ja homevauriorakennuksessa sisätilan painesuhteista riippuen rakenteista peräisin olevat hiukkaset ja kaasut voivat kulkeutua sisäilmaan. Viime vuosikymmenten aikana ja erityisesti energiakriisin jälkeen suomalaiset rakennukset ovat olleet alipaineisempia kuin aikaisemmin. Alipaineen seurauksena korvausilmaa kulkeutuu sisätiloihin myös rakenteista eikä pelkästään raikkaana korvausilmana ulkoa. Tämä edistää rakenteissa mahdollisesti olevien epäpuhtauksien kulkeutumista sisäilmaan.

Kostuneista ja vaurioituneista rakenteista voi vapautua huoneilmaan kaasumaisia epäpuhtauksia (esim. haihtuvia orgaanisia yhdisteitä), jotka joutuessaan hengitysilmaan voivat ärsyttää silmien sidekalvoa tai hengitysteiden limakalvoja. Ihoärsytyskin on mahdollinen, mutta yleensä haihtuvien yhdisteiden pitoisuudet ovat tähän liian matalia.

Vaurioituneista rakenteista voi kulkeutua huoneilmaan myös pienhiukkasia, erityisesti mikrobin osia tai niiden aineenvaihduntatuotteita. Myös nämä voivat aiheuttaa silmien, hengitysteiden ja ihon ärsytystä tai herkistymisen.

Kemialliset yhdisteet ja mikrobin osat voivat tietyillä pitoisuuksilla aiheuttaa elimistöön joutuessaan silmien sidekalvon ja hengitysteiden limakalvon ärsytyksen, mutta myös immunologinen tulehdusreaktio on mahdollinen. Vaikka aiheutta on tutkittu jo lähes kaksi vuosikymmentä, vielä ei tarkalleen tiedetä, miten kosteusvaurioissa oireilu ja sairastuminen solutasolla kehittyvät.

Niin kauan kun kosteus- ja homevaurioihin liittyviä oireita ja sairauksia ei tarkkaan tunneta ja oireilun aiheuttajia ei tiedetä, ei terveysongelman laajuutta voida luotettavasti määrittää tai potilastutkimuksissa lopullisesti varmentaa sairauden yhteyttä sisäympäristöön.

3.2 Terveyshaittojen yleisyys

Viime vuosina sisäilmaan ja kosteusvaurioihin liittyvä tutkimus on tuonut merkittävää uutta tietoa oireilun yleisyydestä ja mahdollisista aiheuttajista. Tutkimus on toteutettu epidemiologisina väestötutkimuksina, kliinisinä potilastutkimuksina ja laboratorioissa tehtävinä ns. in vitro -tutkimuksina.

Ensimmäiset laajat väestötutkimukset kosteus- ja homevaurioiden terveysvaikutuksista tehtiin jo 1990-luvun lopussa ja niiden tulokset on koottu seuraaviin katsauksiin: NORDDAMP (Bornehag ym. 2001) ja EUROEXPO (Bornehag ym. 2004).

Näitä uudempi ja kattavampi katsaus on IOMin (Institute of Medicine eli Yhdysvaltain kansalliskatemia) tutkimus, jossa luokiteltiin epidemiologisten tutkimusten osoittama näyttö seuraavasti: 1) riittävä näyttö kausaliteetista (eli aiheuttaa sairauden), 2) riittävä näyttö yhteydestä, 3) rajallinen näyttö yhteydestä, 4) riittämätön näyttö, jotta voidaan päätellä yhteys ja 5) rajallinen tai viitteellinen näyttö siitä, että ei ole yhteyttä (2004).

Viimeisin ja laajin katsaus tähän mennessä julkaistuista tieteellistä tutkimuksista kosteus- ja homevaurioihin liittyen ilmestyi syksyllä v. 2011 (Mendell ym. 2011). Siinä esitetään yhteenvedo kosteusvaurioihin liittyvistä tutkimuksista koskien hengitysteiden ja allergioiden esiintyvyyttä. Tämän lisäksi on kolmessa meta-analyysissä arvioitu kosteus- ja homevaurioiden yhteyttä hengitystieoireisiin (Fisk ym 2007; Antova ym. 2008; Fisk ym. 2010).

Taulukossa 6 on esitetty epidemiologisen tutkimuksen näyttö kosteusvaurioiden yhteydestä sairauksiin IOMin luokituksen perusteella (IOM 2004; WHO 2009; Mendell ym. 2011). Minkään sairauden tai oireen kausaalista yhteyttä kosteus- ja homevaurioihin ei ole tutkimuksissa voitu varmistaa. Toisaalta nähdään, että ajallinen yhteyskin löytyy kosteusvaurioissa vain hengitystieoireille. Ihon ja silmien oireiden, väsymyksen,

pahoinvoinnin, päänsäryn ja unihäiriöiden välillä yhteyttä ei ole pystytty tutkimuksissa varmistamaan (WHO 2009).

Taulukko 6. Kosteus- ja homevaurioihin liittyvät terveysvaikutukset epidemiologisten tutkimusten ja systemaattisten kirjallisuuskatsausten mukaan (ET = ei tutkittu)

Sairaus tai oire	IOM:n johtopäätös (2004)	WHO johtopäätös (2009)	Mendell ym. (2011) johtopäätös
Astman paheneminen	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö (vahva viite aiheuttamisesta)
Astman syntyminen	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Yskä	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Hengityksen vinkuminen	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Hengenahdistus	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Ylempien heng. teiden oireet	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö	Riittävä näyttö
Allerginen nuha	ET	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö
Hengitystieinfektiot	ET	Riittävä näyttö (paitsi välikorvan tulehdus)	Riittävä näyttö
Keuhkoputkentulehdus	ET	Rajallinen tai viitteellinen näyttö	Riittävä näyttö
Homepölykeuhko	(Yhteys perustuu kliiniseen näyttöön)	(Yhteys perustuu kliiniseen näyttöön)	Riittämätön näyttö
ODTS	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET
Maha-suolisto-oireet	Riittämätön näyttö	ET	ET
Heikotus	Riittämätön näyttö	ET	ET
Neuropsykologiset oireet	Riittämätön näyttö	ET	ET
Syöpä	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET
Reuma ja muut immunologiset sairaudet	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET
Lisääntymiserveys	Riittämätön näyttö	Riittämätön näyttö	ET

Epidemiologiset tutkimukset ovat osoittaneet, että **rakennusten kosteusvaurioilla on ajallinen yhteys astman pahenemiseen, uusien astmojen syntyyn, hengitystieinfektioihin ja hengitystieoireiluun** (Mendell ym. 2011, Bornehag ym. 2001; Bornehag ym. 2004; IOM 2004; Fisk ym. 2007; Antova ym. 2008; WHO 2009; Fisk ym. 2010; Mendell ym. 2011). Näyttö ei kuitenkaan ole kyllin vahva kausaalisen yhteyden (eli että aiheuttaja tiedetään) välillä, mikä johtuu siitä, että yksittäisiä tekijöitä oireilun aiheuttajaksi ei ole väestötutkimusten tueksi onnistuttu varmistamaan (WHO 2009, Mendell ym. 2011). WHO:n asiantuntijaryhmä totesi hiljattain, että **vaikka näyttö ei ole tyhjentävä, on todennäköistä, että voimakas altistuminen kosteusvauriomikrobeille tai muille mikrobiologisille tekijöille kosteusvauriorakennuksissa on merkittävä oireilun lisääntymisen aiheuttaja. Lisäksi kosteus- ja homevaurioiden ennaltaehkäisy ja rakennusten korjaus näyttävät vähentävän riskiä tilan käyttäjien sairastumiselle** (WHO 2009). Toisaalta tiedetään, että huonon sisäilman laadun korjaustoimet edistävät työntekijöiden fyysistä ja henkistä hyvinvointia (Lahtinen ym. 2009).

Väestötutkimusten lisäksi WHO:n asiantuntijaryhmä arvioi myös klinisiä tutkimuksia eli tutkimuksia kosteusvauriorakennuksissa oireilevilla potilailla (WHO 2009). Tutkimuksissa on esitetty yksittäisiä potilastapauksia tai tuloksia pienistä potilasryhmistä, mutta ei tutkimuksia suuremmissa väestöryhmissä. Altistumisen tausta on kuvattu näissä paremmin kuin väestötutkimuksissa. WHO:n asiantuntijaryhmä toteaa, että tutkimuksissa on esitetty riittävä näyttö kosteus- ja homevaurioiden, muun mikrobialtistumisen ja allergisen alveoliitin (homepölykeuhkon), huonokuntoisten potilaiden sieni-infektioiden sekä kostusjärjestelmien homehtumisen välillä.

Sisäilman mikrobien pitoisuuden ja tilan käyttäjien oireiden välistä yhteyttä selvittävien tutkimusten ongelmana on tutkimusmenetelmien heikkoudet altistumisen ja oireilun yhteyden osoittamisessa. Kyselytutkimuksissa vastaajat pystyvät kyllä kuvaamaan kohtalaisen tarkasti oireilun, mutta eivät yleensä pysty arvioimaan riittävän hyvin kosteus- ja homevaurioiden esiintymistä rakennuksissaan. Kyselyt eivät myöskään pysty yleensä osoittamaan oireilun aiheuttajaa (WHO 2009). On myös yllättävää, että vaikka kosteus- ja homeongelman laajuus on tunnettu jo lähes kahden vuosikymmenen ajan, kirjallisuudesta löytyy vain muutama tieteellinen interventiotutkimus, jossa korjaustoimien vaikutusta tilan käyttäjien terveyteen olisi tutkittu kosteus- ja homevauriorakennuksissa (Sauni ym. 2011).

Koska toistaiseksi ei vielä tiedetä, mitkä tekijät kosteusvauriorakennuksissa aiheuttavat oireilua ja sairauksia, tästä syntyy ongelmia käytännön potilastyössä, sillä huonon sisäilman laatuun liittyvää oireilua aiheuttavat monet muutkin tekijät kuin kosteus- ja homevauriot. Kaksi kolmesta toimistotyöntekijästä valittaa jatkuvaa haittaa sisäilmasta - yleensä ilmanvaihdosta, lämpöoloista, vedosta ja kuivasta ilmasta - ja joka viides näihin liittyvästä oireilusta. Toisaalta kosteus- ja homevaurioon liittyvän oireilun varmistaminen edellyttää potilastutkimuksissa juuri aiheuttajatekijän todentamista ja siitä valmistetuilla testiuutteilla tehtyjä klinisiä tutkimuksia diagnoosin varmistamiseksi (Reijula ja Sundman-Digert 2004, Andersson 2007; WHO 2009).

Viime vuosien keskustelu allergioiden ja mikrobien välisestä yhteydestä on osoittanut, että liiallinen mikrobien välttäminen voi lisätä allergioita (von Hertzen ja Haahtela 2004). Kosteusvauriorakennuksissa todetut oireet ja sairaudet eivät näyttäisi syntyvän välittömän allergian mekanismeilla, vaan oireiden taustalle on haettava muita syntymekanismeja (Reijula ym. 2003). Toisaalta tällä hetkellä on riittämättömästi tietoa niistä mikrobeista, jotka kosteusvauriorakennuksissa mahdollisesti oireita aiheuttavat tai mitkä mahdollisesti suojaavat allergioilta. Epidemiologisten tutkimusten perusteella on kuitenkin todettu, että yleisimmät kosteusvauriomikrobit näyttävät pikemminkin liittyvän lisääntyneeseen oireiluun, kuin suojaavan niiltä (Mendell ym. 2011).

3.3 Oireet ja sairaudet

3.3.1 Hengitystieoireet

Kosteus- ja homevauriot näyttävät liittyvän yskään, hengityksen vinkumiseen, hengenahdistukseen ja ylempien hengitysteiden oireisiin (Taulukko 6) (Bornehag ym. 2001; Bornehag ym. 2004; IOM 2004; WHO 2009). Fiskin ja työryhmän tutkimuksessa (2007) **riski yskään oli 1,5-kertainen, hengityksen vinkumiseen 1,4- ja ylempien hengitysteiden oireiluun 1,7-kertainen kosteusvauriorakennuksissa.**

3.3.2 Astma

Astman yhteyttä kosteus- ja homevaurioihin työpaikan rakennuksissa ja kodeissa on tutkittu esimerkiksi liitteen 4 taulukon 1 raporteissa.

IOM (2004) totesi koottujen tutkimusten perusteella, että on olemassa rajallinen tai viitteellinen näyttö kosteusvaurioiden ja astman välisestä yhteydestä. Näkyvän homeen ja astman välille yhteyttä ei tutkimuksissa voitu osoittaa. Toisaalta Fisk työryhmineen (2007) totesi, että **mitatun rakennekosteuden tai homeiden välillä astman riski on lisääntynyt 1,3-kertaiseksi terveisiin rakennuksiin verrattuna** (Yang ym. 1998; Thorn ym. 2001; Jaakkola ym. 2002; Jaakkola ym. 2005).

WHO:n (2009) asiantuntijaryhmä totesi, että vuoteen 2007 mennessä tehtyjen tutkimusten perusteella on jo riittävä näyttö kosteusvaurioiden ja astman välisestä yhteydestä. Tätä tuki uudempi Mendellin ja työryhmän (2011) meta-analyysi, jossa todettiin, että näyttö kosteusvaurion ja astman välisestä yhteydestä on riittävä. Analyysi pohjautui vanhoihin ja joihinkin uudempimpiin tutkimuksiin (Ronmark ym. 2002; Hyvärinen ym. 2006; Park ym. 2008; Cox-Ganser ym. 2009; Iossifova ym. 2009).

Lasten riski sairastua astmaan kosteusvauriorakennuksissa on vaihdellut eri tutkimuksissa välillä ”ei-kohonnut riski” ja 6,2-kertainen riski. Tuore tutkimus Suomesta (Pekkanen ym. 2007) osoitti, että kodin kosteusvaurio lisäsi lasten riskiä sairastua astmaan. Riski kasvoi sen suhteessa, kuinka merkittävä kosteusvaurio rakennuksessa oli eli 2,8-4-kertaiseksi kosteusvaurion vaikeusasteesta riippuen.

Tuoreessa yhteenvedossa (Mendell ym. 2011) yhteensä 31 tutkimuksesta todettiin, että näyttö on riittävä kosteusvaurion ja astman pahenemisen välisestä yhteydestä. **Riski astman pahenemiseen kosteus- ja homevauriorakennuksissa oli lisääntynyt 1,7-2,6-kertaiseksi takautuvissa tutkimuksissa ja 1-4,2-kertaiseksi poikkileikkaustutkimuksissa.** Lapsilla astman pahenemisen riski näytti olevan aikuisia korkeampi. Kerckmarin ja työryhmän (2006) perusteellinen interventiotutkimus osoitti, että kosteiden ja homeisten materiaalien poistaminen vähensi astmaoireita.

3.3.3 Hengitystieinfektiot

WHOn asiantuntijaryhmä (2009) piti näyttöä riittävänä kosteusvaurioiden ja hengitystieinfektioiden välillä mutta vain rajallisena ja viitteellisenä keuhkoputkentulehduksen välillä.

Fisk työryhmineen (2010) osoitti 23 tutkimuksen yhteenvedossa, että mitatulla rakennekosteudella ja mikrobeilla on yhteys hengitystieinfektioihin ja keuhkoputkentulehdukseen. **Keuhkoputkentulehduksen riski oli lisääntynyt 1,45- ja hengitystieinfektioiden riski 1,44-kertaiseksi kosteusvauriorakennuksissa.** Tutkijat korostivat samalla, että tämä ei tarkoita, että kosteusvaurio aiheuttaa nämä sairaudet vaikka ajallinen yhteys voitiinkin osoittaa.

Euroopassa tehdyissä 12 tutkimuksessa näkyvä home lisäsi riskiä lasten keuhkoputkentulehdukselle 1,38-kertaiseksi (Antova ym. 2008).

3.3.4 Allerginen alveoliitti (homepölykeuhko)

Yksittäisiä allergisen alveoliitin eli homepölykeuhkon sairaustapauksia on julkaistu kosteus- ja homevauriorakennuksissa. Usein näihin on liittynyt homehtunut kostustuslaite (WHO 2009). Suomessa on raportoitu tapauselostus, jossa kosteus- ja homevauriotyöpaikalla todettiin hengitystieoireiden lisäksi työntekijän allerginen alveoliitti (Seuri ym. 2000). Muutama muu tapauselostus homepölykeuhkosta eri maista löytyy kirjallisuudesta, jossa aiheuttajaksi on nimetty kostunut matto ja eristemateriaali (Apostolacos ym. 2001), hotellin homevaurio (Trout ym. 2001) tai kodin kosteusvaurio (Enriquez-Matas ym. 2007, Katayama ym. 2008). Kyselytutkimuksen perusteella arvioitiin, että pitkään jatkuneessa toimiston kosteusvauriossa oli viidellä työntekijällä kosteusvaurioon liittynyt homepölykeuhko (Cox-Ganser ym. 2005). Sekä IOM (2004) että WHO (2009) totesivat, että on riittävää tieteellistä näyttöä sille, että kosteus- ja homevaurioihin liittyy riski

sairastua homepölykeuhkoon. Epidemiologisissa tutkimuksissa tätä näyttöä ei ole voitu osoittaa (Mendell ym. 2011).

3.3.5 Orgaanisen pölyn toksinen oireyhtymä

Orgaanisen pölyn aiheuttama toksinen oireyhtymä (Organic dust toxic syndrome, ODTS), eli ”inhalation fever”, ”humidifier fever”, tai ”toxic pneumonitis”, syntyy orgaanisen pölyn tai aerosolien hengittämisestä (Iversen 2002). Elimistön vaste orgaanisen pölyn hengittämiselle syntyy yleensä välittömästi eli se ei näyttäisi liittyvän immunologiseen herkistymiseen (Iversen 2002). Altistumisen määrä on yleensä tavallista suurempi. IOM (2004) toteasi, että sisäilman orgaanisen pölyn pitoisuus ei yleensä yllä niin suureksi, että se aiheuttaisi ODTS:n. Tapausselostus museotyöntekijän ODTS-oireilusta homeisten kirjojen käsittelyyn liittyen on julkaistu Ruotsissa (Kolmodin-Hedman ym. 1986).

3.3.6 Homeiden aiheuttama infektio

Hengitystieinfektiot ovat yleisiä. Valtaosan näistä aiheuttavat virukset ja bakteerit. Huonokuntoisilla potilailla, kuten syöpää sairastavilla, vastustuskyvyltään rajoittuneilla ja esim. elinsiirron hoidoissa olevilla on suurentunut riski sairastua harvinaiseen sieninfektioon. WHO:n asiantuntijaryhmän mukaan tutkimuksissa ei ole voitu osoittaa, että kosteus- ja homevauriorakennuksissa kukaan olisi sairastunut kosteusvauriomikrobien aiheuttamaan infektiin (WHO 2009). Suomessa raportoitiin 1980-luvulla HYKSin elinsiirto-osaston potilailla Aspergillus-infektio, jossa vakavan infektion aiheuttava *A. fumigatus*-homesieni oli tutkijoiden mukaan peräisin osaston läheisyydessä olleelta korjaustyöalueelta (Ruutu ym. 1987).

3.3.7 Muut sairaudet

Suomesta on aikaisemmin julkaistu kaksi tapausselostusta, joissa toimisto- ja terveyskeskus- rakennuksen kosteus- ja homevaurio liitettiin reuman syntyyn (Myllykangas-Luosujärvi ym. 2002; Luosujärvi ym. 2003). Tutkijoiden mukaan reuman aiheuttajaa ei voitu varmistaa.

IOM (2004) tai WHO (2006) eivät löytäneet näyttöä kosteus- ja homevaurioiden vaikutuksista lisääntymis- ja terveyteen tai lisääntyneeseen syöpäriskiin kosteus- ja homevauriorakennuksissa.

3.3.8 Poikkeavan herkästi oireilevat

Merkittävä haaste sisäympäristöongelmien mutta myös kosteus- ja homevauriorakennuksien tutkimuksissa on ollut poikkeavasti herkkien ihmisten oireilu sisätiloissa. Kerran ilmennyt oireilu, jonka aiheuttajaa ei ole pystytty tyhjentävästi osoittamaan ja poistamaan, näyttäisi ilmenevän jatkossa myös tilanteissa, joissa sisäilman laadun poikkeamaa ei voida kokeellisesti tai tutkimuksin osoittamaan (Redlich ym. 1997). Näissä tilanteissa, joissa oireilu näyttäisi liittyvän ympäristössä tavallisestikin esiintyviin tekijöihin, on hankala oireilun estämiseksi: yleisiä tekijöitä kuten pölyt ja hajut ei kokonaan voi sisätiloista poistaa (GINA 2006). Näyttäisi jopa siltä, että subjektiiviset oireet eivät korreloi elintoimintoihin: oireilun haitta tuntuu voimakkaammalta kuin mitä esim. silmien sidekalvon tila, keuhkojen toiminta tai ihon kunto tutkimuksessa näyttäisivät (Hodgson 2002). Näiden oireiden parempi ymmärrys ja hoidon kehittäminen ovat edellytys nykyistä paremmalle potilaiden auttamiselle.

Käytännön lääkäri näkee vastaanotollaan kosteusvauriorakennuksissa oireilevia ihmisiä, joiden vaivat ovat yleensä silmien ja hengitysteiden ärsytystyyppisiä oireita. Kosteus- ja homevaurioihin liittyy lähes poikkeuksetta muita sisäilmaongelmia, kuten ilmanvaihdon epäkohdat (esim. tunkkainen ilma), pölyt ja lika tai liian kuiva ilma. Myös nämä voivat aiheuttaa oireita, joita on käytännössä mahdotonta erottaa kosteusvaurioiden aiheuttamista oireista. Tilannetta vaikeuttaa usein se, että näitä oireita voivat aiheuttaa myös tavanomaiset virusflunssat, joissa kurkku on kipeä, nenä vuotaa ja voi esiintyä lievää lämpöä.

Osalla työpaikkojen kosteus- ja homevauriorakennuksissa oireilevista oireet ovat niin hankalia, että päädytään siirtymään toisiin työtiloihin. Joissakin tilanteissa siirtyminen toisiin tiloihinkaan ei lopeta oireilua. Pahimmillaan siirtymisiä tarvitaan tämän jälkeen vielä toisiin työpisteisiin ja useisiin eri rakennuksiin eikä sekään ratkaise ongelmaa. Tällöin oireilun taustalla voi todellakin olla tilanne, että korvaavassa työpaikassa sattuu myös olemaan kosteus- ja homevaurio. Todennäköisempää kuitenkin on, että oireilun takana on tällöin jokin muu, kuin oletettu kosteus- ja homevaurio.

Kerran alkanut silmien ja hengitysteiden oireilu ja jopa sisäilmaongelmaan liittyvä astma näyttää käyttäytyvän niin, että muutkin sisäilman epäpuhtaudet (esim. pöly, hiukkaset, kuidut, ja kuiva ilma) voivat laukaista uudelleen oireilun alun perin kosteus- ja homevauriosta tulehtuneella hengitysteiden limakalvolla. Kun ensimmäisen kerran oireiden takana oli esimerkiksi mikrobiologinen tai rakenteista peräisin oleva tekijä, voi seuraavan reaktion aiheuttaa jokin muu sisäilman epäpuhtaus.

Ongelmalliseksi tilanteen tekee se, että korjaustoimet eivät tällöin ratkaise oireilevan ihmisen vaivaa. **Tällä hetkellä terveydenhuollossa ja sairaanhoidossa puuttuu oikeat toi-**

mintamallit ja työkalut poikkeavan herkästi oireilevien ihmisten hoitamiseksi. On tärkeää muistaa, että näin oireilevan ihmisen vaiva on hänelle itselleen aivan yhtä kiusallinen ja työ- ja toimintakykyä rajoittava, kuin alun perin kosteus- ja homevauriorakennuksessa alkanut oireilu.

Terveydenhuollon tulee mahdollisimman pian kehittää työkaluja myös niiden ihmisten auttamiseen, jotka syystä tai toisesta oireilevat muita pitempään kerran sairastuttuaan sisäympäristön ongelmista. On etsittävä oireiden aiheuttaja, mikäli sellainen on löydettävissä, mutta on myös osattava luopua aiheuttajan metsästyksestä, mikäli tilanteen taustalla näyttää pikemminkin olevan tavallista herkempi elimistö, joka reagoi epäspesifille ärsykkeelle vielä kuukausia alkuperäisen altistumisen ja sairastumisen jälkeen. Tällöin päähuomio tulee kohdistaa oireilevan työ- ja toimintakyvyn ylläpitämiseen sekä tuen antamiseen tilanteessa, jossa oireilu jatkuu vaikka sisäympäristöstä ei löydetä vaivan aiheuttajaa. Työ- ja toimintakykyä rajoittava oireilu edellyttää aivan uudenlaista tukea ja hoitoa, mitä olemme tähän mennessä tottuneet näille oireileville ihmisille tarjoamaan.

3.4 Ammattitaudit

Kosteus- ja homevaurioihin liittyy terveyshaittoja myös työpaikoilla. Työpaikan rakennuksessa oleva kosteus- ja homevaurio voi aiheuttaa oireilua ja sairastumisen, jolloin työntekijän sairautta tarkastellaan ammattitautilain ja -asetuksen perusteella.

Ammattitautilaki (1988/1343) määrittelee, millä perusteella työssä syntynyt sairaus voi olla ammattitauti. Ammattitauti on sairaus, joka työ- tai virkasuhteen perusteella tai maatalousyrittäjänä suoritettussa työssä todennäköisesti on pääasiallisesti aiheutunut fyysikaalisista, kemiallisista tai biologisista tekijöistä. **Kaikki työstä ja työoloista johtuvat sairaudet eivät ole ammattitauteja.** Kosteus- ja homevaurioiden osalta ammattitautilaki ja -asetus ovat täydentyneet viime vuosien aikana. Uuden tiedon kertyessä on todennäköistä, että lainsäädäntö vielä tarkentuu tulevaisuudessa. Vuosittain todetut uudet ammattitaudit kirjautuvat Työperäisten sairauksien rekisteriin. Rekisteri kokoaa tiedot Tapaturmavakuutuslaitosten liitosta, joka kerää tiedot yksittäisistä vakuutuslaitoksista, joihin uudet ammattitaudit on ilmoitettu.

Kosteus- ja homevaurioihin liittyviä ammattitauteja on ilmoitettu työperäisten sairauksien rekisteriin jo 1990-luvun alusta. Määrässä on tapahtunut muutoksia johtuen aihealueen tulemisesta tunnetummaksi, potilastutkimusten kehittymisestä mutta myös vakuutusjärjestelmän kirjaamiskäytäntöjen muuttumisesta. Vuodesta 2005 alkaen rekisteriin on alettu kirjata myös **työperäisen sairauden epäilyt eli ne työhön liittyvät sairaudet, joissa työ-**

olot tunteva lääkäri katsoo perustelluksi aloittaa ammattitautin tutkimukset. Tämä nostaa vuosittain raportoitujen tapauksien määrää merkittävästi aikaisemmasta.

Taulukkoon 7 on koottu homeiden aiheuttamat ammattitaudit ja niiden diagnoosit. Mukana on pääasiassa kosteus- ja homevauriotyöpaikoilta ilmoitetut uudet tapaukset. Joukossa voi olla yksittäisiä astmoja, jotka liittyvät muihin tilanteisiin kuin kosteusvaurioihin.

Taulukosta ilmenee, että **ammattiastma on yleisin diagnoosi kosteusvauriotyöpaikoilta kirjautuvissa ammattitaudeissa.** Vuosittain todettujen uusien astmatapauksien määrä on lisääntynyt. Vuonna 2010 ammattiastmoja ja niiden epäilyjä oli yhteensä 306 uutta tapauksia. Ammattinuhien määrä on pysynyt 1990-luvun alun nousun jälkeen pienenä. Tämä johtuu lähinnä siitä, että ammattinuhien tutkimuskäytännöt eivät ole yhtä vakiintuneet kuin astmoissa ja että osa ammattinuhista on mukana samalla henkilöllä ammattiastmadiagnoosissa. Voi myös olla, että yksittäinen ammattinuha ei korvauksena ja jatkotoimina tulisi merkittävästi muuttamaan tilannetta työntekijän kannalta, minkä vuoksi siitä ei ilmoiteta vakuutusjärjestelmään tai viranomaisille.

Taulukko 7. Homesienten aiheuttamat ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt (mukana vain vuosina 2005-2007) työperäisten sairauksien rekisterin mukaan vuosina 1996-2010

	1996	1998	2000	2002	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ammattinuha	99	56	24	15	7	8	13	11	68	52
Ammattiastma	84	38	48	79	151	165	217	246	374	306
Homepölykeuhko										
- maatalous	62	46	34	38	45	24	13	51	39	39
- sahatavaran valmistus			2	1			2		5	-
- muut (mm. sisäilman homeet)	19	8	6	15	12	3	6	4	4	-
ODTS	10	20	11	7	8	12	11	10	7	8

Taulukkoon 8 on koottu Työperäisten sairauksien rekisterin astmatapaukset. Luku "kaikki astmat" sisältää kaikki ne astmatapaukset, joita on epäilty ammattiastmaksi (esim. jauhopölyn, eläinpeiteelin, maalien aiheuttamat ammattiastmat) eli kaikki ne tapaukset, joita vakuutuslaitos on pitänyt ns. perusteltuna ammattitautiepäilynä (eli joista vakuutuslaitos on maksanut esim. tutkimuksista aiheutuneita kuluja). Luku "hyväksytyt" on se osa, joka on hyväksytty vakuutuslaitoksissa ammattitautina korvattaviksi. Vuoden 2009 lukujen nousun selittää se, että erityisesti astmatapauksia on pystytty vakuutuslaitoksissa luokittelemaan aiempaa paremmin. Ammattiastmojen määrä on viime vuosien kuluessa rekisterin tietojen mukaan lisääntynyt. Vuonna 2010 kaikista ammattiastmaepäilyistä (n=810) hyväksyttiin korvattavaksi 13 % (n=102).

Taulukko 8. Työperäisten sairauksien rekisteriin kirjautuneet ammattiastmat ja niiden epäilyt. Mukana ovat kaikki astmat (myös muita aiheuttajia kuin homeet) ja homeiden aiheuttamat astmatapaukset v. 2005-2010. Taulukossa on erikseen lueteltu vakuutusyhtiöiden hyväksymät tapaukset.

Vuosi	Kaikki astmat	Hyväksytyt ammattiastmat	Hyväksymis-%	Homeiden aiheuttamat astmat	Hyväksytyt	Hyväksymis-%
2005	642	143	22	154	24	16
2006	668	145	22	166	28	17
2007	667	116	17	219	32	15
2008	732	120	16	249	40	16
2009	831	148	18	374	73	20
2010	810	102	13	306	27	9

Työperäisten sairauksien rekisteriin kirjautuneet kosteusvauriohomeiden aiheuttamat ammattitaudit ovat vain osa työpaikoilla ilmenneistä sairaustapauksista, jotka liittyvät kosteus- ja homevaurioihin. Niiden määrä on todennäköisesti huomattavasti suurempi ja sairauksien kirjo taulukossa lueteltuja ammattitauteja laajempi. On kuitenkin korostettava, että ammattitautilaki ja -asetus ovat juridisia sopimuksia ja säädöksiä ohjaamaan työssä aiheutuneiden sairauksien tutkimuksia ja korvaamista, joita säädöksiä tulee muuttaa, mikäli uusi tutkimustieto ja käytännöt sitä edellyttävät.

Työterveyslaitos ja sairaalat tutkivat ammattitautiepäilyjä ammattitautilain ja -asetusten perusteella noudattamalla yleisesti hyväksytyjä ja tieteellisiin tutkimuksiin pohjaavia käytäntöjä. Vakuutuslaitokset arvioivat tämän jälkeen täyttyvätkö hyväksymis- ja korvausperusteet. Päätöksistä on valitusoikeus. **Jos työntekijän oireilu ja sairaus liittyy työpaikan olosuhteisiin, on välttämätöntä oireilevan työntekijän työsuojelun kannalta hoitaa tilanne kuntoon riippumatta siitä, mitä ammattitautitutkimuksissa todetaan.** Työturvallisuuslain mukaan työnantajalla on velvollisuus huolehtia siitä, että työntekijöiden terveys ei vaarannu työssä. Työpaikan työterveyshuolto arvioi kosteusvauriotyöpaikan työntekijän työkyvyn tapauskohtaisesti riippumatta siitä, tuliko tutkimuksissa ammattitauti tai ei. STM:n hiljattain julkaistu työryhmämuistio selvittää työpaikan työsuojelun tehtäviä epäiltäessä kosteus- ja homevaurioita työpaikan rakennuksissa (STM 2009).

3.5 Oireiden ja sairauksien aiheuttajat ja syntymekanismit

3.5.1 Yleisiä havaintoja

Tällä hetkellä ei ole riittävästi tutkimustietoa siitä, mitkä tekijät kosteusvauriorakennuksissa aiheuttavat terveyshaittoja. Kosteusvauriotalojen mikrobeista homesienten ja bakteerien on arvioitu olevan todennäköisimmät terveyshaittojen aiheuttajat, mutta mikrobikasvustojen joukossa on myös hiivoja ja alkueläimiä (Andersen ym. 2011, Reijula 2004). Tyypil-

lisimmät kosteusvauriotaloihin liittyvä oireet ovat ylä- ja alahengitystien allergiset tai tulehdusta muistuttavat oireet limakalvoilla (Bornehag ym. 2001, Mendell ym. 2011, Andrae ym. 1988, Verhoeff ja Burge 1997). Useimmat tutkimukset tulehdusmekanismien selvittämiseksi on näin ollen tehty joko kokeellisia malleja (hengitystiealtistus) tai limakalvojen soluja käyttäen. Toksisuutta arvioitaessa on myös voitu käyttää muita, ei hengityselimiin liitettyjä soluja kuten esim. munuaissoluja. Koko kehon kattavia systeemisiä vaikutuksia on pyritty mittaamaan verisolusta mutta toistaiseksi huonolla menestyksellä.

Kosteus- ja homevauriorakennuksissa esiintyviä mikrobeja, niiden rakenneosia tai metaboliatuotteita (esim. mikrobitoroksiineja) on tutkittu lähinnä yksitellen solumalleissa sekä koe-eläinmalleissa. Viitteitä yksittäisten mikrobien mahdollisesta toksisuudesta ja haitallisuudesta voidaan mitata malleissa, mutta kosteusvauriossa altistutaan kuitenkin samanaikaisesti useille mikrobeille, mikrobikomponenteille ja mikrobitoroksiineille (Taubel ym. 2011), mikä tekee tulosten tulkinnasta vaikean. Lisäksi on pidettävä mielessä, että mikrobeista ja niiden tuotteista tunnetaan tällä hetkellä vielä vain murto-osa. Siten on tärkeää selvittää kosteusvaurioon liittyvien bioaktiivisten tekijöiden yhteisvaikutuksia. Näitä tutkimuksia on tehty tähän mennessä kuitenkin hyvin vähän (Huttunen ym. 2004, Islam ym. 2007), koska monimutkaista vuorovaikutusverkkoa on hankala tutkia. Solu- ja koe-eläintutkimuksissa on pystytty kiistattomasti osoittamaan, että immuunijärjestelmän solut tunnistavat kosteusvauriomikrobeja, niihin liittyviä soluseinärakenteita sekä metaboliatuotteita ja muokkaavat merkittävästi puolustusjärjestelmän säätelämään tulehdusvastetta. Solumallit ovat myös erittäin herkkiä ja siksi suureksi haasteeksi muodostuu raportoitujen tulosten merkityksen arvioiminen kosteusvaurio-oireilun selittäjänä aidossa altistumistilanteessa.

WHO:n asiantuntijaryhmä totesi, että kosteus- ja homevaurioissa todettujen oireiden ja sairauksien taustalla ei ole yhtä yksittäistä syntymekanismia (WHO 2004). Vaikka laboratoriotutkimuksia, immunotoksikologiaa ja koe-eläintutkimuksia aiheesta on tehtykin, sairauksien syntymekanismeja ei vielä tunneta.

3.5.2 Oireita mahdollisesti aiheuttavat homelajit

Tietyt *Aspergillus* ja *Penicillium* lajit, jotka ovat tyypillisimmät kosteusvauriorakennuksissa, ovat sekä allergisoivia että voivat tuottaa toksiinia (Kurup ym. 2000). Kosteusvauriotaloissa voi löytyä lukuisia *Aspergillus*-lajeja, mutta tyypillisimmät ja eniten tutkitut ovat toksiinia tuottava *A. versicolor* ja patogeeninen *Aspergillus fumigatus*. *Aspergillus fumigatus* haitallisuudesta tiedetään eniten juuri tämän allergeenisuuden ja (opportunistisen) patogeenisuuden takia (Kurup ym. 2000, Greenberger 2002). Tiedetään, että allergiaan taipuvainen voi helposti herkistyä *A. fumigatus*lle. Tämä sieni voi ääritapauksissa allergian lisäksi aiheuttaa erittäin hankalia sairaustapauksia henkilöissä, joiden keuhkoihin *Asper-*

gillus fumigatus on päässyt pesiytymään merkittävästi heikentyneen puolustuskyvyn takia, kuten allergisessa aspergilloosissa, keuhkohtaumataudissa tai astmassa. Potilastutkimusten lisäksi *Aspergillus fumigatus* vaikutusten mekanismeja on myös paljon tutkittu solu- ja eläinkokeissa.

3.5.3 Mikrobien soluseinärakenteet ja mikrobien perimäaine (DNA)

Kosteusvauriokohteissa ei altistuta ainoastaan eläville mikrobeille vaan myös niiden aineenvaihduntatuotteille ja rakennekomponenteille. Näitä bioaktiivisia rakennekomponentteja tunnistetaan solussa olevien tunnistereseptorien kuten Toll-like (TLR) ja lektiiniä sitovien (LTR) reseptorien kautta (Netea ym. 2004). Tunnistereseptoreiden aktivoituminen aiheuttaa tulehdukseen liittyvien välittäjäaineiden erittymisen aktivoituneesta solusta.

Viimeaikaisissa tutkimuksissa on osoitettu, että keskeisen tulehdusvälittäjäaineen, interleukiini-1-beta (IL-1 β), erittyminen tulehdussoluista on erittäin tarkkaan säädelty. Bioaktiivisen välittäjäaineen erittymiseen tarvitaan kaksi signaalia: IL-1 β esimuodon tuottumisen aiheuttama signaali 1 ja solunsisäisen inflammasomirakenteen aktivoitumisen aiheuttama signaali 2. Mikrobien soluseinärakenteet aikaansaavat tunnistereseptori välitteisen signaalin aktivoitumisen, joka aiheuttaa IL-1 β esimuodon (pro- IL-1 β) tuottumisen. Pro- IL-1 β ei ole kuitenkaan biologisesti aktiivinen ja se pysyy solun sisässä tulehdusta aiheuttamatta. Solunsisäisen vaarasignaalin tunnistaminen laukaisee toisen signaalireitin, joka vuorostaan pilkkoo IL-1 β esimuodon biologisesti aktiiviseen muotoon. Kummankin signaalin aktivoituminen on välttämätöntä bioaktiivisen IL-1 β erittymiselle.

Homesientien soluseinärakenne koostuu muun muassa kitiinistä ja beta-glukaanista, joista kummallakin on havaittu olevan tulehdusreaktiota ja immuunijärjestelmää muokkaavia vaikutuksia (Roeder ym. 2004, Strong ym. 2002). Beta-glukaanin tunnistetaan makrofagin pinnalla olevan dectin-1 reseptorin välityksellä. Tunnistamisesta seuraa voimakas tulehdusvälittäjäaineiden erityys.

Bakteerin immuunijärjestelevää muokkaavista rakennekomponenteista lipopolysakkaridia (LPS) eli endotoksiinia on tutkittu eniten. Se esiintyy gramnegatiivisten bakteerien soluseinämässä ja sen tiedetään aktivoivan tulehdustapahtumia TLR4 tunnistereseptorin aktivaation kautta.

Homeiden, grampositiivisten bakteerien ja jopa gramnegatiivisten bakteerien rakenteissa esiintyy myös lipoproteiineja, jotka tunnistetaan TLR2-reseptorin välityksellä. TLR2-aktivaatio aiheuttaa voimakkaan tulehdusvälittäjäaineiden erittymisen ja vaikuttaa sitä kautta merkittävästi tulehdustapahtumien syntyyn ja kehittymiseen.

Homeiden ja bakteerien DNA sisältää metyloimattomia CpG-alueita, jotka tunnistetaan immuunijärjestelmään kuuluvien solujen TLR9-reseptorien välityksellä. TLR9-aktivaatio aiheuttaa voimakkaan tulehdussytokiinien tuotannon ja siten osallistuu tulehdustapahtumien syntyyn ja kehittymiseen.

3.5.4 Mikrobin aineenvaihduntatuotteet

Mykotoksiinit ovat home- ja hiivasienten tuottamia haitallisia aineenvaihduntatuotteita, jotka voivat aiheuttaa ihmisissä lukuisia akuutteja ja kroonisia oireita. Oireiden ilmene- mistä ei voida selittää allergialla tai sieni-infektiolla. Oireita on kuvattu mykotoksiinia sisältäviä elintarvikkeita käyttäneillä sekä hengitysteitse ja ihon kautta altistuneilla potilailla.

Stachybotrys chartarum ja sen toksiinit ovat herättäneet erityistä huomiota, kun 1990-luvulla vakavia lasten sairaustapauksia liitettiin kosteusvauriohomeisiin vaikkakaan suoraa syy-yhteyttä myöhemmin tässä yhteydessä ei ole voitu osoittaa (Hossain ym. 2004). *S. chartarum* voi tuottaa tietyissä olosuhteissa myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita (Nielsen ym. 2002). Osa *Stachybotrys* kannoista tuottaa trikotekeeneja (kuten satratoksiini H), jotka ovat voimakkaita toksiineja kun taas suurin osa kannoista tuottaa spiro syklistä drimaaneja, joilla on havaittu olevan immunosuppressiivisia vaikutuksia (Pestka ym. 2008). Mm. satratoksiinit aktivoivat solun sisäisen inflammasomirakenteen ja aiheuttavat voimakkaan tulehdusvälittäjäainetuotannon ihmisen makrofageissa yhdessä LPS:n kanssa (Kankkunen ym. 2009, Kankkunen ym. 2010). Kosteusvaurioissa on homeiden lisäksi myös runsaasti bakteerikasvustoa joten nämä löydökset saattavat osittain selittää *S. chartarumin* voimakkaita tulehdusvasteita solu- ja koe-eläinmalleissa useissa eri tutkimuksissa (Leino ym. 2003, Rand ym. 2002, Ruotsalainen ym. 1998, Yike ym. 2002).

A. versicolor voi tuottaa sterigmatokystiiniä, joka on potentti karsinogeeni, mutageeni ja teratogeeni (Versilovskis ja De Saeger 2010). Koe-eläimissä krooninen altistus sterigmatokystiinille on nähty aiheuttavan kasvaimia maksassa ja hengitysteissä sekä vaurioita munuaisissa. *A. fumigatus*, voi myös tuottaa toksista mm. gliotoksiinia, joka voi edistää sienen pesiytymistä hengitysteihin (Sugui ym. 2007).

Chaetomium ja *Acremonium*-lajeja löytyy usein kosteusvauriotaloissa, osa kannoista tuottaa myös toksiineja, mutta näiden homeiden vaikutuksia ei ole tutkittu in vivo tai in vitro -kokeissa.

Aktinomykeettejä, eli sädesieniä, löydetään myös kosteusvauriotuneissa rakennuksissa. *Streptomyces* on yleisin tähän ryhmään kuuluva aktinomykeetti, joka myrkyllisten aineenvaihduntatuotteiden (antibioottien, immunosuppressoivien aineiden, entsyymi-inhibiit-

toreiden) ansiosta usein myös katsotaan mahdolliseksi oireiden aiheuttajiksi (Andersson ym. 1997, Taubel ym. 2011). Vaikkakin *Streptomyces* on grampositiivinen bakteeri, ja näin ollen ei sisällä endotoksiinia, osa lajeista on todettu aiheuttavan pro-inflammatorisia (tulehdukseen viittaavia) reaktioita sekä solu- että eläinkokeissa (Jussila ym. 2001, Penttinen ym. 2006).

On olemassa epäsuoraa tietoa, joka liittyy mykotoksiinien ja homeiden epätavallisen esiintymisen sisäympäristöissä asukkaiden tai työntekijöiden kokemuksiin oireisiin. Useimmiten mykotoksiinien LD₅₀-arvo on < 10 mg/kg suun kautta altistumiselle, ollen samaa suuruusluokkaa kuin esim. pestisideinä käytetyille strykniinille, DDT:lle tai fosfiinille. Tarkkoja annosvasteita mykotoksiinien hengitystiealtistumiselle ei kuitenkaan usein tunneta. Sen lisäksi tarvitaan vielä lisää tietoa sisäilman sisältämän pölyn mykotoksiinipitoisuuksista.

Osana valtakunnallisia Kosteus- ja homealkoita käynnistettiin v. 2011 laaja TOXTEST-tutkimushanke, jonka tavoitteena on kehittää sisäympäristönäynteille soveltuva toksisuuden arviointimenetelmä. Hankkeen tavoitteena on tutkia hyvin kontrolloidussa ja sokkoutetussa koe-asetelmassa usealla eri menetelmällä kosteusvauriokohteista (joissa oireillaan) ja terveistä verrokki-kohteista (joissa ei oireilla) kerättyjen laskeutuneiden pölyjen toksisuutta. Tavoitteena on mm. selvittää, voidaanko kosteusvauriokohteesta kerättyjen pölynäytteiden toksisuutta määrittämällä arvioida luotettavasti kohteiden terveysriskiä. Tutkimushankkeen osallistuvat keskeiset tutkimusryhmät Terveiden ja hyvinvoinnin laitokselta (THL), Työterveyslaitokselta sekä Helsingin yliopistosta. Tutkimus valmistuu 2012, ja sen tuloksilla ja johtopäätöksillä on erittäin suuri painoarvo, kun arvioidaan toksisuusvasteen mitauksen hyödyntämismahdollisuuksia kosteusvauriokohteiden terveysriskin arvioinnissa.

Mykotoksiinit esiintyvät sisäilmassa erittäin pieninä pitoisuuksina. Jos yhdisteiden hengitysilmassa pitoisuudelle ei ole asetettu ohje- tai viitearvoja, on vaikeaa arvioida niihin liittyvää terveyshaittaa. Tähän tarkoitukseen on luotu toksikologisissa arvioinneissa laajalti käytetty konsepti, eli ”**Toksikologisen haitan kynnyspitoisuus**” (Threshold of Toxicological Concern, TTC) (Cramer ym. 1978). TTC:ssä yhdisteet luokitellaan toksikologisen vaikutuksen perusteella viiteen luokkaan. TTC-konseptia on sovellettu myös mykotoksiineille, jolloin ne on yleensä luokiteltu kaikkein haitallisimpaan luokkaan. Tällöin päädytään kaikki altistumisreitit huomioiden 30 ng/m³ TTC-pitoisuuteen hengitysilmaalle (Hardin ym. 2009). Tämä on pitoisuus, jolla päivittäisellä 70 vuoden eliniän aikaisella altistumistasolla **ei ole** oletettavissa merkittävää terveydellistä haittaa.

Kosteuvauriutilanteessa rakenteista vapautuvien haihtuvien yhdisteiden, mm. MVOC-yhdisteiden merkitystä tilan käyttäjien oireiluun on arvioitu useissa tutkimuksissa. MVOC-yhdisteiden on todettu aiheuttavan koehenkilöillä ylähengitysteiden ärsytysoireita, mutta ne ilmenivät korkeissa pitoisuuksissa, joita ei yleensä ole mitattu sisäympäris-

töistä. Tutkijat päättelivätkin olevan epätodennäköistä, että MVOC-yhdisteet selittäisivät merkittävästi tilan käyttäjien oireita kosteus- ja homevaurioirakennuksissa (Korpi 2001). Yhteenvetona tutkimuksista voidaan todeta, että nykytiedon perusteella on epätodennäköistä, että formaldehydiä lukuunottamatta VOC- ja MVOC-yhdisteet voisivat yksinään aiheuttaa tilan käyttäjien oireilun kuvatuissa sisäympäristöolosuhteissa (Pasanen ym. 1998, Korpi 2001, Wolkoff ja Nielsen 2001).

3.5.5 Syntymekanismeista

Immuunipuolustusjärjestelmän aktivoituminen esimerkiksi mekaanisen kudonvaurion tai mikrobi-infektion seurauksena aiheuttaa tulehdustilan, joka yleensä edistää kudoksen paranemista. Mikäli elimistö altistuu toistuvasti kudosta vaurioittaville tekijöille, seurauksena on krooninen tulehdus. Tietyissä tilanteissa immuunijärjestelmä saattaa myös yliaktivoitua, jolloin seurauksena on suhteettoman voimakas reagointi ärsykkeeseen. Immuunijärjestelmä voi myös herkistyä ja aiheuttaa tulehdusreaktion ympäristössä oleville harmittomille altisteille (esim. allergiat). Toisaalta immuunijärjestelmä voi myös lamaan-tua, josta on seurauksena heikentynyt puolustuskyky taudinaiheuttajia vastaan.

Seuraavassa on käsitelty mekanismeja, jotka saattavat osallistua kosteusvaurio-oireilun syntyyn ja kehittymiseen.

3.5.5.1 Akuutti ja krooninen limakalvotulehdus

Kosteusvaurioympäristön tiedetään aiheuttavan mm. ylähengitysteiden oireita, yskää ja hengityksen vinkunaa. Aiemmissa *in vitro* tutkimuksissa on lisäksi osoitettu, että kosteusvauriomikrobit ja niiden bioaktiiviset rakennekomponentit/metaboliatuotteet muokkaavat merkittävästi hengitysteiden puolustusjärjestelmään liittyvien solujen, kuten makrofagien ja epiteelisolujen, toimintaa. Tällä hetkellä ei ole kuitenkaan olemassa tutkimuksia joilla voitaisiin osoittaa, että kosteusvaurio-oireilijoiden limakalvojen välittäjäaineprofiili olisi muuntunut kosteusvaurioaltistumisen seurauksena. Toisaalta ei myöskään tiedetä, onko kosteusvauriopotilaiden limakalvo herkempi reagoimaan ympäristön ärsykeille. Kosteusvaurio-oireiluun liittyvien välittäjäaineprofiilien ja limakalvon reaktiivisuuden tutkiminen nykyaikaisen biolääketieteen keinoin olisi siten ensiarvoisen tärkeää.

3.5.5.2 Immuunijärjestelmän lamaantuminen

Kosteusvauriorakennuksessa altistuneilla on raportoitu tavallista enemmän virusten aiheuttamia hengitystietulehduksia, poskiontelon tulehdusta ja jopa keuhkokuumetta. Tämä saattaa viitata siihen, että kosteusvauriopotilaiden immuunijärjestelmä on heikentynyt

(Johanning ym. 1996). Kosteusvaurio-oireilevien potilaiden immuunijärjestelmän tilaa on kuitenkin tutkittu erittäin vähän.

Mahdollisia immunologisia muutoksia ylähengitysteiden limakalvoilla on pyritty kartoittamaan nenähuuhtelunäytteestä (Hirvonen ym. 1999, Walinder ym. 2001) suomalaisessa tutkimuksessa vertailtiin 26 kosteusvauriokohteessa altistuneen ja oireilevan sairaalatyöntekijän ja saman sairaalan terveessä osassa olevan 20 kontrollihenkilön nenähuuhtelunäytteitä (Hellgren ym. 2009). Altistuneiden työntekijöiden huuhtelunäytteissä havaittiin olevan merkittävästi vähemmän neutrofilisiä valkosoluja kontrolleihin verrattuna. Altistuneiden työntekijöiden näytteistä mitattiin myös merkittävästi pienempiä tulehdusvälittäjäaineiden (TNF-alfa ja IL-6) pitoisuuksia. Sitä vastoin altistuneiden henkilöiden verestä mitattiin merkittävästi korkeampia vasta-ainetasoja toksiinia tuottavaa *S. chartarum* homeosientä kohtaan kontrollihenkilöihin verrattuna. Tutkimus antaa viitteitä homealtistumisen seurauksena aiheutuneesta mahdollisesta immuunijärjestelmän heikentymisestä.

Olemassa olevan vähäisen tutkimustiedon perusteella ei kuitenkaan voi tehdä liian pitkälle meneviä johtopäätöksiä, vaan tutkimustietoa kosteusvaurio-oireilevien immuunijärjestelmän tilasta on kerättävä lisää. Homevasta-aineiden tutkiminen ei kuitenkaan yksin riitä, koska kohonneet homevasta-ainetasot saattavat merkitä haitallisen homealtistumisen lisäksi myös normaalin ja suojaavan immuunivasteen kehittymistä. Toisaalta matalat homevasta-ainetasot eivät välttämättä ole seurausta homealtistumisen vähäisyydestä vaan saattavat merkitä myös hankitun immuniteetin laamaantumista. Immuunijärjestelmän tilaa tulisi siksi tutkia monipuolisesti, sekä vasta-aineita että soluvälitteistä immuniteettiä kartoittamalla.

3.5.5.3 Immuunijärjestelmän herkistyminen - yliherkkyys

Yliherkkyys on immunologisen järjestelmän haitallinen reaktio elimistön ulkopuolista, mutta sinänsä vaaratonta ainetta kohtaan. Yliherkkyydellä tarkoitetaan tilannetta, jossa immuunijärjestelmä tunnistaa aiemmin kohtaamansa antigenein (antigeeni on mikä tahansa molekyyli, joka kykenee aiheuttamaan immuunivasteen) ja reagoi siihen erittäin nopeasti ja tarkasti aiheuttaen paikallisen tai jopa kokokehon kattavan (systeemisen) tulehdusreaktion. Tunnetuin yliherkkyuden muoto on IgE vasta-aine-välitteinen allergia. Yliherkkyysreaktiot voivat kuitenkin välittyä myös soluvälitteisesti.

Kosteusvauriopotilaat oireilevat hyvin pienistä altistumisepitoisuuksista vauriokohteessa oleville tekijöille. IgE-välitteistä allergiaa on tutkittu kosteusvauriopotilailla kattavasti ja ainoastaan hyvin pieni osa oireilusta (<5%) näyttää selittyvän kosteusvauriomikrobeja kohtaan tuotetuista IgE-vasta-aineista (Reijula ym. 2003). Myöskään soluvälitteisen yliherkkyuden merkityksestä kosteusvaurio-oireilulle ei ole tutkimustietoa.

Olisikin toivottavaa, että kosteusvauriopotilaiden homespesifisestä immuunivasteesta saataisiin tulevaisuudessa enemmän tietoa. Kosteusvauriokohteessa tapahtuva samanaikainen altistuminen useille mikrobeille ja niiden rakennekomponenteille/metaboliatuotteille tekee tutkimuksesta kuitenkin erittäin haastavaa.

3.6 Alttius oireilla ja sairastua

Kaikki ihmiset ovat jossain elämänsä vaiheessa sairaita. Virusperäiset infektiot vaikuttavat kausiluonteisesti ja allergiat ja astma ovat merkittävästi lisääntyneet viime vuosikymmeninä. Immuunijärjestelmän tilalla ja perussairauksilla saattaa olla merkittävä rooli kosteusvaurioihin liittyvissä oireissa, ja toisaalta perussairauksien oireet saattavat pahentua altistuttaessa kosteusvauriomikrobeille ja niiden aineenvaihduntatuotteille.

Altistuminen kosteusvauriohomeille pahentaa olemassa olevan astman oireita ja usein lisää lääkityksen tarvetta, vaikka homeallergiaa ei olisikaan (Bornehag ym. 2001). Tätä tukee myös kokeelliset tutkimuksemme, joissa olemme osoittaneet, että *Stachybotrus chartarum* homeitiöaltistuksella on merkittäviä synergiavaikutuksia allergisen hengitystietulehduksen kehittymiseen astmaattisilla hiirillä. Kun terveitä hiiriä altistettiin homeitiöillä, altistuminen aiheutti ainoastaan lievän keuhkotulehduksen. Kun astmaattisia hiiriä vuorostaan altistettiin samoille homeitiöille, homealtistuminen aiheutti hiirissä dramaattisen keuhkotulehduksen ja voimakkaan tulehdusvälittäjäainetuotannon (Leino ym. 2006).

Ihmisen perussairauksilla saattaa olla merkittävä vaikutus kosteusvaurioaltistumisesta aiheutuvaan oireiluun ja toisaalta kosteusvaurioaltistuminen saattaa pahentaa perussairauksien oireita. Myös virusinfektiolla saattaa olla synergiavaikutuksia kosteusvaurio-oireiluun tai virusinfektiosta aiheutuviin oireisiin. Lisätutkimuksia tarvitaan perussairauksien ja immunologisen tilan merkityksestä kosteusvaurioihin liittyvissä oireissa.

Myös geneettisestä perimästä johtuvalla yksilöllisellä herkkyydellä saattaa olla merkitystä kosteusvauriosairauksien synnyssä ja kehittymisessä. Ihmisen perimä sisältää pieniä geenimutaatiota jotka vaikuttavat geenituotteiden määrään ja toimintaan. Tämä geneettinen polymorfia (geenivariaatio) aiheuttaa sen, että tietyt yksilöt ovat toisia yksilöitä alttiimpia ympäristön altisteiden aiheuttamille haittavaikutuksille. Yksilöllisen herkkyuden merkitystä kosteusvaurio-oireilulle ei ole kuitenkaan aiemmin selvitetty.

3.7 Altistumisen ja terveysriskin arviointi

3.7.1 Arvioinnin yleiset periaatteet

Altistumisen arviointi on terveysriskin arvioinnin perusta. Altistumisen arviointi tähtää siihen, kuinka todennäköistä ja laajaa altistuminen on. Yleisesti altistumisen arvioinnissa tarvitaan tietoa päästölähteestä (esim. lähteen ominaisuudet, laajuus), päästöstä (esim. koostumus ja voimakkuus), sisäilman epäpuhtauspitoisuuksista (leviäminen), niiden ajallisesta ja paikallisesta vaihtelusta sekä epäpuhtauksien kulkeutumisesta ihon, silmien tai hengitysteiden kautta elimistöön.

Sisäilman mikrobimittauksiin ja niiden tulosten tulkintaan liittyy epävarmuuksia ja pitoisuudet vaihtelevat suuresti. Lisäksi sisäilmaan liittyvissä mikrobimittauksissa mitataan pääosin indikaattoreina toimivia epäpuhtauksia. Näin ollen tilojen käyttäjien altistumisen tasoa arvioitaessa sisäilmaongelmaisissa rakennuksissa on selvitettävä rakennus- ja taloteknisten tekijöiden lisäksi ennen kaikkea päästölähdettä ja päästöä eli epäpuhtauksien pääsyä sisäilmaan, päästöjen voimakkuutta ja laajuutta. STM:n kosteusvaurioityöryhmän muistiossa (2009) näiden tekijöiden yhteyksiä altistumisen todennäköisyyteen on määritetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Haitallisen altistumisen todennäköisyys rakenteista peräisin oleville mikrobeille. (STM:n selvityksiä 2009:18)

Haitallinen altistuminen epätodennäköinen	Ei kosteusvauriota, ei riskirakenteita, tilat eivät voimakkaasti alipaineisia, eikä vuotoilma- reittejä esim. läpivientien tai kuilujen kautta sisäympäristön epätavanomaisiin mikrobi- lähteisiin.
Haitallinen altistuminen mahdollista	Kosteusjälkiä (ei mikrobikasvua), riskirakenteita, korjattu kosteusvaurio, tilat ajoittain voi- makkaasti alipaineisia ja/tai mahdollisia vuotoilmareittejä sisäympäristön epätavanomai- siin mikrobilähteisiin.
Haitallinen altistuminen todennäköistä	Näkyvät vauriot sisäpinnalla, mikrobikasvua materiaaleissa tai ympäröivissä rakenteissa, poikkeavaa mikrobialtistetta todettu (ilma- tai pölynäyte), tilat voimakkaasti alipaineisia ja/tai ilmayhteys vaurioituneesta tilasta tai rakenteesta työskentelytilaan.

Kokonaiskuva altistumisesta saadaan, kun sisäilmastotekijöihin ja olosuhteisiin lisätään tieto tilojen käyttäjien kokemuksista ja terveydentilasta. Merkittävässä mikrobi-altistumisessa on pysyvän haitan tai sairauden vaara, minkä vuoksi altistumis seuraukset arvioidaan vakaviksi STM:n riskinarviointiohjeiden mukaan (STM 2009). Lisäksi tiloissa, joissa on vastustuskyvyltään heikentyneitä henkilöitä (esim. sairaaloissa), terveyshaitan riski on suurempi. Lopullinen terveydellinen riskinarviointi tulisi tehdä moniammatillisessa sisäilmaryhmässä lääketieteellisen asiantuntijan johdolla.

Sisäilman laatua kosteus- ja homevauriorakennuksissa arvioidaan yleisimmin mikrobimit-
tauksista saatavan informaation perusteella eli tulkitsemalla **kasvatuksellisilla menetel-
millä saatua tietoa sisäilman mikrobipitoisuuksista ja -lajistosta.** Tämän tiedon perus-
teella voidaan useimmiten tunnistaa vauriorakennukset ja arvioida altistumista, mutta sen

perusteella **ei kuitenkaan voida arvioida sairastumisriskiä**. Tämä johtuu siitä, että mikro-bien terveyshaittaa aiheuttavaa tekijää tai mekanismia ei toistaiseksi tunneta, mikrobeilla voi olla monia terveyshaittaa aiheuttavia ominaisuuksia samanaikaisesti, oireilu voi syntyä usealle epäpuhtaudelle altistumisen yhteisvaikutuksesta ja myös siitä, että ihmisten herkkyys ja kyky reagoida mikrobialtistumiselle on erilainen.

Suuren mikrobipitoisuuden ajatellaan liittyvän terveyshaittoihin todennäköisemmin kuin pienten pitoisuuksien. Tähän viittaa homepölykeuhkon esiintyvyys maataloudessa, jossa mahdollisia homelähteitä on paljon ja niiden aiheuttama altistus pahimmillaan erittäin suuri. Käsitksemme erilaisten ympäristöjen, ml. kosteusvauriorakennukset, mikrobipitoisuuksista perustuu kasvatuksellisiin menetelmiin, joten kuva kokonaisaltistumisesta on puutteellinen.

Mahdollisten mykotoksiinintuottajien esiintyminen rakennusmateriaaleissa tai muissa rakennuksesta kerättyjen homesieninäytteiden kasvustoissa tulkitaan usein osoitukseksi mykotoksiinialtistumisesta, vaikka asia ei ole näin. Tietoa toksiinien esiintymisestä kosteusvauriorakennusten sisäilmassa on erittäin vähän. Toisaalta altistuminen toksiineille edellyttää toksiinien joutumista elimistöön hengitysilman mukana.

Terveyshaittoja, jotka aiheutuvat altistumisesta useille mikrobeille tai mikrobiepäpuhtauksille samanaikaisesti, ei toistaiseksi vielä tunneta riittävän hyvin. Yksittäinen mikrobi voi aiheuttaa puolustusjärjestelmän aktivoitumisen, toinen puolestaan voi lamata sen. Näiden tietojen valossa tarvittaisiin erilaisten mikrobiperäisten altisteiden pitkäaikaisseurantaa kosteusvauriorakennuksissa, jotta terveyshaittojen ilmaantumisen todennäköisyyttä pystyttäisiin arvioimaan.

3.7.2 Homevauriorakennuksiin liittyvät ammattitautitutkimukset ja merkittävä altistuminen

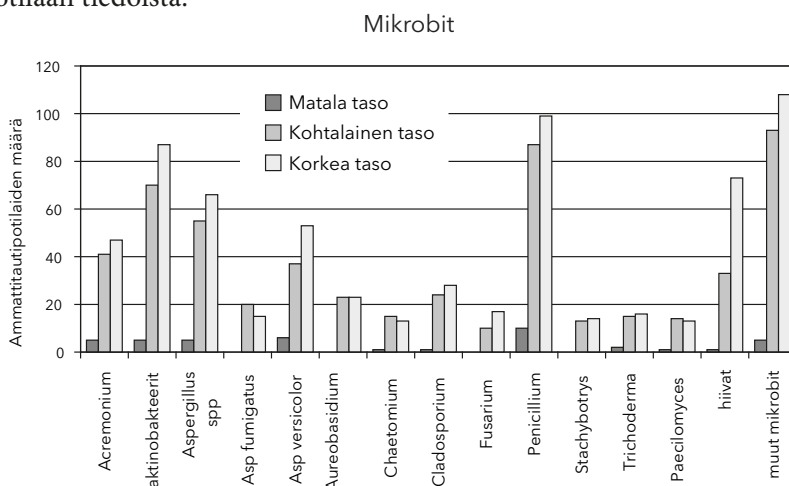
Vuosina 1995-2004 tutkittiin työpaikkaperäisten hengitystieoireiden vuoksi Työterveyslaitoksella noin 2000 potilasta (Karvala ym. 2010). Kaikilla oli taustatietona altistuminen kosteus- ja homevauriorakennuksissa. Altistumistasot määritettiin potilailta, jotka oli valittu seuraavasti: a) kaikki ammattitautidiagnoosin saaneet (n=350), b) kaikki ne potilaat, joilla oli astma (ei-ammattiasma) ja PEF-työpaikkaseurannassa todettiin yhteys työn ja astman välillä ("PEF-työpaikkaseuranta positiivinen") (n=45) sekä c) satunnaisotos potilasta (n=200), joilla oli diagnosoitu astma (ei-ammattiasma, eli työn pahentama astma) sekä d) satunnaisotos potilaista, joilla oli vain hengitystieoireita (joko ylä- tai alahengitystieoireita tai molempia) (n=100). Kaikilla tutkimuksissa olleilla potilailla oli yleisoireita, kuten silmien ärsytysoireita, väsymystä, päänsärkyä, kuumetta tai iho-oireita.

Tätä tutkimusraporttia varten on koottu yhteenveto altistumistiedoista em. potilaista (n=435), jotka olivat työskennelleet toimistoissa (n=131), kouluissa (n=136), lasten ja nuorison tiloissa (n=56) sekä terveydenhuoltorakennuksissa (n=112). Altistuminen rakenteista peräisin oleville mikrobeille arvioitiin takautuvasti vuosina 2006-2008 **taulukossa 10** esitetyin kriteerein.

Taulukko 10. Altistumistason luokittelukriteerit kosteus- ja homevauriorakennuksissa altistuneiden ammattitautitutkimuksiin liittyen. Pääpaino arvioinnissa oli rakennusteknisten vaurioiden kuvauksella sekä ilmayhteyksien osoittamisessa vaurioiden ja tutkittavan potilaan työtilan välillä. Huom. Altistumistason luokittelu tehtiin 2006-2008, nykyisin toimistoympäristön ilman sieni-itiöpitoisuuksille on suositeltu viitearvoksi 50 cfu/ m³.

Altistumistaso	Altistumistason kriteerit
Matala taso (n=19)	Mikrobivaurioista oli riittävä ja luotettava kuvaus. Vaurion laajuus oli pieni (<0.5 m ²) tutkittavan potilaan työtilassa, tai vaurio oli rajoittunut (< 1 m ²) lähellä tutkittavan pysyvää työtilaa.
Kohtalainen taso (n=175)	Mikrobivaurioista oli riittävä ja luotettava kuvaus. Vaurion laajuus oli rajoittunut (<1 m ²) tutkittavan potilaan työtilassa, ja vastaava vaurio korkeintaan 3 muussa huoneessa työpaikalla. Sisäilman sieni-itiöpitoisuudet alle 100 cfu/ m ² ja aktinobakteeripitoisuudet alle 10 cfu/ m ² , eikä sisäilman tai laskeutuneen pölyn mikrobilajistossa dominoinut kosteusvaurioidikaattorimikrobit.
Korkea taso (n=168)	Mikrobivaurioista oli riittävä ja luotettava kuvaus. Laajoja tai lukuisia vaurioita (>1 m ²) oli tutkittavan potilaan työtilassa tai selvässä ilmayhteydessä. Yleensä kyseessä oli systemaattinen vaurio rakennuksessa, kuten alapohjan vauriot. Sisäilman sieni-itiöpitoisuudet olivat yli 100 cfu/ m ² tai aktinobakteeripitoisuudet yli 10 cfu/ m ² tai kosteusvaurioidikaattorimikrobit dominoivat sisäilman tai laskeutuneen pölyn mikrobilajistoa.
Riittämättömät altistumistiedot (n=73)	Altistumistiedot olivat riittämättömiä tai ei tehty validoiduilla tutkimusmenetelmillä. Rakennuksen kosteusvauriokartoitusta/-kuntotutkimusta ei ollut tehty, tai ne puuttuivat potilaan altistumistiedoista. Tai esitetyt potilaan altistumistiedot eivät olleet yhteyksissä tai muutoin relevantteja potilaan työtiloihin.

Kuvassa 13 on esitetty yleisimmät mikrobit tutkittujen ammattitautipotilaiden työpaikoilla, jos altistumistiedoissa oli löydettävissä mikrobiologisia selvityksiä luotettavilla menetelmillä tehtyinä. Näitä tietoja löytyi 19 matalaan altistumistasoon luokitellun potilaan, 175 kohtalaiseksi altistumistasoon luokitellun potilaan ja 168 korkeaan altistumistasoon luokitellun potilaan tiedoista.



Kuva 13. Yleisimmät mikrobit tutkittujen ammattitautipotilaiden työpaikoilla, jos altistumistiedoissa (n= 19 potilasta matala altistumistaso, n= 175 potilasta kohtalainen altistumistaso ja n= 169 korkea altistumistaso) oli löydettävissä mikrobiologisia selvityksiä luotettavilla menetelmillä tehtyinä. Mikrobiologiset altisteet olivat pääosin tutkittu materiaali- ja ilmanäytteistä.

Kaikissa altistumistasoissa yleisimmät mikrobit olivat kosteus- ja mikrobivaurioituneissa rakennuksissa *Aspergillus*- ja *Penicillium*-lajit (erityisesti *A. fumigatus*) sekä aktinobakteerit. Mikrobivaurioiden laajuuden kasvaessa, eli kohtalaisessa altistumistasossa, työntekijät altistuivat em. mikrobin lisäksi yleisesti myös *Aspergillus versicolorille*, *Aureobasidiumille* ja *Cladosporiumille*. Laajimmin vaurioituneissa rakennuksissa ammattitautitutkimuksiin lähetettyjen potilaiden työympäristössä oli em. mikrobin lisäksi usein myös *Fusariumia* ja *Trichodermaa*. Mikrobilajisto oli runsaampaa kohtalaisessa ja korkeassa altistumisloukassa, mikä ilmenee mm. useina tunnistettuina *Aspergillus*-lajeina sekä indikaattorimikrobien, kuten *S. chartarum*- ja *Paecilomyces* -lajien esiintymisenä.

Potilaiden altistuminen poikkeavalle mikrobaltaistelle osoitettiin useimmiten vauriokuvaus, materiaalinäyttein ja ilmayhteyksien havainnollistamisella vaurioiden ja työskentelytilan välillä. Potilaiden altistumistiedoissa altistuminen yleisimmille mikrobeille voitiin osoittaa 121 tapauksessa ilmanäyttein, 35 tapauksessa laskeutuneen pölyn näyttein, 27 tapauksessa pintanäyttein ja 270 tapauksessa materiaalinäyttein. Mikrobin esiintyminen eri näytetyypeissä vaihteli. Aktinobakteereja sekä monia *Penicillium*- ja *Aspergillus*-lajeja havaittiin ilmasta, laskeutuneesta pölystä, pinnalta ja materiaalista. Kuitenkin joitakin homeita, kuten *Aspergillus glaucusta* ja *Gliomastixia* osoitettiin merkittäviä määriä vain materiaalinäytteissä ja esim. *Fusarium* oli vaikeammin osoitettavissa ilmanäytteistä, mutta 25 potilastapauksessa se oli valtalaji materiaalinäytteissä. Huomattavaa oli, että 435 arvioidun potilastapauksen joukosta 73 potilaalta puuttui riittävät ja luotettavat altistumistiedot altistumistason arvioimiseksi.

Taulukko 11. Potilaiden altistumistiedoissa rakennusten kosteusvauriotyypit eri altistumistasoilla, kun vauriokuvaus oli luotettavasti dokumentoitu.

Altistumistaso	Vauriotyyppi (n=potilaslkm, potilaan altistumistiedoissa on kuvattu tämä vauriotyyppi, yhteensä koko aineistosta)	Vauriotyyppien eniten esiintyneet yhdistelmät (n= potilaslkm, potilaan altistumistiedoissa on kuvattu tämä vauriotyyppiyhdistelmä, yhteensä koko aineistosta)
Matala altistumistaso	a. Katto tai yläpohja b. Seinät ja/tai ikkunarakenne c. Lattia tai alapohja d. Ilmanvaihtojärjestelmä	b-c: 2 potilastiedoissa
Kohtalainen altistumistaso	a. 75 b. 97 c. 77 d. 14	b-c: 27 potilastiedoissa a-b: 23 potilastiedoissa a-c: 13 potilastiedoissa
Korkea altistumistaso	a. 97 b. 100 c. 113 d. 11	a-b-c: 37 potilastiedoissa b-c: 25 potilastiedoissa a-c: 22 potilastiedoissa a-b: 13 potilastiedoissa

Tutkittujen potilaiden työpaikoilla esiintyi eniten kosteus- ja mikrobivaurioita seinissä ja/tai ikkunarakenteissa (223 potilastapausta), seuraavaksi eniten lattiavaurioita (n=195) ja hieman vähemmän kattovaurioita (175 potilaan työpaikalla). Korkeaksi altistumistasok-

si luokitelluissa potilastiedoissa esiintyi eniten yhtä aikaa useiden rakenneosien vaurioitumista ja vain tässä altistumistasossa esiintyi kolmen rakenneosan vaurioitumista yhtä aikaa. Ilmanvaihtojärjestelmän mikrobikontaminaatiot olivat harvinaisempia, mutta niitäkin esiintyi >10 potilaan altistumistiedoissa kohtalaisessa ja korkeassa altistumistasossa.

Karvala työtovereineen (2010) on aikaisemmin julkaissut pääosin tämän saman aineiston perustella, että altistumistaso oli merkittävästi korkeampi potilailla, joilla diagnosoitiin työperäinen astma kuin potilailla, joilla diagnosoitiin työssä pahenevaa astmaa.

Haverinen (2002) havaitsi väitöskirjatyössään yhteyden vaurion koon, tyyppin, iän, sijainnin ja sisäverhousmateriaalin sekä raportoitujen oireiden välillä: riski hengitystieoireisiin kasvoi vaurion haitallisuuden kasvaessa. Esimerkiksi laajat materiaali- vauriot rakennuksessa (>4m²), erityisesti lattia- ja seinävauriot, näkyvä homekasvu, tiilirakenne ja puuverhoilu korreloivat tilojen käyttäjien hengitystieoireiluun.

3.8 Sisäilmasto-ongelmien hallinta

3.8.1 Sisäilmasto-ongelman hallinnan yleiset periaatteet

Viimeisten kolmenkymmenen vuoden aikana on tehty lukuisia tutkimuksia ja kehityshankkeita sisäilmaongelmien vähentämiseksi. Tutkimukset ovat käsitelleet sisäilmaongelmien taustalla olevia syitä ja niistä mahdollisesti aiheutuvia terveyshaittoja (esimerkiksi Finnegan ym. 1984, Jaakkola ja Miettinen 1995, Seppänen ym. 1999). Tutkimuksissa ja kehityshankkeissa on annettu myös toimenpide-ehdotuksia sisäilmaongelmien vähentämiseksi (Haahtela ja Reijula 1997, Tekes 2003, Tekes 2006, Pietiläinen ym. 2007, WHO 2009, RIL 250-2011, Terve Talo- Teknologiaohjelma 1998-2002). Tehdyistä tutkimuksista ja toimenpide-ehdotuksista huolimatta sisäilmaongelmien vähentämisessä on vielä paljon tehtävää. Korjauksia tehdään peruskorjauksina ja kiireellisinä homekorjauksina (Talotekniikkalehti 2010). Rakentamisessa aikataulujen kiristäminen ja urakoiden pilkkominen pieniin osiin ovat aiheuttaneet kovia haasteita rakentamisen laadukkaalle toteuttamiselle. Hautajärven (2011) mukaan alan ongelmia ei saada ratkaistua teettämällä rakennuksille kalliita, standardeihimme huonosti soveltuvia ulkomaisia sertifiointeja.

Seuraavassa on esitetty yleisimpiä sisäilmasto-ongelmien ratkaisemisessa havaittuja epäkohtia:

- **Toimintamalleja ja ohjeita sisäilmaongelmien ratkaisemiseksi** ei ole käytössä tai tiedossa kaikissa kunnissa tai uusien hanketulosten ja ratkaisumallien soveltaminen kuntien sisäilmatoimintaan on tekemättä (Lappalainen ym. 2010a, Pekkola &

Metiäinen 2011, Lappalainen ym. 2010a).

- **Ongelman aiheuttaneita syitä ja seurauksia sekä niiden välisiä yhteyksiä** ei osata tunnistaa. Käytännössä sellaista korjaustekniikkaa ei ole olemassa, joka antaisi täyden varmuuden sisäilmasto-ongelman poistumisesta. Vain niissä tapauksissa, joissa voidaan luotettavasti osoittaa sisäilmasto-ongelman aiheuttaneet syyt, voidaan korjaukset kohdistaa oikein ja oikeassa laajuudessa. Monesti osa vaurioista on piilovaurioita, joita ei löydetä laajoillakaan kunto- tai sisäilmastotutkimuksilla (Hekkanen 2006). Kuntotutkimusten tilanne on melko sekava kentällä ja teknisten selvitysten rinnalla tarvitaan useasti myös inhimillisten tekijöiden huomioimista (Hekkanen 2006, Lahtinen ym. 2006).
- Yleisimmät syyt kosteus- ja homevauriokorjausten epäonnistumiseen kuntien rakennuksissa ovat **vastuiden hajauttaminen ja heikko tiedonkulku** hankkeen eri vaiheissa ja eri toimijoiden välillä. Kosteus- ja homevauriokorjaushankkeissa eri vaiheiden vetovastuun vaihtuminen aiheuttaa tiedonsiirrossa suuria puutteita (Kero 2011).
- Kuntien ja kaupunkien kosteus- ja homevauriokorjausprosesseja arvioitaessa (Kero 2011, 58) on todettu, että **sisäilmasto-ongelmakohteissa selvityksiä tilataan riittämättömin perustein, eikä selvityksille ole asetettu tavoitteita**. Monesti selvitykset on kohdistettu väärin tai ne ovat täysin turhia ja tulosten epäonnistunut kohdentaminen tai tulkinta voi johtaa korjauskierteeseen (Hekkanen 2006, Kero 2012). Usein on tehty selvityksen tekijän omaan asiantuntemukseen tai osaamisalueeseen liittyviä tutkimuksia, mutta selvitysten tulosten tulkinta on epäonnistunut ja laajempi kokonaisuus on jäänyt huomioimatta (Kero 2011, Tähtinen 2012).
- Pilottikunnissa tehdyssä kyselyssä (Hekkanen 2006) hankalaksi koettiin, että **hankintalain edellyttämä kilpailutus hidastaa selvitysten ja korjausten aloittamista**. Vain hinnan perusteella tehty tarjousten valinta aiheuttaa varsinkin sisäilmasto-ongelmien selvitys- ja korjaushankkeissa hankalia tilanteita (Hekkanen 2006).

Sisäilmasto-ongelmat ovat usein monimutkaisia ja ongelman selvittämiseen käytettyjen menetelmien tuloksien tulkinta voi olla vaikeaa (Ruokojoki 2006). Sisäilmasto-ongelmien selvitys- ja korjausvaihe on monialainen ja haastava, minkä vuoksi korjauksia tulisi käsitellä ja hallita kokonaisuuksina koko hankkeen ajan.

Kunnille tehdyn kyselytutkimuksen (Hekkanen 2006) mukaan sisäilmastokorjausten onnistumiseen myönteisesti vaikuttavista tekijöistä mainittiin sisäilmasto-ongelman merkityksen ymmärtäminen ja ongelmien perusteellinen selvittäminen. Sisäilmasto-ongelman

ratkaisemisen alkuvaiheessa **ongelman tunnistaminen ja oikeiden toimenpiteiden määrittäminen** tulisi tehdä ammattitaitoisesti, jolloin saavutettaisiin onnistuneempia, oikein kohdistettuja ja tavoitteellisempia selvityksiä (Kero 2011). Ongelman ratkaisuun osallistuu monia eri tahoja ja asiantuntijoita, joiden yhteistyön merkitys on suuri. **Yhteisten toimintamallien** kautta ongelmanratkaisu onnistuu parhaiten (Lappalainen ym. 2010a). Sisäilmasto-ongelman ratkaisu vaatii aina **hyvän teknisen osaamisen ja taloudellisten resurssien lisäksi myös sisäilma-alan asiantuntijuutta, ratkaisuvaiheiden hallintaan ja johtamiseen liittyvää osaamista** (Lahtinen 2004, Lappalainen ym. 2010a, Tähtinen 2012). Ongelmatapaukset selviävät helpommin, jos toimintamallit ongelmien ratkaisemiseen on sovittu ennalta. Hekkasen selvityksen (2006) mukaan korjaukset koettiin onnistuneiksi silloin, kun korjaushankkeen aikataulut olivat realistiset ja korjausten suunnittelulle oli varattu riittävästi aikaa. **Riittävän pitkälle aikavälille suunniteltu ja toteutettu seuranta** toi myönteisiä vaikutuksia korjaushankkeisiin. Korjaushankkeissa tulisi varmistua siitä, että kaikki korjaukset sekä korjausten jälkeiset suunnitellut toimenpiteet, kuten siivous, ilmanvaihdon säädöt ja jälkiseuranta, on tehty huolellisesti.

Kokemuksen perusteella ongelmana niin sisäilmastonselvityksissä, sisäilmastokorjauksissa kuin niiden suunnittelussakin on moniammatillisen tiimin puute (Tähtinen 2012). Hyväksi todettu tapa on ollut käyttää monen ammattikunnan asiantuntijuutta koko selvitys- ja korjausprosessin toteuttamisessa (Stambej 2004). Kuntien hyvät toimintatavat sisäympäristöongelmissa ja rakennusten korjausten priorisointi -kehityshankkeessa (Lappalainen ym. 2010b) opastettiin kuntia sisäilmasto-ongelmien toimintamallin käyttöön. **Toimintamalli perustuu moniammatilliseen yhteistyöhön työpaikan sisäilmaryhmässä.** Usean toimijan osallistuminen ongelmanratkaisuun vaatii hyvin organisoitua yhteistyötä, viestintää ja erilaisten roolien jakamista. Sisäilmaryhmän toiminnan ydin on suunnitelmallinen ja säännöllinen viestintä ongelman selvittelyyn osallistuvien tahojen välillä (Lappalainen ym. 2010). Sisäilmaryhmä-toiminta on koettu onnistuneeksi toimintamalliksi vaikeiden ja laajojen sisäilmasto-ongelmien ratkaisemisessa (Lahtinen ym. 2006). Yhdenmukaisten toimintamallien luominen kuntiin **edellyttäisi alueellisten rekisterien laatimista pätevästä sisäilma-asiantuntijoista, sisäilmastokorjausten suunnitteluun ja projektin johtoon erikoistuneista pätevästä asiantuntijoista ja sisäilmastokorjauksiin erikoistuneista urakoitsijoista** (Hekkanen 2006).

Yhtenä kehitysehdotuksena erilaisten toimintamallien ja -tapojen käyttämiseksi kuntien sisäilmasto-ongelmien ratkaisemiseen on ehdotettu työkalujen ja **toimintamallien tiedon lisäämistä ja koulutusta kunnissa** (Pekkola & Metiäinen 2011). Niissä kunnissa, joissa sisäilmasto-ongelmatietous on lisääntynyt, on voitu helpommin tunnistaa moniongelmaiset ja vaikeat tapaukset sekä lievemmat sisäilmasto-ongelmat. Kyselytutkimuksen (Pekkola & Metiäinen 2011) mukaan kunnat käyttävät sisäilma-asioiden ongelmanratkaisun vaiheissa ulkopuoleisia konsultteja oman osaamisensa vahvistamiseksi. Selvitysten tilaajien osaa-

minen on vaihtelevaa (Tähtinen 2012). Yleensä sisäilmasto- ja kuntotutkimus selvitysten raportoinnin tulosten yhdistäminen ja tulkinta on jäänyt tilaajan vastuulle. Tilaajan osaamisesta on riippunut, miten raporttien suositukset on ymmärretty ja miten, mitä ja miksi korjaavia toimenpiteitä on toteutettu tai jätetty toteuttamatta. Työterveyslaitos on yhdessä ympäristöministeriön Kosteus- ja hometalkoiden sekä yhteistyökumppaneiden kanssa laatinut **tilaajan ohjeen sisäilmasto-ongelman selvittämiseen**, joka auttaa ongelmanratkaisun kokonaisuuden hallinnassa. Tilaajan ohjeessa esitetään selvitysvaiheeseen ratkaisumallia, jossa lähtötietovaiheen ongelman arvioinnin tekijän tulee aina olla sisäilmastoasioihin perehtynyt asiantuntija (Tähtinen ym. 2012). Toisinaan tilaajan suorittama valvonta on ollut riittämätöntä tai valvonnan osaamisessa on havaittu puutteita. Koska ulkopuoleisten konsulttien osaamistasoissa on havaittu vaihtelua, **sisäilma-asiantuntijoiden pätevyyteen ja osaamiseen on kiinnitettävä huomioita** (Pekkola & Metiäinen 2011).

Sisäilmasto-ongelmia voidaan ennaltaehkäistä selvittämällä kiinteistökannan kunto, tekemällä kunnossapito- ja kiinteistösuunnitelma ja varaamalla kunnossapitoon ja korjauksiin tarvittavat rahat (Pekkola & Metiäinen 2004). Homevauriokorjausten avustamisen lisäksi tulisi miettiä, tuetaanko ennakoivaa ja ennaltaehkäisevää kiinteistönpitoa, jolloin home- ja kosteusvaurioilta voitaisiin välttyä.

Sisäilmaongelmaisen rakennuksen korjaaminen vaatii perusteellista kuntotutkimusta, hyvää korjaussuunnittelua ja tiedonsiirron hallintaa ja toimenpiteiden riittävää seurantaa (Hekkanen 2006, Asikainen & Peltola 2008). Keskeisin kosteusvaurioita ehkäisevä toimenpide on suunnittelun ja rakentamisen laadun parantaminen. Rakentamisessa tärkeitä laatutekijöitä ovat tekijöiden ammattitaito, asenne ja työn valvonta (Rakennuslehti 2011, Rakennuslehti 2011b). Käsitkset rakentamisesta sekä suunnittelu- ja toteutusprosesseista pitäisi uudistaa. Tämä vaatii myös koulutuksen uudistamista, jossa olisi painotettava alusta lähtien ammattiyhpeyteen pohjautuvaa yritteliäisyyttä ja erikoistumista (Hautajärvi 2011).

3.8.2 Sisäympäristön haittatekijöiden tutkiminen

Kosteus- ja homevauriot on yksi sisäympäristön ongelmista. Ilmanvaihdon epäkohdat tunkkaisena ilmaana tai vetona, kuiva sisäilma, materiaalipäästöt epämiellyttävinä hajuina, pöly ja lika ovat esimerkkejä muista yleisistä sisäympäristön ongelmista.

Sisäilmastoa ja -ympäristöä tulee tarkastella kokonaisuutena (Lappalainen ym. 2009):

- A. Rakennus- ja taloteknisiä tekijöitä sekä sisäilmasto-olosuhteita
- B. Tilojen käyttäjien terveydentilaa ja kokemuksia sekä
- C. Sisäympäristöön liittyviä toimintatapoja.

Näiden A,B ja C osa-alueiden soveltamisesta, selvityksistä ja mittaamisesta on lisätietoa oppaassa Salonen ym. 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen ja STM:n Asumisterveys-ohjeessa (STM 2003).

A1 Sisäilmaston laatu

Epäpuhtauspitoisuudet sisäilmastossa vaihtelevat ajallisesti paljon johtuen mm. päästölähteeseen liittyvistä tekijöistä, muista rakennus- ja taloteknisistä tekijöistä, tilojen toiminoista sekä sää- ja ulkoilmaolosuhteista. Kosteus- ja mikrobivaurioissa sisäilman epäpuhtauspäästöön vaikuttavat esim. mikrobilajit, vaurion laajuus, materiaalin kosteuspitoisuus ja painesuhteet vauriorakenteen ympäristössä. Mittaamisen ja mittaustulosten tulkinnan epävarmuustekijät liittyvät mittaustekniikkaan, analysointiin ja ihmisen toimintaan (Hiltunen ym. 2011). Lisäksi sisäilmasta on todennäköisesti vielä tunnistamatta lukuisia tekijöitä, joista voi aiheutua haittaa tilojen käyttäjille. Nykyisistäkään tunnistetuista haittatekijöistä ei usein tiedetä tarkkaa terveyshaittaa aiheuttavaa komponenttia. Mikrobivaurioituneiden rakennusten tiedetään kuitenkin aiheuttavan terveyshaittariskin tilojen käyttäjille (Bornehag ym. 2001, Park ym 2011) ja tiedetään haitallisuuden kasvavan vaurioiden laajuuden ja lukumäärän kasvaessa (Haverinen 2002).

A2 Rakennus- ja talotekniset tekijät

Rakennus- ja talotekniset tekijät vaikuttavat merkittävästi sisäilmaston olosuhteisiin. Tämän vuoksi niin haittatekijöiden tunnistamisessa kuin altistumisen arvioinnissa on oleellista, että rakennukseen on tehty kuntotutkimus ja talotekniikkaan, etenkin ilmanvaihtoon, liittyvät selvitykset ennen muita lisäselvityksiä.

B1 Koettu sisäympäristö

Sisäympäristön arvioinnissa on erityinen painoarvo sillä, miten tilojen käyttäjät kokevat ympäristön. Tilojen käyttäjien kuuleminen on tärkeää, koska mitattu ja koettu sisäympäristö eivät aina vastaa toisiaan. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että sisäilmaongelmien aiheuttajat voivat olla piileviä, minkä vuoksi niitä ei aina tavoiteta käytettävissä olevilla mittausten menetelmillä. Ihminen on yleensä hyvä ja herkkä raportoija, joka aistii sisäympäristöön vaikuttavien tekijöiden vaikutuksia.

Tilan käyttäjien arvio sisäympäristöstä on yhdistelmä ympäristön objektiivisista ominaisuuksista ja niiden subjektiivisesta tulkinnasta. Ihminen tekee ympäristöstään havaintoja, tulkitsee havaintojaan ja arvioi niiden merkitystä itselleen. Tilanteen tulkinta vaikuttaa objektiivisten olosuhteiden ohella merkittävästi tilan käyttäjän viihtyvyyteen, työmotivaatioon ja hyvinvointiin. Yksilölliset erot kokemuksissa saattavat olla suuriakin (Cox ja Fer-

guson 1994, Lahtinen 2004a). Psykososiaaliset tekijät (esim. työstressi, tyytymättömyys ja huono henkilökohtainen hyvinvointi) voivat vaikuttaa työntekijöiden raportoimiin oireisiin ja olosuhdehaittoihin (Lahtinen 2004b).

Tilojen käyttäjien tyytyväisyys sisäympäristöön voidaan selvittää kyselyillä, jotka sisältävät kysymyksiä koetuista olosuhdehaitoista ja sisäilmastoon liittyvistä oireista. Työterveyslaitoksen **sisäilmastokysely** (Reijula ja Sundman-Digert 2004) on työterveyshuollon työväline, jota voidaan käyttää silloin, kun epäillään henkilöstön oireiden ja koettujen haittojen johtuvan sisäilmasta mutta yksittäistä syytä ei tiedetä. Merkittävä kosteusvaurio aiheuttaa oireilua osalle rakennuksen käyttäjistä, joten ongelma voidaan joissakin tapauksissa tunnistaa sisäilmastokyselyllä, jonka tuloksissa tietty oireiden tai koettujen työympäristöhaittojen yhdistelmä voi viitata rakennuksen kosteus- ja homevaurioon. Terveystieteiden henkilöstö voi koota oire- ja sairaustietoja kosteus- ja homevaurioiden tunnistamisen tueksi. Terveystieteellisiä tietoja tulee tarkastella yhdessä teknisten havaintojen kanssa. Näin voidaan varmistua siitä, että suunniteltujen toimenpiteiden avulla voidaan vaikuttaa koettuihin ongelmiin.

Kosteus- ja homevauriot ovat merkittäviä rakennusten sisäilmaongelmien aiheuttajia. Ongelmat ilmenevät useimmiten käyttäjien oireiluna, mistä syntyy tarve tunnistaa oireilun taustalla olevia tekijöitä. Kosteus- ja homevaurioituneessa rakennuksessa esiintyy yleensä mikrobiperäisiä epäpuhtauksia, esimerkiksi itiöitä, ja poikkeavia hajuja. Ihmisillä esiintyvät oireet eivät ole tyypillisiä pelkästään mikrobialtistumiselle, vaan samanlaisia oireita voivat aiheuttaa tai oireilua voivat vahvistaa samanaikainen altistuminen muille rakennuksessa esiintyville altisteille, kuten mineraalikuiduille tai haihtuville orgaanisille yhdisteille.

B2 Tilojen käyttäjien terveydentila ja erityisryhmät

Haittatekijöiden tunnistamisessa ja altistumisen arvioimisessa tarvitaan yleensä aina myös arvio tilojen käyttäjien terveydentilasta ryhmätasolla. Työpaikoilla tämä tieto saadaan työterveyshuollon asiantuntijoilta. Oire- ja sairastumistietoja verrataan löydöksiin rakennuksen kunnosta ja sisäilmasto-olosuhteista eli tehdään arvio mahdollisista syy-seuraussuhteista.

C Sisäympäristöön liittyvät toimintatavat

Rakennukseen liittyvä ylläpito ja huolto ovat tärkeässä roolissa sisäympäristön hallinnassa. Haittatekijöiden selvittämisessä tulisi aina selvittää myös rakennukseen liittyviä huoltokäytäntöjä, haittailmoitusmenettelyä ja ongelmien ratkaisuprosessia.

PRIORITA-arviointityökalu

Tilojen käyttäjien altistumista sisäilmasto-ongelmista johtuville epäpuhtauksille voidaan tehokkaimmin ehkäistä kiinteistöjen hyvällä kunnossapidolla ja pitkän tähtäimen korjaussuunnitelmaa noudattaen. Tilojen kunnan ja käytettävyyden arvioimiseen on useita menetelmiä. Tärkeää on, että arvioinnissa huomioidaan myös tilojen käyttäjien kokemukset tiloista ja sisäympäristöstä. Sisäympäristöongelmien ja korjausten kiireellisyyden arvioinnissa voidaan käyttää esim. sisäympäristöongelmaisten rakennusten terveysriskiin perustuvaa korjausten priorisointityökalua (PRIORITA, Työterveyslaitos). PRIORITAn avulla tunnistetaan rakennukseen, erityisesti tekniseen kuntoon ja sisäympäristöön, liittyviä merkittäviä ongelmia, jotka yleensä ovat yhteydessä terveyshaittojen esiintymiseen. Työkalu soveltuu päätöksenteon tueksi päätettäessä toimenpiteiden kiireellisyysjärjestyksestä eri rakennuksiin tai tiloihin liittyen.

PRIORITA-työkalussa on huomioitu edellä kuvattu hyvän sisäympäristön kokonaisuus (ABC), joka koostuu A) rakennuksen hyvästä kunnosta ja sisäympäristöstä B) työympäristön terveellisyydestä ja toimivuudesta sekä C) hyvistä käytännöistä rakennuksen ylläpidossa sekä sisäympäristöongelmien ehkäisemisessä, tunnistamisessa ja hallinnassa (Lappalainen ym. 2009). Näitä osa-alueita tulisi aina arvioida samanaikaisesti ja myös tilojen käyttäjien kokemusten kautta, kun tehdään arvioita sisäympäristön laadusta. PRIORITA-työkalussa rakennuksiin ja sisäympäristöön liittyvä terveysriskin arvio tilojen käyttäjille muodostetaan kohdekohtaisesti syötettyjen tietojen pohjalta seuraavilta osa-alueilta:

- A. Rakennuksen tekninen kunto ja muut sisäympäristötekijät kiinteistöhallinnan, -huollon ja työsuojelun asiantuntijat arvioivat tähän liittyvät kysymykset ja kriteerit menetelmässä
- B. Tilojen käyttäjien terveydentila ja koettu sisäympäristö nämä tiedot syötetään menetelmään työterveyshuollon arvioon ja sisäilmastokyselyyn perustuen
- C. Sisäilmaryhmän tilanearvio ko. tiloihin tai rakennukseen liittyen moniammatillisen ryhmän (ensisijaisesti) tai useamman asiantuntijan arvio tilanteesta (toissijaisesti)

PRIORITA-työkalusta saadaan lopputuloksena ns. Priorita-indeksi. Indeksillä muodostuu painokertoimin painotettuna summana arviointikriteereille annettujen vastausten perusteella.

Teknisessä arvioinnissa pisteytetään rakenteiden ja teknisten järjestelmien todetut tai odotettavissa olevat ongelmat, joista saattaa olla haittaa rakennuksen käyttäjien terveydelle.

Riskin suuruutta painotetaan haitan vakavuuden ja sen esiintymisen todennäköisyyden perusteella annetuilla painokertoimilla.

Käyttäjien kokemukset otetaan huomioon Työterveyslaitoksen sisäilmastokyselyn avulla. Kyselyn vastaukset summataan painotettuna yhteen ja verrataan vertailuaineistoon. Vaihtoehtoisesti, jos sisäilmastokyselyä ei voida toteuttaa, käyttäjien kokemukset kartoitetaan asiantuntija-arviona.

Terveydellisessä arvioinnissa työterveyshuolto vertaa eri tavoin painotettujen kriteerien avulla rakennuksen käyttäjien terveydellistä tilannetta. Sisäilmaryhmän osuudessa asiantuntijaryhmä arvioi rakennuksen kuntoa ja sisäympäristöä yhteisenä näkemyksenään.

PRIORITA-menetelmää käytetään web-selaimella ja se vaatii jatkuvan internet-yhteyden. Sovelluksen käyttö on mahdollista myös mobiililaitteilla. Tiedot tallentuvat keskitetysti palvelimella olevaan tietokantaan. Yhteys on suojattu ja käyttäjien pääsyä järjestelmään hallinnoidaan käyttäjätunnuksien ja käyttäjäryhmien avulla. Työkalu on saatavilla Työterveyslaitoksen internet sivuilta (www.ttl.fi/sisaymparisto).

3.8.3 Majvikin suositukset kosteusvauriorakennusten ja oireilevien tutkimiseksi

Kosteus- ja homevaurioiden tutkiminen edellyttää moniammatillista osaamista ja ammattitaitoa rakennuksen ja niissä mahdollisesti oireilevien ihmisten tutkimiseksi mahdollisimman hyvin. THL, Työterveyslaitos, Itä-Suomen yliopisto, Aalto yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto ja HYKSin iho- ja allergiasairaala ovat muun muassa laatineet tutkimuksiinsa pohjaten ohjeita rakennusten ja potilaiden tutkimiseen. Vuonna 1998 koottiin ensimmäinen Majvik-suositus (1998), jossa eri alojen asiantuntijat keräsivät olemassa olevan tiedon kosteus- ja homevaurioista ja kirjoittivat suosituksen hyväksi käytännöiksi kuinka rakennukset ja potilaat tulisi tutkia. Majvik-suositus päivitettiin vuonna 2007 (2007).

Suosituksessa korostettiin sitä, että rakennus ja ihmiset tulisi tutkia samaan aikaan, sillä sisäilmaan liittyvää oireilua ei voi varmistaa, ellei tietoa rakennuksesta ja mahdollisista rakennusteknisistä tai ilmanvaihtoon liittyvistä epäkohdista ole tietoa. Suosituksen mukaan ripeä asian tutkiminen ja korjausten toteutus, mikäli ongelmia havaitaan, johtavat todennäköisimmin myönteiseen lopputulokseen. Suositus toi ilmi sen, että kosteus- ja homeongelmien hallinnassa on vielä paljon kehitettävää. Tietoa tarvitaan lisäksi paljon kosteus- ja homevaurioiden terveydellisestä merkityksestä.

3.9 Altistumisen vähentäminen

Jos rakennuksessa on kosteus- ja homevaurioita, on ennakoivassa kiinteistön huollossa ja ylläpidossa epäonnistuttu. Näissä tapauksissa ensisijaisesti altistumista estetään ja vähennetään kosteus- ja homevaurioiden ja niiden aiheuttaneiden syiden korjauksella. Korjausten lähtökohtana on kokonaisvaltainen suunnitelmallinen korjaus, jossa vaurioituneet rakenteet uusitaan. Korjausten lähtötietoina tulee olla riittävät kuntotutkimustulokset ja korjausten laajuuden määrittely. Toteutuneiden toimenpiteiden vaikutusta tilojen käyttäjien terveyteen tulee seurata. Merkittävin muutos tulisi olla koettujen oireiden väheneminen tai loppuminen. (Työterveyslaitos 1999, Kauhanen 2009, Salonen ym. 2011, Seuri & Palomäki 2000).

3.9.1 *Kosteus- ja homevaurioselvitysten ja korjausten aikainen suojauminen*

Sisäilman mikrobipitoisuudet kasvavat merkittävästi, jopa miljoonakertaiseksi purku- ja korjaustöiden aikana ja pöly kulkeutuu eri tilojen välillä ilmanreittien kautta tilasta toiseen ja myös irtaimiston ja ihmisten mukana. Hajuja voi vapautua erilaisten huokoisten rakennusmateriaalien tai irtaimiston materiaaleista. Pöly pysyy pystypinnoilla kuten katto- ja seinäpinnoilla (Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen 2011).

Pölyn estäminen kuntotutkimus- ja sisäilmast selvitysvaiheessa on tärkeää, koska yleensä selvitysvaiheessa tehdään rakenteisiin rakenneavauksia, jotka vastaavat purkutyötä. Kuitenkin samanaikaisesti selvitysvaiheessa ja selvitystyön jälkeen tiloissa työskennellään tai oleskellaan normaalisti. Rakenneavausten korjaaminen ja tiiviiksi saattaminen on tärkeää, jotta mahdollinen pöly ei pääse sisäilmaan ilmavuotoreittien kautta ennen korjausten toteuttamista, ja siten lisää sisäilmaan epäpuhtauksia. Rakenteiden avaamisen aikaiseen ja jälkeiseen suojaustoimenpiteisiin ei ole ohjetta, mutta siihen voidaan käyttää purku- ja korjaustyössä käytettyä yleisesti käytössä olevaa Rakennustieto Oy:n ohjetta (Pesonen & Karnaattu 2012).

Purku- ja korjaustyön aikaiset suojaustoimenpiteiden suunnittelu tehdään korjaussuunnittelun jälkeen tai yhtäaikaaisesti, kun korjausten laajuus ja taso sekä rakenteissa ja pinnoilla esiintyvät haitta-aineet on jo tiedossa. Pölyjen leviäminen korjausalueelta muihin tiloihin tulee estää. Pölyjen leviämisen estämisellä suojellaan puhtaiden tilojen käyttäjien terveyttä ja suojaukset helpottavat homeettomaksi siivousta korjausten jälkeen. Suojaukset tulee poistaa vasta homeettomaksi siivouksen jälkeen.

Purkutöiden aikana on purkutyön tekijöiden henkilökohtaisesta suojautumisesta huolehdittava purkutyön tason huomioivin suojavarustein (hengityssuojaimet ja suoja-asut).

Yksityiskohtaiset ohjeet purkutöistä ja tarvittavista suojauksista on esitetty Rakennustieto Oy:n ohjeissa

Ratu 82-0383 ”Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakenteiden purku”

Ratu 82-0347 ”Asbestia sisältävien rakenteiden purku”

Ratu 82-0381 ”Kivihiilipikeä sisältävien rakenteiden purku”

Ratu 82-0382 ”PCB:tä ja lyijyä sisältävien saumausmassojen purku”

Ratu 82-0384 ”Tavanomaiset purkutytöt. Vaaralliset aineet - käsittely ja suojaus.”

Korjausten tilaajalla ja toteuttajalla tulee olla yhteneväinen näkemys korjausten aikaisesta puhtaustasosta. Käytännössä suojausten ja työmaan puhtaustason määrittäminen tehdään urakka-asiakirjoissa. Käyttäjälle aiheutuvasta korjaustenaikaisesta haitasta ei ole rakennuslainsäädännössä ohjeita tai säädöksiä (Kolari 011). Työsuojelulaissa työnantajan velvollisuus on huolehtia työntekijöidensä turvallisuudesta (Työturvallisuuslaki 738/2002).

3.9.2 Kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeinen siivous

Ilmanvaihtokanaviston siivouksen ja rakennussiivouksen ajoitus on suunniteltava ennalta. Siivous tehdään aina rakennussiivouksen jälkeen ja sen tavoitteena on päästä eroon pölystä ja hajusta. Siivoaminen on tärkeää pinnoille laskeutuneen mikrobipitoisen pölyn poistamiseksi. Huolellinenkaan siivous ei poista epätavanomaista mikrobistoa, jos rakennuksessa on korjaamattomia vaurioita. Myös irtaimisto tulee puhdistaa. Siivouksen jälkeen tiloissa tehdään korotettua siivoustasoa noin 1-2 kuukautta. Suojaustoimenpiteiden laiminlyönti tai huolimattomuus kerta siivousskulukustannuksia myöhemmässä vaiheessa ja altistaa tilojen käyttäjiä homepölylle pitkiäkin aikoja. Siivouksessa on huomioitava myös työntekijän henkilökohtainen suojautuminen (Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen 2011).

3.9.3 Väistötilat

Korjauksista aiheutuvien häiriötekijöiden, kuten melu, sähkö- ja vesikatkokset, tavaroiden siirtely ja varastointi, lisäksi korjaustöistä aiheutuu haitallisia ja terveydelle vaarallisia päästöjä. Erilaisten häiriötekijöiden takia voidaan tilojen käyttäjille järjestää väistötilat korjausten ajaksi (Kolari 2011). Väistötilojen järjestäminen voi on ainoa vaihtoehto käyttäjien terveyden suojelemiseksi. Työterveyshuolto voi arvioida oireilevien tilojen käyttäjien sijoittamistarvetta väistötiloihin välittömästi.

Väistötilojen järjestäminen voi olla myös haastavaa isojen henkilöstömäärien tai tilojen toiminnallisen vaativuuden vuoksi. Väliaikaiseen käyttöön tarkoitettut tilaelementtikoulut tai päiväkodit eivät välttämättä täytä kaikkia rakennusmääräyksiä. Lähtökohtana väistötiloille yleensä on, että ne ovat tilapäisiä rakennuksia ja nykyisissä rakennusmääräyksissä ei ole erikseen mainintaa tilapäisrakennuksista. Kunnat ovat joutuneet tekemään sovellettuja ja poikkeavia ratkaisuja tilapäisten rakennusten käyttöönotossa. Uudessa Rakentamismääräyskokoelmassa D3 mainitaan uusien tilapäisrakennusten energiatehokkuusmääräykset, joissa tilapäisrakennuksille esitetään joitakin ehtoja. Määräykset eivät koske tilapäisrakennuksia, jotka on rakennettu ennen uuden ohjeen D3 voimaantuloa (2012) (Rakennustieto 2011; Suomen rakentamismääräyskokoelma D3.)

Väistötilojen tarve on yleensä useita kuukausia tai jopa vuosia. Väistötilojen kunto ja sisäilman laatu tulee olla sellainen, ettei se vaaranna tilan käyttäjien turvallisuutta tai terveyttä ja tulee todeta olevan hyväksyttävällä tasolla ennen väistötiloihin siirtymistä.

4 Taloudellinen merkitys

4.1 Tarkastelun lähtökohdat

Kosteus- ja homevaurioiden aiheuttamat **kustannukset** kansantaloudelle muodostuvat muun muassa seuraavista osatekijöistä:

- vaikutukset **rakennusten kunnossapitoon ja korjauksiin** (ennenaikainen rakenteiden ja materiaalien vaihtotarve)
- vaikutukset **tilan käyttäjien terveyteen** (lisääntynyt oireilu, sairaudet, hoitokustannukset)
- terveysvaikutuksiin liittyvät **työpanos- ja tuottavuusmenetykset**

Kosteusvaurioita löytyy lähes kaikista rakennuksista. Yleensä kosteusvaurio on vähäinen ja rajatulla alueella. Mikäli rakenteet ja materiaalit eivät pääse kuivumaan, niihin ilmaantuu ympäristöstä peräisin olevaa mikrobikasvua. Tällöin rakenteissa on kosteus- ja homevaurio. Pikainen korjaus ja vaurioituneiden materiaalien poisto takaavat sen, että vauriosta ei aiheudu ongelmia rakennukselle tai tilan käyttäjille.

Kosteus- ja homevaurio on merkittävä **rakennuksen teknisen tarkastelun kannalta** silloin, kun vaurio oleellisesti lyhentää rakennuksen elinkaarta. **Tilan käyttäjien kannalta** kosteus- ja homevaurio on merkittävä, kun vaurio todennäköisesti uhkaa tilan käyttäjien terveyttä. Tässä raportissa on aikaisemmin määritelty tilan käyttäjien terveyden kannalta merkittävä kosteus- ja homevaurio.

On ilmeistä, että kustannukset ovat suuremmat silloin, kun puhutaan terveyden kannalta merkittävistä kosteus- ja homevaurioista verrattuna rakenteiden kannalta merkittäviin kosteus- ja homevaurioihin. Eli, rakennus ei välttämättä sorru ja aiheuta suuria kustannuksia kosteus- ja homevaurioiden takia, mutta jos rakennuksen käyttäjät sairastuvat, se johtaa oleellisesti suurempiin kustannuksiin. Kustannuksia ei pelkästään tule oireiden ja sairauksien tutkimuksista ja hoidosta, vaan esimerkiksi työtehon ja työkyvyn lasku tai sen menettäminen joksikin aikaa sekä työyhteisön toimintakyvyn heikkeneminen voivat johtaa merkittäviin kustannuksiin. Vaikeimmillaan kosteus- ja homevauriotyöpaikoilla joudutaan nopeasti sulkemaan tiloja terveysvaaran takia, jolloin toiminnot voivat lamaantua, korvaavia tiloja ei heti löydy ja kustannukset ennakoimattomasta korjauksesta voivat olla moninkertaiset tavanomaiseen, suunniteltuun remonttiin verrattuna.

Kosteus- ja homeongelmien aiheuttamien kustannusten suuruusluokka asettuu vuosittaisen bruttokansantuotteen sisälle (Taulukko 12).

Taulukko 12. Kosteus- ja homeongelmien talousvaikutusten suuruutta rajaavat makroluvut.

Kansantalous: 180 mrd. €	
Rakennuskustannukset 21,4 mrd. €	Työpanos- ja hoitokustannukset 36,6 mrd. €
uudisrakentaminen 11,6 mrd. €	tk-eläkkeet 16,9 mrd. €
korjausrakentaminen 9,6 mrd. €	sairauspoissaolot 3,7 mrd. €
	terveydenhoito 16 mrd. €

Kosteus- ja homeongelmat vaikuttavat sekä rakennuskustannuksiin että sairauksien aiheuttamiin työpanos- ja hoitomenetyksiin. Arvioimalla kosteus- ja homeongelman nykyinen osuus näistä kummastakin kustannuskokonaisuudesta voimme saada kuvan siitä, mikä on rakentamisen laatuvaatimusten aiheuttama kustannuslisä ja -säästö.

4.2 Rakennuskannan kosteus- ja homevaurioiden taloudellinen merkitys

4.2.1 Kosteusvauriot ja kansanvarallisuus

Suomen rakennuskanta vuonna 2010 koostui yhteensä 1,45 milj. rakennuksesta (taulukko 1, s. 41), joista asuinrakennuksia oli 85 % ja muita kuin asuinrakennuksia 15 %. Erillisiä pientaloja tästä määrästä oli 1,1 miljoonaa, rivi- ja ketjutaloja 76 000 ja asuinkerrostaloja 56 000. Suomen kansanvarallisuus vuonna 2010 oli yhteensä 775 mrd. €, josta asuinrakennukset olivat 217 mrd. € ja muut talonrakennukset 132 mrd. €.

Merkittävän kosteus- ja homevaurion osuus asuinrakennuksien kerrosalasta on arviolta pien- ja rivitaloissa 7-13 % ja kerrostaloissa 6-9 %. Kerrosalaan suhteutettuna voidaan todeta, että kansanvarallisuudesta kokoluokkaan 6-13 % eli 13-28,2 mrd. €:oon kohdistuu merkittävä kosteus- ja homevaurio.

Muiden kuin asuinrakennusten osuus kansanvarallisuudesta oli 132 mrd. €. Julkisista rakennuksista opetusrakennukset (noin 9 000 rakennusta) ovat suhteellisen vanhaa rakennuskantaa, sillä 19 % kerrosalasta on rakennettu vuosina 1960–1969 ja 21 % vuosina 1940–1959. Hoitoalan rakennuksista (noin 8 000 rakennusta) 49 % on rakennettu aikavälillä 1960-1989 ja vajaa puolet tätä vanhempia. Merkittävä osa opetus- ja hoitoalan rakennuksista on elinkaarensa päässä.

Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita arvioidaan olevan opetus- ja hoitoalan rakennuksista 12-26 % kerrosalasta. Toimistorakennuksissa osuus on pienempi eli 2,5-5 % kerrosalasta. Suoraan em. kerrosala kansanvarallisuuteen suhteutettuna vastaisi suuruusluokkaa 3,3-34,3 mrd. €.

Kiinteistöjen omistaja ratkaisee sen, milloin ja missä laajuudessa kiinteistöjä korjataan. Asunto-osakeyhtiöiden osakkeet ovat pääsääntöisesti yksityisten henkilöiden omistuksessa, joten käytännössä **yksityiset henkilöt hallinnoivat noin 59 % kerrosneliöistä. Yritykset omistivat 14 % ja kiinteistöosakeyhtiöt 12 % rakennuskannasta. Valtio ja kunta omistivat suoraan tai välillisesti 11 % rakennuskannasta.** Suunniteltaessa mahdollisia ohjaustoimia rakennusten kunnossapitoon ja korjauksiin kosteusvaurioiden takia, on tärkeää huomata, että valtio ja kunnat omistavat vain murto-osan maamme kiinteistöistä.

4.2.2 Kosteus- ja homevaurioiden vaikutukset talonrakentamiseen

Uudisrakentaminen oli vuonna 2010 yhteensä 11,6 mrd. € ja korjausrakentaminen 9,6 mrd. € (kuva 6, s. 49). Korjausrakentamisen osuus todennäköisesti kasvaa lähivuosina.

Asuinrakennuksia rakennettiin vuonna 2010 yhteensä 5,41 mrd. €:lla, joka oli 48 % uudisrakentamisen arvosta. Liike- ja toimistorakennuksia rakennettiin 1,84 mrd. €:lla (16 %) ja julkisia palvelurakennuksia 1,08 mrd. €:lla (9,6 %) vuonna 2010. Asuinrakennusten osuus uudisrakentamisen arvosta on vaihdellut huomattavasti aikavälillä 2004-2010: alimmillaan osuus oli 37 % vuonna 2009 ja korkeimmillaan 53 % vuonna 2004.

Tilastokeskuksen mukaan talojen korjausrakentaminen oli vuonna 2010 yhteensä 9,57 mrd. €, josta asuinrakennusten osuus oli 6,35 mrd. € (66 %) ja muiden rakennusten korjaukset 3,22 mrd. € (34 %) (kuva 8, s. 57).

Tuorein koko rakennuskannan kattava poikkileikkaustutkimus korjausrakentamisesta on vuonna 2002 valmistunut Korjausrakentaminen 2000-2010 (REMO 2000) -tutkimus. Tutkimuksen toteuttivat VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka ja Tilastokeskus. Tutkimuksen tulokset on julkaistu raportissa Korjausrakentaminen 2000-2010, VTT Tiedotteita 2154. Tässä selvityksessä tutkimuksen tulokset siirrettiin vuoden 2010 rakennuskantaan ottaen huomioon korjauskustannusten nousu ja korjausten intensiteetin muutokset. Vuonna 2011 VTT julkaisi raportin ”Korjausrakentaminen 2030 esitutkimus”, jossa ehdotettiin tiedon päivittämistä kattavasti korjausrakentamisessa. Ehdotus ei saanut rahoitusta.

Taulukko 13. Vuoden 2010 korjauskustannusten vertailu. Tilastokeskuksen luvut on esitetty kuvassa 8, TTL:n laskelmat taulukossa 15a ja VTT:n luvut ovat julkaisusta Taloyhtiön vuosikirja 2011-2012, ss.73-75. TTL:n laskelmat eivät sisällä kesämökkejä eikä maatalouden tuotantorakennuksia.

Vuoden 2010 rakennuskanta	Korjauskustannukset vuonna 2010 tutkimuslaitoksittain					
	VTT		TTL:n laskelmat		Tilastokeskus	
	milj.€	%	milj.€	%	milj.€	%
Kaikki rakennukset	9 500	100	9 551	100	9 565	100
Asuinrakennukset	4 900	51	5 466	57	6 347	66
Omakotitalot ml. kesämökkit	1 800	19	2 036	21		
Rivitalot	700	7	850	9		
Kerrostalot	2 400	25	2 580	27		
Muut kuin asuinrakennukset	4 600	49	4 085	43	3 218	34
Liike- ja toimistorakennukset	1 100	12	1 036	11		
Julkiset rakennukset	1 800	19	1 830	19		
Teollisuus- ja varastorakennukset	1 100	12	1 200	13		
Talous- ja maatalousrakennukset	600	6	19	0		

Kansantalouden tasolla keskimääräinen yksikkökustannus mittaa korjausrakentamisen intensiteettiä. Se soveltuu rakennustyyppien keskinäiseen vertailuun ja rakennustyyppin sisällä ikäluokkien väliseen vertailuun. Keskimääräinen yksikkökustannus saadaan jakamalla rakennustyyppin korjauskustannukset rakennustyyppin kerrosalalla. Kerrosala sisältää sekä korjatut että ei-korjatut neliöt. Taulukkojen 14a ja 14b mukaan kerrosneliötä kohti eniten korjattiin hoitoalan rakennuksia, opetusrakennuksia ja asuinkerrostaloja. Erillisiä pientaloja korjattiin suhteellisen pienellä summalla kerrosneliötä kohti. Taulukko 14b antaa yleiskuvan siitä, miten rakennuksen ikä vaikuttaa keskimääräiseen yksikkökustannukseen. Korjauskustannukset rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuonna 2000 on arvioitu taulukossa 14b muiden kuin asuinrakennusten osalta tarkemmin kuin käytetyssä lähteessä. Jako ikäluokkiin ja lähtöaineistoa tarkempi rakennustyyppijako mahdollisti sen, että vuoden 2000 poikkileikkaustutkimuksen avulla voitiin arvioida vuoden 2010 korjauskustannuksia. Ikäluokkatiedot taulukossa 14b ovat suuntaa antavia.

Yhteenvedona vuoden 2000 korjauskustannuksista rakennustyypeittäin on taulukoissa 14a ja 14b. **Korjauskustannukset vuonna 2000 olivat 5,49 mrd. €, josta ammattirakentajien osuus oli 4,96 mrd. € ja omatoimisen rakentamisen osuus oli 0,53 mrd. €.** Asuinrakennuksia ja vapaa-ajan rakennuksia korjattiin yhteensä 2,98 mrd. €:lla (54 % korjauskustannuksista) ja muita rakennuksia 2,51 mrd. €:lla (46 %). **Tilastokeskuksen mukaan korjauskustannukset vuonna 2000 olivat 5,75 mrd. €, josta asuinrakennusten osuus oli 3,71 mrd. € (64 % korjauskustannuksista) ja muiden talonrakennusten osuus 2,04 mrd. € (36 %).** Asuinrakennusten osuus korjausrakentamisesta oli Tilastokeskuksen mukaan merkittävästi suurempi kuin VTT:n tutkimuksen mukaan.

Vuoden 2010 korjauskustannusten jakautuminen rakennustyypeittäin ja omistajalajeittain on arvioitu taulukossa 15b. Korjauskustannukset on arvioitu kertomalla omistajalajikohtaiset rakennuskantatiedot taulukon 15a yksikkökustannuksilla. Taulukko 15b antaa kelvollisen arvion muiden rakennustyyppien paitsi rivi- ja asuinkerrostalojen osalta. Rivi- ja asuinkerrostalojen korjaukset ovat vahvasti sidoksissa omistajalajiin ja tarkemman tuloksen saaminen edellyttäisi kustannusten jakoa asunto-osakeyhtiön, vuokrataloyhtiön ja osakkaiden asuntoremontin kesken. Tätä virhettä on korjattu manuaalisesti taulukkoon 15b tähdellä (*) merkittyihin lukuihin.

Taulukko 14a. Korjauskustannukset rakennustyypeittäin vuonna 2000 käypään hintaan. Kerrosala lähteen liite A, korjauskustannukset kooste lähteen taulukoista 1 ja 3 sekä kuvasta 5. Vuokrataloyhtiön osuus rakennustyyppin kerrosalasta on arvioitu vuokra-asuntojen määrän ja keskimääräisen koon sekä omistusasuntojen määrän ja keskimääräisen koon perusteella. Lähde: Korjausrakentaminen 2000-2010. VTT Tiedotteita 2154. VTT 2002.

	Rakennuskanta 2000			Korjauskustannukset 2000			Korjaukset per kerrosala
	Kerrosala			Ammattityö	Oma työ	Yhteensä	
Rakennuksen käyttötarkoitus	1 000 m ²	%	milj. €	milj. €	milj. €	%	€/m ²
Kaikki rakennukset	481 430	100,0	4 960	530	5 490	100,0	11,4
A1 Erilliset pientalot	130 749	27,2	790	240	1 030	18,8	7,9
A2 Rivi- ja ketjutilat	28 078	5,8	340	30	370	6,7	13,2
osakkaan asuntoremontti	20 688	4,3	90	30	120	2,2	5,8
asunto-osakeyhtiö (74 % A2:n alasta)	20 688	4,3	140	0	140	2,6	6,8
vuokrataloyhtiö (26 % A2:n alasta)	7 390	1,5	110	0	110	2,0	14,9
A3 Asuinkerrostalot	79 604	16,5	1 260	150	1 410	25,7	17,7
osakkaan asuntoremontti	49 711	10,3	470	150	620	11,3	12,5
asunto-osakeyhtiö (62 % A3:n alasta)	49 711	10,3	350	0	350	6,4	7,0
vuokrataloyhtiö (38 % A3:n alasta)	29 893	6,2	440	0	440	8,0	14,7
B Vapaa-ajan rakennukset	20 428	4,2	130	40	170	3,1	8,3
C Liikerakennukset	24 671	5,1	240	0	240	4,4	9,7
D Toimistorakennukset	18 447	3,8	250	0	250	4,6	13,6
E Liikenteen rakennukset	12 046	2,5	100	0	100	1,8	8,3
F Hoitoalan rakennukset	10 218	2,1	240	0	240	4,4	23,5
G Kokoontumisrakennukset	9 027	1,9	130	0	130	2,4	14,4
H Opetusrakennukset	17 665	3,7	610	0	610	11,1	34,5
J Teollisuusrakennukset	51 151	10,6	580	0	580	10,6	11,3
K Varastorakennukset	18 917	3,9	130	0	130	2,4	6,9
M Maatalouden rakennukset	43 499	9,0	100	50	150	2,7	3,4
L,N Muut rakennukset	16 930	3,5	60	20	80	1,5	4,7

Taulukko 14b. Korjauskustannukset rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuonna 2000 käypään hintaan. Korjauskustannukset on arvioitu lähteen kuvien 6 - 11 ja Liite A:n sisältämän tiedon perusteella. Muiden kuin asuinrakennusten kustannukset rakennustyypeittäin ja ikäluokittain on arvioitu tarkemmalle tasolle taulukon 12a ja lähteen Liite A:n perusteella. Kustannusten jakautuminen ikäluokkiin on suuntaa antava. Tarkempaa tietoa ikäluokittain ei ollut käytettävissä. Lähde: Korjausrakentaminen 2000-2010. VTT Tiedotteita 2154. VTT 2002.

Vuoden 2000 rakennuskanta	Rakentamivuosi						
	Yhteensä	-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000
	Korjauskustannukset milj. €						
Kaikki rakennukset	5 490	1 879	1 054	1 389	882	264	22,5
Asuinrakennukset	2 980	806	582	858	567	154	13
A1 Erilliset pientalot	1 030	426	140	230	189	42	3,2
A2 Rivi- ja ketjutilat	370	34	41	125	135	32	2,6
A3 Asuinkerrostalot	1 410	275	379	463	214	72	6,5
B Vapaa-ajan asuinrakennukset	170	71	22	39	29	8	0,5
Muut kuin asuinrakennukset	2 510	1 073	472	531	314	109	10
C Liikerakennukset	240	72	44	60	50	12	1,2
D Toimistorakennukset	250	77	46	61	52	12	1,3
E Liikenteen rakennukset	100	30	19	24	21	5	0,5
F Hoitoalan rakennukset	240	131	54	38	13	3	0,1
G Kokoontumisrakennukset	130	72	28	20	8	2	0,1
H Opetusrakennukset	610	331	146	93	32	8	0,6
J Teollisuusrakennukset	580	221	85	145	84	42	3,5
K Varastorakennukset	130	48	20	33	18	10	0,9
M Maatalouden tuotantorakennukset	150	59	20	36	24	11	1,1
L,N Muut rakennukset	80	31	11	20	11	7	0,5
	Keskimääräinen yksikkökustannus € per m ²						
Kaikki rakennukset	11,4	14,3	17,8	14,2	8,3	4,0	3,4
A1 Erilliset pientalot	7,9	9,5	10,0	10,6	6,6	2,1	1,7
A2 Rivi- ja ketjutilat	13,2	24,4	22,1	17,0	11,9	5,7	5,0
A3 Asuinkerrostalot	17,7	16,3	24,3	19,9	17,9	6,8	5,5
B Vapaa-ajan asuinrakennukset	8,3	7,8	12,8	14,1	9,9	2,3	1,6
C Liikerakennukset	9,7	13,9	14,6	10,8	7,5	3,1	2,6
D Toimistorakennukset	13,6	13,0	20,5	18,1	12,5	5,0	4,2
E Liikenteen rakennukset	8,3	14,2	13,9	11,2	6,3	1,9	1,5
F Hoitoalan rakennukset	23,5	41,7	38,5	19,8	6,6	1,9	1,5
G Kokoontumisrakennukset	14,4	22,6	33,0	15,5	3,9	1,0	0,8
H Opetusrakennukset	34,5	47,6	42,6	31,4	14,0	4,0	3,1
J Teollisuusrakennukset	11,3	18,4	12,6	12,4	6,9	5,3	5,2
K Varastorakennukset	6,9	16,4	8,4	6,9	4,0	2,5	2,3
M Maatalouden tuotantorakennukset	3,4	4,4	6,0	5,5	2,1	1,3	1,3
L,N Muut rakennukset	4,7	6,7	8,1	8,4	3,8	1,3	1,1

Taulukko 15a. Korjauskustannukset rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuonna 2010 käynnin hintaan. Korjauskustannukset on arvioitu siirtämällä vuoden 2000 yksikkökustannustiedot (taulukko 14b) vuoden 2010 rakennuskantaan (Liite1, taulukko 1a). Yksikkökustannukset on sidottu rakennuksen ikään. Yksikkökustannukset on muutettu rakennuskustannusindeksillä 2000=100 vastaamaan vuoden 2010 kustannustasoa. Lisäksi vuoden 2000 korjausrakentamisen intensiteetti on muutettu vastaamaan vuoden 2010 keskimääräistä intensiteettiä. Ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eikä maatalouden tuotantorakennuksia. Yksikkökustannukseen sisältyvien epätarkkuuksien vuoksi laskelmat ovat suuntaa antavia.

Vuoden 2010 rakennuskanta	Rakentamisvuosi							
	Rakennuksen käyttötarkoitus	Yhteensä	-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009
	Korjauskustannukset milj. €							
Kaikki rakennukset	9 551	2 500	1 438	2 419	1 959	865	347	22,8
Asuinrakennukset	5 466	1 175	712	1 538	1 189	614	222	15
A1 Erilliset pientalot	2 036	679	217	358	499	202	75	4,8
A2 Rivi- ja ketjutilat	850	51	74	265	307	112	39	2,0
A3 Asuinkeuhkot	2 580	445	421	915	383	300	108	7,8
Muut kuin asuinrakennukset	4 085	1 325	726	880	770	251	125	8
C Liikerakennukset	436	93	62	112	99	42	26	1,8
D Toimistorakennukset	426	108	44	99	116	39	19	1,0
E Liikenteen rakennukset	174	29	24	34	53	27	6	0,4
F Hoitoalan rakennukset	490	205	95	108	65	14	3	0,3
G Kokoonumisrakennukset	242	91	28	67	46	8	2	0,1
H Opetusrakennukset	1 097	481	262	199	118	29	9	0,4
J Teollisuusrakennukset	989	264	177	220	217	68	41	2,8
K Varastorakennukset	211	48	33	39	51	22	18	1,4
L,N Muut rakennukset	19	6	2	3	6	2	1	0,0
	Keskimääräinen yksikkökustannus € per m ²							
Kaikki rakennukset	22,0	22,0	28,6	29,6	22,6	15,2	5,9	4,9
A1 Erilliset pientalot	13,4	15,4	15,4	16,3	17,1	10,6	3,5	2,7
A2 Rivi- ja ketjutilat	26,2	39,3	39,3	35,0	26,8	19,5	9,1	8,2
A3 Asuinkeuhkot	28,8	26,7	26,7	39,0	31,8	27,7	10,8	8,8
C Liikerakennukset	16,3	22,3	22,3	23,3	17,4	12,1	4,9	4,2
D Toimistorakennukset	22,7	20,8	20,8	32,8	29,0	19,9	8,0	6,8
E Liikenteen rakennukset	14,8	22,8	22,8	22,3	17,9	10,0	3,1	2,4
F Hoitoalan rakennukset	46,6	67,6	67,6	62,3	32,0	10,7	3,1	2,4
G Kokoonumisrakennukset	27,5	36,6	36,6	53,5	25,2	6,4	1,7	1,4
H Opetusrakennukset	62,3	77,2	77,2	69,0	50,8	22,7	6,5	5,1
J Teollisuusrakennukset	21,5	30,7	30,7	21,0	20,7	11,6	8,9	8,7
K Varastorakennukset	11,7	27,4	27,4	14,0	11,6	6,7	4,1	3,9
L,N Muut rakennukset	9,7	10,9	10,9	13,2	13,7	6,1	2,1	1,7

Taulukko 15b. Korjauskustannukset rakennustyypeittäin ja omistajalajeittain vuonna 2010. Korjauskustannukset on arvioitu kertomalla omistajalajikohtaiset rakennuskantatiedot taulukon 15a yksikkökustannuksilla. Ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eikä maatalouden tuotantorakennuksia. Taulukon 15a yksikkökustannukseen sisältyvien epätarkkuuksien vuoksi laskelmat ovat suuntaa antavia. Tähdellä (*) merkityjä lukuja on korjattu manuaalisesti.

Vuoden 2010 rakennuskanta	Omistajien osuus rakennustyyppien korjauskustannuksista, %											
	Korjauskustannukset, milj. €	Yksityinen henkilö tai perikunta	Asunto-osakeyhtiö tai asunto-osuuskunta	Kiinteistöosakeyhtiö	Yksityinen yritys	Valtio- tai kuntaenemistön yritys	Kunnan tai valtion liikelaitos	Kunta tai kuntainliitto	Valtio	Pankki tai vakuutuslaitos	Sosiaaliturvarahasto, Uskonnollinen yhteisö, säätiö, puolue tai yhdistys	Muu tai tuntematon
Kaikki rakennukset	9 551	34,0	16,7	11,8	12,4	2,1	1,4	14,1	1,4	0,5	3,6	2,1
Asuinrakennukset	5 466	54,0	28,0	8,5	2,9	1,1	0,4	1,6	0,2	0,1	1,9	1,2
A1 Erilliset pientalot	2 036	92,1	5,1	0,4	0,9	0,1	0,0	0,5	0,1	0,0	0,2	0,6
A2 Rivi- ja ketjutalot	850	*27,9	*51,3	7,2	3,2	1,0	0,3	4,2	0,5	0,1	2,6	1,7
A3 Asuinkerrostalot	2 580	*32,5	*38,5	15,3	4,4	2,0	0,8	1,6	0,2	0,2	3,0	1,5
Muut kuin asuinrakennukset	4 085	7,2	1,5	16,1	25,2	3,3	2,8	30,7	3,0	0,9	5,8	3,4
C Liikerakennukset	436	13,1	3,4	37,6	30,5	0,5	0,4	3,8	0,9	1,2	5,6	3,1
D Toimistorakennukset	426	3,3	3,3	41,4	20,3	1,9	3,4	10,7	5,8	5,2	2,5	2,3
E Liikenteen rakennukset	174	25,0	5,3	12,1	31,2	5,5	5,3	4,4	2,2	0,4	0,7	8,0
F Hoitoalan rakennukset	490	2,6	1,2	5,5	4,5	4,0	1,9	64,0	2,6	0,1	10,4	3,2
G Kokoontumisrakennukset	242	3,4	0,9	5,3	9,8	1,5	0,8	32,8	3,7	0,0	38,7	3,2
H Opetusrakennukset	1 097	3,9	0,4	4,6	3,2	3,9	5,3	65,9	5,4	0,2	4,3	2,9
J Teollisuusrakennukset	989	8,9	0,7	16,6	57,4	4,4	1,6	5,0	0,3	0,4	0,5	4,1
K Varastorakennukset	211	11,6	0,8	19,8	50,6	2,6	2,1	6,0	0,9	1,6	0,8	3,1
L,N Muut rakennukset	19	22,8	3,8	3,9	8,9	1,8	1,7	38,5	11,9	0,0	3,2	3,3

Arvio vuoden 2010 korjauskustannuksista on esitetty taulukossa 15a rakennustyypeittäin ja ikäluokittain. Menettelyssä arviopohjainen tieto (yksikkökustannukset) yhdistettiin täsmälliseen tilastotietoon (vuoden 2010 rakennuskanta, rakennuskustannusindeksi 2000=100). Yksikkökustannukset taulukossa 14b sidottiin rakennuksen ikään. Tilastokeskuksen tuottamasta rakennuskustannusindeksistä 2000=100 oli saatavilla vain uudisrakentamisen pisteluvut rakennustyypeittäin asuinkerrostalosta (RKI=126,9), rivitalosta (126,2), toimisto- ja liikerakennuksesta (125,9) sekä teollisuus- ja varastorakennuksesta (131,5). Muihin rakennustyypeihin sovellettiin kokonaisindeksin pistelukua (127,5). Kun indeksillä korjattu yksikkökustannus kerrottiin vuoden 2010 rakennuskantaa edustavilla kerros-

neliöillä, saatiin vuoden 2000 korjausrakentamisen intensiteettiä vastaava korjausrakentamisen arvo vuoden 2010 rahassa.

Keskimääräisen korjausintensiteetin muutos vuodesta 2000 vuoteen 2010 saatiin kansantalouden tilinpidosta. Tilastokeskuksen mukaan keskimääräinen korjausrakentamisen intensiteetti vuonna 2000 oli 11,9 €/m², joka on korjausrakentamisen tuotos 5 750 milj. € jaettuna kerrosalalla 481 milj. m². Kerrosalasta vapaa-ajan rakennuksia ja maatalouden tuotantorakennuksia on 13,2 %. **Kansantalouden tilinpidon mukaan vuoden 2010 korjausrakentamisen tuotos vuoden 2000 rahassa oli 7 600 milj. € ja vuoden 2010 rakennuskanta oli 434 milj. m² ilman vapaa-ajan asuinrakennuksia ja maatalouden tuotantorakennuksia** (taulukko 1). Mikäli vapaa-ajan asuntojen ja maatalouden tuotantorakennusten osuus on säilynyt samana kuin vuonna 2000, vuonna 2010 434 milj. kerrosneliötä edusti 86,8 % koko rakennuskannasta. **Näin saatiin vuoden 2010 keskimääräiseksi korjausintensiteetiksi 15,2 €/m² (= 7600/434*0,868) vuoden 2000 rahassa ja keskimääräiseksi intensiteetin muutokseksi 127,1 (= 15,2/11,9*100).**

4.2.3 Rakennusten korjausperusteet, korjaustoimenpiteet ja niiden kustannukset

Vuonna 2000 tehtyjen korjausten ensisijaiset korjausperusteet on esitetty taulukossa 16. Rikkoutuneen ja vaurioituneen osan korjaus on korjausperusteena suurempi kuin ennalta ehkäisevät toimenpiteet. Noin joka kolmas korjaus on tehty vasta sitten, kun on pakko. Varusteiden lisäys tai tason parantaminen ja tilamuutos kertovat korjauksista, joita tehdään aikaisemmin kuin tekninen vanheneminen edellyttää.

Kirjallisuudesta ei löytynyt taulukon 16 sisältöä vastaavia tietoja vuoden 2010 korjausperusteista. Taulukko 16 antaa kuitenkin viitteitä vuoden 2010 ensisijaisista korjausperusteista.

Taulukko 16. Ulkovaipan, talotekniikan ja sisätilan korjausten ensisijaiset korjausperusteet vuonna 2000. Yhteenveto lähteen kuvista 18, 21 ja 24. Lähde: Korjausrakentaminen 2000-2010. VTT Tiedotteita 2154. VTT 2002.

Vuoden 2000 rakennuskanta Korjauksen kohde	Varusteiden lisäys, tason paranta- minen	Huolto, ennalta ehkäisevä korjaus	Rikkoutu- neen/vau- rioituneen osan korjaus	Tilamuutos	Kosteus- vaurio	Yhteensä
	Ulkovaipan korjaukset					
Ulkoseinät	18	28	34	13	7	100
Ikkunat, ovet	19	35	34	9	4	101
Vesikatto	11	29	44	7	10	101
	Talotekniikan korjaukset					
Lämmitysjärjestelmä	22	23	36	12	6	99
Vesi/viemärijärjestelmä	21	22	36	15	7	101
Ilmastointi	30	20	29	16	3	98
Sähkö/tietoliikennejärjestelmät	37	14	29	16	0	96
	Sisätilan korjaukset					
Märkätilat	25	17	19	29	9	99
Keittiö	36	15	21	27	1	100
Muut sisätilat	31	29	16	21	3	100

Kuntaliitto on tehnyt kyselytutkimuksen kuntien omistamassa rakennuskannassa vuosina 2002-2004 esiintyneistä kosteus- ja homekorjauksista (taulukko 17). Kysely tehtiin keväällä ja kesällä 2005. Kysely toimitettiin kaikille yli 2 000 asukkaan kunnille. Vastanneita kuntia oli vain 41. Syyt kosteus- ja homevaurioihin rakennustyypeittäin kyselytutkimuksesta on koottu taulukkoon 18. Kosteuden lähteet on esitetty taulukossa 19 ja vaurioiden esiintyminen rakennusosittain on koottu taulukkoon 20. Vastaava selvitys on tehty myös vuonna 2000. Keskimääräiset muutokset vuodesta 2000 vuoteen 2005 on esitetty taulukoissa 18, 19 ja 20.

Taulukko 17. kosteus- ja homevauriokorjaukset kuntien julkisissa rakennuksissa vuosina 2002-2004. Kyselytutkimuksen otos ja sitä edustavat julkiset rakennukset. Lähde: Jorma Ruokojoki. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto 2006.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Kyselyä vastaavat julkiset rakennukset		Kyselytutkimuksen otos				Kyselyn estimaatti		
	Rakennusten määrä	Rakennusten tilavuus	Tehdyt korjaukset v. 2002-04				Tulevat korjauskustannukset 2005-07	Korjauskustannukset 2002-04	Tulevat korjauskustannukset 2005-07
			Vastanneiden kuntien määrä	Korjattujen rakennusten %-osuus rakennuksista	Korjattujen rakennusten %-osuus tilavuudesta	Korjauskustannukset			
	kpl	milj. m ³	lkm	%	%	milj. €	milj. €	milj. €	milj. €
Toimistorakennukset	1 492	8,4	20	32	45	2,23	2,58	4,91	5,69
Päiväkodit	1 750	2,7	20	42	44	4,64	4,07	10,48	9,20
Terveystuolirakennukset ja muut sosiaalitoimen rakennukset	2 694	14,1	23	27	46	2,48	2,16	5,35	4,65
Urheilu- ja kuntoilurakennukset	1 896	12,0	10	16	33	1,73	3,36	5,19	10,06
Opetusrakennukset yhteensä, siitä	6 408	48,5	29	25	40	15,17	11,63	37,80	28,99
peruskoulut	4 787	36,7	23	18	23	5,88	4,38		
lukiot ja muut opetusrakennukset	1 622	11,8	23	19	17	0,85	0,88		
Yhteensä	14 240	85,7				26,25	23,80	63,74	58,59

Taulukko 18. Syyt kosteus- ja homevaurioihin kuntien julkisissa rakennuksissa vuosina 2002-2004 esiintyneissä tapauksissa. Kosteus- ja homevauriokohteet esitetty taulukossa 17. Lähde: Jorma Ruokojoki. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto 2006.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Kosteus- ja homevaurion syy, %					
	Suunnittelu- virhe	Rakennus- virhe	Huolto- virhe	Käyttötapa- virhe	Energian- säästövirhe	Muut tekijät
Toimistorakennukset	41	31	9	6	0	13
Päiväkodit	40	34	10	3	2	11
Terveystuolirakennukset ja muut sosiaalitoimen rakennukset	40	26	12	6	0	16
Urheilu- ja kuntoilurakennukset	60	17	8	3	2	10
Opetusrakennukset yhteensä, siitä	38	30	13	4	1	14
peruskoulut	35	33	12	5	1	14
lukiot ja muut opetusrakennukset	44	32	5	1	0	18
Keskimäärin vuonna 2005	42	28	12	4	1	13
Keskimäärin vuonna 2000	27	29	14	16	3	11

Taulukko 19. Kosteuden lähteet kosteus- ja homevauriokohteissa kuntien julkisissa rakennuksissa vuosina 2002-2004. Kosteus- ja homevauriokohteet esitetty taulukossa 17. Lähde: Jorma Ruokojoki. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto 2006.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Kosteuden lähteen esiintyminen, %			
	Sade, lumi, tuuli, katto- ja valumavedet	Maakosteus	Sisäilman kosteus	Käyttövedet
Toimistorakennukset	51	37	2	10
Päiväkodit	58	42	0	0
Terveystuolitorakennukset ja muut sosiaalitoimen rakennukset	44	31	0	25
Urheilu- ja kuntoilurakennukset	55	26	6	13
Opetusrakennukset yhteensä, siitä	51	36	1	12
peruskoulut	41	38	3	18
lukiot ja muut opetusrakennukset	55	28	2	15
Keskimäärin vuonna 2005	51	34	2	14
Keskimäärin vuonna 2000	40	29	5	26

Taulukko 20. Vaurioituneet rakennusosat kosteus- ja homevauriokohteissa kuntien julkisissa rakennuksissa vuosina 2002-2004. Kosteus- ja homevauriokohteet esitetty taulukossa 17. Lähde: Jorma Ruokojoki. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto 2006.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Vaurioituneen rakennusosan esiintyminen, %							
	Vesikatto	Ulkoseinät	Yläpohja	Väli-pohjat	Sisäseinät	Alapohja	Sokkeli	Muu
Toimistorakennukset	18	25	13	5	3	23	12	1
Päiväkodit	40	20	5	5	2	13	9	6
Terveystuolitorakennukset ja muut sosiaalitoimen rakennukset	27	13	5	6	2	31	7	9
Urheilu- ja kuntoilurakennukset	35	9	13	2	5	22	9	5
Opetusrakennukset yhteensä, siitä	36	8	9	0	3	34	9	1
peruskoulut	33	8	7	5	2	31	10	4
lukiot ja muut opetusrakennukset	39	8	8	4	2	20	13	6
Keskimäärin vuonna 2005	33	11	9	2	3	30	9	3
Keskimäärin vuonna 2000	26	10	10	-	8	26	14	6

Korjaustoimenpiteet on eritelty taulukossa 21 ulkovaipan, talotekniikan ja sisätilan korjauskustannuksiin rakennustyypeittäin vuosina 2000 ja 2010. Ulkovaipalla tarkoitetaan rakennuksen julkisivuja, ikkunoita, ovia, parvekkeita ja vesikatetta. Talotekniikan korjauksilla tarkoitetaan olemassa olevien järjestelmien huoltoa ja korjaamista sekä järjestelmien uusimista tai kokonaan uusien järjestelmien rakentamista. Talotekniikka sisältää LVIS-järjestelmät. Sisätilan korjauksiin luetaan märkätilojen ja keittiöiden korjaukset sekä sisäverhoustyöt, kiintokalusteiden uusiminen ja tilamuutostyöt.

Vuoden 2000 korjauskustannukset taulukossa 21 on laskettu suoraan lähteen sisältämästä tiedosta. Ulkovaipan osuus korjauskustannuksista oli 32 %, talotekniikan 25 % ja sisätilan korjausten osuus 43 %. Vuonna 2010 talotekniikan osuuden on oletettu kasvavan 27 %:iin korjauskustannuksista, ulkovaipan osuuden on oletettu laskevan 31 %:iin ja sisätilakorjausten osuuden laskevan 42 %:iin korjauskustannuksista. Vuoden 2010 korjauskustannusten jakauma taulukossa 21 on suuntaa antava.

Taulukko 21. Ulkovaipan, talotekniikan ja sisätilan korjauskustannukset rakennustyypeittäin vuosina 2000 ja 2010 käypään hintaan. Vuoden 2000 korjauskustannukset on arvioitu lähteen kuvien 17, 20 ja 23 sisältämän tiedon perusteella. Vuoden 2010 arvio korjauskustannuksista on laskettu olettaen, että talotekniikan osuus kasvaa 2 prosenttiyksikköä, ulkovaipan ja sisätilan korjausten osuus laskee yhden prosenttiyksikön vuoden 2000 tilanteesta ja että rakennustyyppien osuudet korjauskohteen sisällä säilyvät ennallaan. Vuoden 2010 arvio ei sisällä vapaa-ajan asuntojen eikä maatalouden tuotantorakennusten korjauksia. Lähde: Korjausrakentaminen 2000-2010. VTT Tiedotteita 2154. VTT 2002.

Rakennustyyppi	Ulkovaipan korjaukset	Talotekniikan korjaukset	Sisätilan korjaukset	Yhteensä
Osuus vuoden 2000 rakennuskannassa, %				
Omakotitalot, asunnot, talousrakennukset	51	37	56	
Asuntoyhteisöt	20	16	15	
Liike- ja toimistorakennukset	6	10	8	
Julkiset rakennukset	14	22	13	
Teollisuus- ja varastorakennukset	9	15	8	
Rakennukset yhteensä	100	100	100	
Korjauskustannukset vuonna 2000, milj.€ käypään hintaan				
Omakotitalot, asunnot, talousrakennukset	890	520	1 310	2 720
Asuntoyhteisöt	350	220	350	920
Liike- ja toimistorakennukset	110	140	190	440
Julkiset rakennukset	240	310	300	850
Teollisuus- ja varastorakennukset	160	210	190	560
Rakennukset yhteensä	1 750	1 400	2 340	5 490
Arvio korjauskustannuksista vuonna 2010, milj.€ käypään hintaan				
Omakotitalot, asunnot, talousrakennukset	1 500	960	2 240	4 700
Asuntoyhteisöt	590	400	600	1 590
Liike- ja toimistorakennukset	190	260	330	780
Julkiset rakennukset	410	570	510	1 490
Teollisuus- ja varastorakennukset	270	390	330	990
Rakennukset yhteensä	2 960	2 580	4 010	9 550

Tilastokeskuksen tilastoissa vain asunto-osakeyhtiöistä on tiedot korjauskohteittain vuosilta 1999–2010 (Liitteen 1 kuva 7). Taulukon 21 tiedot asuntoyhteisöjen korjauskustannuksista eivät ole yhdistettävissä asunto-osakeyhtiöiden korjauskustannuksiin liitteen 1 kuvassa 7 ilman lisätietoja. Tämä kuva tukee oletusta, että talotekniikan korjausten osuus kaikista korjauskustannuksista on kasvanut vuonna 2010 verrattuna vuoteen 2000.

Korjausten yleisyys vuoden 2000 rakennuskannassa on esitetty liitteen 1 taulukossa 12a korjauskohteittain ja ikäluokittain. Liitteen 1 taulukossa 12b on arvioitu liitteen 1 taulu-

kon 12a esiintymistiedon ja taulukon 21 kustannustiedon perusteella korjauskustannusten jakautuminen ulkovaipan, talotekniikan ja sisätilan korjauksissa vuosina 2000 ja 2010.

4.2.4 Kosteus- ja homevaurioiden korjaustoimintaan osoitetut määrärahat Suomessa

4.2.4.1 Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonala

Sosiaali- ja terveysministeriö (neuvotteleva virkamies Mikko Nygård, 2012) kokosi tätä tutkimusta varten yhteenvedon valtion talousarvioesityksissä sosiaali- ja terveydenhuollon kiinteistöjen perustamishankkeiden määrärahoista (Taulukko 22). Vuoteen 2005 saakka nämä avustukset kohdennettiin perustamishankkeisiin, ei suoraan kosteus- ja homekorjauksiin. Monessa tapauksessa on ollut kyse kuitenkin kosteus- ja homeongelmien poistamisesta, mutta tästä ei tällä hetkellä ole luotettavaa tietoa saatavilla.

Taulukko 22. STM:n hallinnonalan kiinteistöjen perustamishankkeiden määrärahat valtion talousarvioesityksissä vuosina 2000-2012. TAE= talousarvioesitys, LTE=lisätalousarvioesitys.

Vuosi	Talousarvio	Määräraha milj. €	Huom
2012	1. LTAE	10,0	
2012	TAE	10,0	2010 valtuuden maksamiseen
2011			
2010	TAE	10,0	valtuus hankkeiden aloittamiseen
2009	1. LTAE	9,0	
	Yhteensä	29,0	
2005	TAE	0,8	
2004	II LTAE	0,3	
2004	I LTAE	1,4	
2004	TAE	4,9	
2003	TAE	17,2	
2002	TAE	26,6	
2001	TAE	37,0	
2000	TAE	37,8	
Yhteensä 2000-2005		126,0	
Yhteensä 2000-2012		155,0	

Taulukosta 22 käy ilmi, että vuosille 2000-2012 on myönnetty määrärahoja kiinteistöjen perustamishankkeisiin yhteensä 155 milj. €. Suurin summa oli vuonna 2000 eli 37,8 milj. € ja pienin v. 2005, yhteensä 0,8 milj. €. Sitä käytettiinkö kaikki määrärahat vuosittain, ei tästä selvityksestä käy ilmi. STM:n määrärahat ovat viime vuosikymmeninä kohdistettu mm. sairaaloiden ja terveyskeskusten perustamishankkeisiin. 2000-luvun alkuvuosina vahvistettiin vain pienikokoisia perustamishankkeita. Esimerkiksi vuoden 2002 budjetissa kirjataan, että määräraha kohdistuu kokonaiskustannuksiltaan 270 000-

3 450 000 €:n suuruisiin hankkeisiin. Näin ne ovat kohdistuneet pääosin terveysasemiin, vanhainkoteihin ym. kokoluokan hankkeisiin.

STM:n hallinnonalan määrärahat eivät ole kohdistuneet asuinrakentamiseen. STM:n hallinnonalan määrärahasta ei vuoden 2005 jälkeen myönnetty rahaa perustamishankkeisiin vaan **ne kohdistettiin nimenomaan kosteus- ja homekorjaushankkeisiin**. 2000-luvun alussa sosiaali- ja terveydenhuollon kiinteistöjen perustamiskustannuksiin myönnettiin vielä jonkin verran valtion rahoitusta, joskin vähenevässä määrin kuten summista huomataan.

4.2.4.2 Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonala

Tätä tutkimusta varten koottiin tiedot vuosina 2000-2012 myönnetystä yleissivistävän koulutuksen valtionosuuksista ja -avustuksista OKM:n hallinnonalan kiinteistöjen perustamishankkeisiin. Tiedot myönnetystä valtionosuuksista ja -avustuksista yleissivistävän koulutuksen perustamishankkeisiin on saatu rakennusneuvos Ritva Kiveltä opetus- ja kulttuuriministeriöstä.

Taulukko 23. Opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonalalla yleissivistävän koulutuksen kiinteistöille myönnetty perustamishankkeiden avustukset vuosina 2000-2012.

Vuosi	Hankkeet	Jälkirahoitteiset avustukset (€)	Toteutusaikaiset avustukset (€)	YHT (€)	
2000	uudisrakennukset	9 125 994,62	5 054 904,95	14 180 899,57	36,7 %
	peruskorjaukset	6 327 835,27	8 204 089,32	14 531 924,59	37,6 %
	lisärak- ja peruskorjaukset	5 505 463,58	4 463 741,21	9 969 204,79	25,8 %
	yhteensä			38 682 028,95	
2001	uudisrakennukset	11 236 467,18	6 009 943,27	17 246 410,45	47,1 %
	peruskorjaukset	5 188 294,79	6 532 486,34	11 720 781,13	32,0 %
	lisärak- ja peruskorjaukset	2 334 515,69	5 348 544,25	7 683 059,94	21,0 %
	yhteensä			36 650 251,53	
2002	uudisrakennukset	11 124 262,00	2 895 650,00	14 019 912,00	43,5 %
	peruskorjaukset	7 966 856,00	2 724 300,00	10 691 156,00	33,1 %
	lisärak- ja peruskorjaukset	4 976 850,00	2 566 050,00	7 542 900,00	23,4 %
	yhteensä			32 253 968,00	
2003	uudisrakennukset	7 257 454,00	8 065 450,00	15 322 904,00	25,3 %
	peruskorjaukset	13 571 354,00	17 624 417,00	31 195 771,00	51,4 %
	lisärak- ja peruskorjaukset	7 555 732,00	6 578 380,00	14 134 112,00	23,3 %
	yhteensä			60 652 787,00	
2004	uudisrakennukset	9 175 656,00	3 467 042,00	12 642 698,00	27,7 %
	peruskorjaukset	13 813 330,00	14 115 931,00	27 929 261,00	61,3 %
	lisärak- ja peruskorjaukset	5 009 961,00		5 009 961,00	11,0 %
	yhteensä			45 581 920,00	

Vuosi	Hankkeet	Jälkirahoitteiset avustukset (€)	Toteutusajaiset avustukset (€)	YHT (€)	
2005	uudisrakennukset	8 464 015,00	4 161 134,00	12 625 149,00	26,1 %
	peruskorjaukset	9 508 938,00	10 733 617,00	20 242 555,00	41,8 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	7 250 444,00	8 252 448,00	15 502 892,00	32,1 %
	yhteensä			48 370 596,00	
2006	uudisrakennukset	8 222 581,00	6 751 950,00	14 974 531,00	26,9 %
	peruskorjaukset	14 761 545,00	13 322 247,00	28 083 792,00	50,4 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	4 247 000,00	8 425 802,00	12 672 802,00	22,7 %
	yhteensä			55 731 125,00	
2007	uudisrakennukset	17 497 699,00	700 000,00	18 197 699,00	35,7 %
	peruskorjaukset	25 560 068,00		25 560 068,00	50,1 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	6 942 229,00	300 000,00	7 242 229,00	14,2 %
	yhteensä			50 999 996,00	
2008	uudisrakennukset	6 789 048,00	3 481 430,00	10 270 478,00	24,8 %
	peruskorjaukset	9 103 082,00	10 459 404,00	19 562 486,00	47,3 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	2 077 551,00	9 428 216,00	11 505 767,00	27,8 %
	yhteensä			41 338 731,00	
2009	uudisrakennukset	17 398 787,00	9 405 150,00	26 803 937,00	26,5 %
	peruskorjaukset	33 470 488,00	3 343 400,00	36 813 888,00	36,4 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	21 839 668,00	15 751 450,00	37 591 118,00	37,1 %
	yhteensä			101 208 943,00	
2010	uudisrakennukset	25 578 172,00	5 116 616,00	30 694 788,00	35,6 %
	peruskorjaukset	32 812 130,00	8 165 000,00	40 977 130,00	47,5 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	11 691 760,00	2 876 401,00	14 568 161,00	16,9 %
	yhteensä			86 240 079,00	
2011	uudisrakennukset	2 361 900,00		2 361 900,00	6,7 %
	peruskorjaukset	5 337 500,00	13 315 650,00	18 653 150,00	52,6 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	11 244 500,00	3 190 000,00	14 434 500,00	40,7 %
	yhteensä			35 449 550,00	
Vuosina 2000-2011	uudisrakennukset	134 232 035,80	55 109 270,22	189 341 306,02	29,9 %
	peruskorjaukset	177 421 421,06	108 540 541,66	285 961 962,72	45,2 %
	lisärak.- ja peruskorjaukset	90 675 674,28	67 181 032,46	157 856 706,73	24,9 %
	yhteensä			633 159 975,48	

Määrärahoja 2000-luvun eli viimeisen 12 vuoden aikana on myönnetty yhteensä 633 milj. €. Vuositasolla avustusten määrä on vaihdellut niin, että pienin avustus oli v. 2002 yhteensä 32,2 milj. € ja suurin v. 2009 eli 101,2 milj. €. Uudisrakennuksiin tästä summasta on mennyt 189,3 milj. € (29,9 %), peruskorjauksiin 286 milj. € (45,2 %) ja lisärakennuksiin sekä peruskorjauksiin 157,9 milj. € (24,9 %). Jos arvioidaan, että puolet ”lisärakennus- ja peruskorjaus”-hankkeista on kohdistunut peruskorjauksiin, niin peruskorjauksiin suunnattujen avustusmäärärahojen osuus yhteensä on vuosina 2000-2012 noin 60 %. Tämä tarkoittaa sitä, että koko summasta (633 milj. €) yhteensä 379,8 milj. € on myönnetty peruskorjauksiin. Kosteus- ja homevauriokorjausten osuutta kaikista peruskorjaushankkeista on tämän tilaston perusteella mahdotonta arvioida.

Osa uudisrakennushankkeista on kosteus- ja homevaurioituneita koulutiloja korvaavia hankkeita. Näiden osuus on kuitenkin pieni.

4.2.4.3 Ympäristöministeriön hallinnonala

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA on myöntänyt vuosittain korjausavustuksia asunnoille laajojen terveyshaittojen poistamisen edellyttämiin toimenpiteisiin. Avustus on myönnetty sosiaalisen ja taloudellisen tarveharkinnan perusteella. Näissä terveyshaittaan liittyvissä korjauksissa kosteus- ja homevauriot on ollut merkittävä peruste. Vuositasolla myönnetty summa on ollut noin **1 milj. €**. Avustuksen myöntäminen edellyttää, että haki- ja on joutunut suuriin taloudellisiin vaikeuksiin asuntonsa terveyshaittojen vuoksi ilman omaa syytään. Avustusta myönnetään myös asunnon rakentamiseksi ja hankkimiseksi, jos asunto on käynyt asumis- tai korjauskelvottomaksi. Avustusta myönnetään enintään 70 % hyväksyttävistä korjaus-, rakentamis- tai hankintakustannuksista.

Yhteensä valtionhallinnossa on viime vuosina myönnetty julkisten rakennusten korjaushankkeisiin noin 50 milj. € vuodessa.

4.2.4.4 Vuoden 2012 lisätalousarvio ja 2013 talousarvioesitys

Valtioneuvosto esitti vuoden 2012 ensimmäiseen lisätalousarvioon **sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalalle 10 milj. €:n lisämäärärahaa** (3 vuoden siirtomääräraha) vuonna 2012 alkaviin kuntien ja kuntayhtymien sosiaali- ja terveydenhuollon toimintayksiköiden korjaushankkeisiin. **Avustukset kohdennetaan ensisijaisesti kuntien ja kuntayhtymien sosiaali- ja terveydenhuollon toimintayksiköiden (esimerkiksi päiväkodit, vanhainkodit, terveyskeskukset ja sairaalat) kosteus- ja homevaurioiden korjaamiseen.** Avustusta voidaan myöntää enintään 25 % hankkeen hyväksytyistä kustannuksista. Hankeavustuksia voidaan käyttää myös uudisrakennushankkeisiin, joilla korvataan sosiaali- ja terveydenhuollon rakennuksia, jotka ovat kuntotutkimuksien perusteella arvioitu sellaisiksi, ettei niiden korjaaminen ole kustannustehokasta.

Tämän lisäksi valtioneuvosto esitti valtion vuoden 2012 ensimmäiseen lisätalousarvioon **opetus- ja kulttuuriministeriön hallinnonalalle lisämäärärahaa 20 milj. €** vuonna 2012 alkaviin yleissivistävien oppilaitosten korjaushankkeisiin. **Avustukset kohdennetaan ensisijaisesti kosteus- ja homevaurioituneiden koulurakennusten korjaushankkeisiin sekä sellaisiin uudisrakennushankkeisiin, joilla korvataan kosteus- ja homevaurioituneita koulurakennuksia, joiden korjaaminen ei ole järkevää.** Toissijaisesti avustuksia voidaan

myöntää muihin korjaushankkeisiin. Avustusta voidaan myöntää 15-25 % hankkeen hyväksyttävistä kohtuullisista kustannuksista.

Sosiaali- ja terveysministeriö ja opetus- ja kulttuuriministeriön asettama **valtakunnallinen arviointiryhmä** arvioi hankkeiden kuntotutkimukset, korjaussuunnitelmat ja muiden laadunvarmistusta koskevien ehtojen täyttymisen sekä antaa lausuntonsa aluehallintovirastolle niistä korjaushankkeista, joiden suunnitelmat ovat riittävät kosteus- ja homevaurioiden korjaamiseksi.

Elokuun lopussa 2012 hallitus esitti vuoden 2013 budjettiin kosteus- ja homevauriokoulujen korjaukseen yhteensä 58 milj. €:n määrärahaa.

4.3 Terveysvaikutusten taloudellinen merkitys

4.3.1 Tarkastelun tausta ja lähtötiedot

Kosteus- ja homeongelmista aiheutuvista terveysvaikutuksista syntyviä lisäkustannuksia voidaan arvioida monella tavalla. Arvio voidaan tehdä altistuneiden lukumäärän ja korvattujen ammattitautien perusteella tai arvioimalla kosteus- ja homevaurion osuutta työpanosmenetyksistä, hoitokustannuksista ja tuottavuusmenetyksistä. Kaikkiin näihin liittyy suuria epävarmuustekijöitä. Siksi pyrimme haarukoimaan kokonaiskustannusten suuruutta eri menetelmien avulla.

Yhdysvaltalaisen tutkimuksen mukaan arvioitiin, että astmoista 21 % liittyisi kosteus- ja homevaurioihin työpaikoilla ja kodeissa. Maan 21,8 miljoonasta astmasta keskimäärin 4,6 miljoonaa selittyisi kosteus- ja homevauriolla. Tämän perusteella tutkijat arvioivat kosteus- ja homevaurioon liittyvien astmojen kustannuksiksi yhteensä 3,5 mrd. dollaria (Muddarri ja Fisk 2007, Fisk ym. 2007).

Suomessa rakennusten kosteus- ja homeongelmien aiheuttamia taloudellisia vaikutuksia on selvitetty useissa tutkimuksissa. Seppäsen (2004) tekemän arvion mukaan kaikkien sisäilmaongelmien kustannukset ovat vuosittain noin 3 mrd. €. Kustannuksiin sisältyvät lääkärisäkäynnit, sairaalahoito ja sairauspoissaolot. Tästä määrästä kosteus- ja homevaurioiden kustannukset terveydenhuollolle on arvioitu olevan vuosittain 200 milj. €/vuosi. Haahtelan ja Reijulan selvityksessä STM:lle v. 2007 kustannukset sisäilman terveydellisistä haitoista arvioitiin tasolle **1,5 mrd. €**. Selvityksessä **ei arvioitu erikseen kosteus- ja homevaurioiden osuutta** tästä kustannuksesta.

Viime vuosina erityisesti väestötasoinen arvio kosteusvaurioihin liittyvästä sairastamisesta ja oireilusta on tarkentunut. Raportoitujen tutkimusten mukaan kosteus- ja homevauriot lisäävät riskiä sairastua astmaan ja riski on keskimäärin 1,3-1,75-kertainen (Mendell ym. 2011). Toisaalta on arvioitu, että jos kosteus- ja homevaurioita ei olisi, keskimäärin 21-35 % astmoista jäisi syntymättä (attributable risk) (Jaakkola ym. 2004, Mudarri ja Fisk 2007).

Merkittävä lisäkustannus kansantaloudelle syntyy kosteus- ja homevaurioista niiden aiheuttamien terveydellisten haittojen vuoksi. Kosteus- ja homevaurio on merkittävä tämän raportin määrittelyn mukaisesti silloin, kun haitallinen altistuminen vaurioituneista rakenteista peräisin oleville kemiallisille, fysikaalisille tai biologisille epäpuhtauksille on todennäköistä. **Näissä rakennuksissa luotettavien tieteellisten tutkimusten mukaan riski oireiluun (hengitystieoireet) ja tiettyihin sairauksiin (esim. astma) on keskimäärin 1,5-kertainen.** Tältä pohjalta on mahdollista arvioida aikaisempaa luotettavammin oireiden ja sairauksien aiheuttamaa todennäköistä kustannusta.

Toinen tapa lähestyä oireilun ja sairauksien määrää on arvioida kuinka moni suomalaisista asuu tai on työssä rakennuksissa, joissa on merkittävä kosteus- ja homevaurio. Edellä on jo arvioitu merkittävien kosteus- ja homevaurioiden esiintyvyyttä eri toiminnoissa ja tilanteissa.

Suomen väkiluku 5,375 milj. jakautuu työllisiin (2,325 milj.), työttömiin (268 200), opiskelijoihin (423 200), eläkeläisiin (1,278 milj.) ja muihin työvoiman ulkopuolisiin (1,080 milj.).

Taulukoihin 24 ja 25 on koottu arvio niiden ihmisten (asukkaat ja työntekijät) määrästä, jotka asuvat tai ovat työssä rakennuksissa, joissa tiedetään olevan merkittävä kosteus- ja homevaurio. Kouluista mukana ovat peruskoulut, lukiot, ammattioppilaitokset ja korkeakoulut. Koulujen ja päiväkotien työntekijät ja lapset on otettu mukaan arvioihin altistumisesta. Hoitolaitoksista on huomioitu sairaalat, terveyskeskukset ja muut sosiaali- ja terveysalan hoitolaitokset ja niiden työntekijät. Toimistojen määrän ja kerrosalan arviointi on vaikea, koska tällaisia tiloja ei suoraan kirjata tilastoihin. Toimistotiloiksi on tässä laskelmassa otettu mukaan ei-teolliset työtilat.

Näiden taustatietojen avulla voidaan arvioida altistumisesta aiheutuvan oireilun ja sairastumisen määrää ja siihen liittyvää taloudellista merkitystä.

Asuinrakennusten kosteusvaurioiden yleisyyttä koskevat KTL:n tutkimukset ovat 1990-luvun alusta ja ne hyvin dokumentoituja, koska niissä on käytetty sekä kyselyä että teknisiä tarkastuksia luotettavuuden varmistamiseksi. Muut tutkimukset ovat pääosin kyselytutki-

muksia eikä niissä ole otettu kantaa kosteusvaurioiden laajuuteen. Jäljempänä esitetyt arviot perustuvat näin ollen n. 20 vuotta vanhaan aineistoon ja niissä on tehty seuraavaksi esitetyt oletukset:

Pien- ja rivitalot

- Vanhemmassa yli 30 vuotta vanhassa rakennuskannassa (-1980) esiintyneistä korjaamattomista kosteusvaurioista olisi korjaamatta enää 30 %.
- 1980-1999 rakennuskannassa esiintyneistä korjaamattomista kosteusvaurioista olisi korjaamatta enää 25 %.
- Vuoden 2000 jälkeisessä rakennuskannassa esiintyi kosteusvaurioita 25 %:ssa ja näistä 5 % olisi korjaamatta (Huom! RakMK C2, osa Kosteus tuli voimaan vuonna 1999).
- Merkittäviksi kosteus- ja homevaurioiksi luokiteltiin näistä 40–75 %.
- Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden korjauskustannusten osuudeksi laskettiin sen prosentuaalinen osuus koko pien- ja rivitalojen korjausrakentamiseen käytetystä pääomasta.

Kerrostalot

- Näkyvistä kosteusvauriojäljistä olisi korjaamatta 50 %.
- Merkittäviksi kosteus- ja homevaurioiksi luokiteltiin näistä 40–75 %.
- Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden korjauskustannusten osuudeksi laskettiin sen prosentuaalinen osuus koko kerrostalojen korjausrakentamiseen käytetystä pääomasta.

Taulukko 24. Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden arvioitu määrä asuntokannassa, niissä altistuvien määrä ja arvio korjauskustannuksista rajoittuen kosteusvaurioihin.

Rakennustyyppi		Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita		Altistuvia		Korjauskustannukset (milj. €)	
		alin arvio	ylin arvio	alin arvio	ylin arvio	alin arvio	ylin arvio
Pien- ja rivitalot	lukumäärä	99 000	148 500	224 500	336 900	191	287
	osuus (%)	7	10				
Kerrostalot	lukumäärä	71 000	106 500	103 000	154 400	148	223
	osuus (%)	6	9				
Asuinrakennukset	Yhteensä			327 500	498 300	339	510

Vuosittain asuinrakennusten korjausrakentamisen arvo on 4,9 mrd. €, josta merkittävien kosteus- ja homevaurioiden kertaluonteinen poistaminen edustaisi 7-10 % lisäpanostusta.

Koulut ja päiväkodit yhdistettiin, koska siten arvioitiin päästävän luotettavimpaan kokonaisarvioon tilanteesta. Rakennusteknisiä tarkastuksia sisältävissä tutkimuksissa on päädytty kosteusvaurioiden 24 % esiintyvyyteen, jota on käytetty arvion pohjana, vaikkakin rakennuskanta on hyvinkin heterogeeninen. Merkittäviksi näistä arvioitiin 50–75 %, koska vanhemman rakennuskannan osuus on suhteellisen suuri tällä toimialalla. Korjauskustannusten arvioinnissa käytettiin hintatasona 100 €/m², jota käytettiin myös hoitolaitosten kustannusten arvioinnissa perustuen aiempaan selvitykseen vuodelta 2005 tarkistettuna indeksillä.

Hoitotilojen tilanteen arvioinnissa hyödynnettiin TTL:n toteuttamaa sairaaloiden korjaustarpeen selvitystä, jossa kiireellisessä korjaustarpeessa oli 15 % ja lisäselvitystarpeessa 22 % kerrosalasta. Lisäselvitystarpeessa olevasta kerrosalasta kiireelliseksi korjaustarpeeksi arvioitiin realisoituvan 25–50 %. Kiireellinen korjaustarve tulkittiin tässä merkittäväksi kosteusvaurioksi. Työterveyslaitoksen v. 2003-2005 tekemässä sairaalaselvityksessä (STM:n työryhmämietintöjä 2005) arvioidut korjauskustannukset sairaanhoitopiireissä päivitettiin rakennuskustannusindeksillä ja hoitolaitosten kustannuksia arvioitiin sairaalaselvityksen pohjalta indeksillä tarkistettuna.

Toimistokiinteistöistä 10 %:ssa arvioitiin esiintyvän kosteusvaurioita ja näistä 25–50 % arvioitiin merkittäviksi kosteus- ja homevaurioiksi. Korjauskustannukset arvioitiin kuten kouluissa ja päiväkodeissa.

Taulukko 25. Merkittävien kosteus- ja homevaurioiden arvioitu määrä työpaikkojen rakennuskannassa siltä osin kun tutkimustietoa rakennuksista on ollut käytettävissä, niissä altistuvien määrä ja arvio korjauskustannuksista rajoittuen kosteusvaurioihin. Koulut (= kaikki oppilaitokset)

Rakennustyyppi		Merkittäviä kosteus- ja homevaurioita		Altistuvia		Korjauskustannukset (milj. €)	
		alin arvio	ysin arvio	alin arvio	ysin arvio	alin arvio	ysin arvio
Koulut ja päiväkodit	kerrosala	2 120 000	3 180 000	172 000	259 200	212	318
	osuus (%)	12	18				
Hoitolaitokset	kerrosala	2 095 000	2 657 000	36 000*	46 800*	605	693
	osuus (%)	20	26				
Toimistot	kerrosala	461 000	922 000	27 500	55 000	46	92
	osuus (%)	2,5	5				
Yhteensä	kerrosala	4 676 000	6 759 000	235 500	361 000	863	1 103

* Ei sisällä hoitolaitoksissa olevien potilaiden/asukkaiden määrää.

Taulukkojen 24 ja 25 perusteella rakennuskannassa olevien merkittävien kosteusvaurioiden korjauskustannukset ovat **1,2 ja 1,6 mrd. €:n välillä**. Tämä on 0,3-0,4 % rakennuskannan kokonaisarvosta ja 5,6–7,5 % vuosittaisen talonrakentamisen arvosta.

Vuosittain muiden kuin asuinrakennusten korjausrakentamisen arvo on 4,6 mrd. €, josta merkittävien kosteus- ja homevaurioiden kertaluonteinen poistaminen edustaisi 19-24 % lisäpanostusta. Korjausrakentamisen osuuden kasvaessa suhteessa koko rakentamisen volyyymiin tarkoittaa, että myös kosteus- ja homevaurioita korjataan vuosittain peruskorjauksen yhteydessä lisääntyvästi. **Voidaan arvioida, että vuosittaisella 8-10 % lisäpanostuksella merkittävien kosteus- ja homevaurioiden määrä voitaisiin saada merkittävästi pienemmäksi kolmessa vuodessa niin, että toimenpide maksaisi itsensä terveydellisten haittojen vähenemisenä.** Erityisesti julkisen talouden kannalta tämä mahdollistaisi siirtymisen reaktiivisesta (toimitaan vasta vahingon tapahduttua) kosteus- ja homevaurioiden korjaamisesta proaktiiviseen (toimitaan jo ennen vahinkoa), ennakoivaan ja ajallaan tehtyyn korjausrakentamiseen.

4.3.2 Lisääntynyt oireilu ja sairaustapaukset

Viime vuosina julkaistujen tutkimusten mukaan kosteus- ja homevauriorakennuksissa seuraavat oireet ovat yleisempiä kuin rakennuksissa, joissa vauriota ei ole:

- hengitystieoireet (yskä, hengityksen vinkuminen, hengenahdistus, ylempien hengitysteiden oireet, nuha)

Lisääntynyttä oireilun aiheuttamaa kustannusta on vaikea tarkasti arvioida. Osa oireilun lisääntymisestä johtaa lisääntyneisiin sairauspoissaoloihin, osa tilanteisiin, joissa henkilö

toimii tai tekee työtään oireilusta huolimatta tavanomaisella tai sitä pienemmällä työteholla. Sairauksien kustannuksia tarkastellaan seuraavassa kappaleessa.

Tuoreiden kokoomatutkimusten mukaan (Mendell ym. 2011) seuraavien sairauksien yhteydestä kosteus- ja homevaurioihin on jo riittävästi näyttöä:

- astma, astman paheneminen
- keuhkoputkentulehdus
- homepölykeuhko

Astman kustannukset Suomessa ovat vuosittain noin 215 milj. €. Kustannukset syntyvät sairauden tutkimuksista ja hoidoista sekä työkyvyn rajoittumisesta tai menettämisestä. Jos laskentaperusteena käytetään yhdysvaltalaisen tutkimuksen (Mudarri ja Fisk 2007) mallia, olisi noin 210 000 Suomessa todetusta astmasta **21 % eli 44 100 sellaisia astmoja, joissa kosteus- ja homevaurio liittyisi sairauden syntyyn.** Astman kustannukset olivat 2000-luvulla tasolla 200 miljoonaa/vuosi ja esim. v. 2003 yhteensä 213,5 milj. € (Ikäheimo 2008). Jos edellä olevan mukaan noin viidennes astmoista liittyisi kosteus- ja homevaurioihin, **jäisi kosteusvaurioihin liittyvien astmojen kustannuksiksi noin 45 milj. €.**

Kuntasektorilla opetustoimessa ja sosiaali- ja terveydenhuollon tehtävissä raportoidaan 2/3 vuosittain todetuista ammattitaudeista, joiden aiheuttajaksi on todettu kosteusvauriohoimet (Työperäisten sairauksien rekisteri, TTL). Työ ja terveys Suomessa haastattelututkimuksessa näiden toimialojen työntekijöistä keskimäärin 20 % raportoi homeen ja maakellarin hajua (Työ ja terveys Suomessa 2009). Toisaalta merkittävän kosteus- ja homevaurion esiintyvyys (kts. taulukko edellä) on kouluissa ja päiväkodeissa arviolta 12-18 % ja hoitolaitoksissa 20-26 % rakennusten kerrosalasta.

Näissä rakennuksissa kosteus- ja homevaurioiden haitallisille epäpuhtauksille altistuvien määrä on arviolta kouluissa ja päiväkodeissa 172 000-259 200 työntekijää, lasta ja nuorta. Hoitolaitoksissa (sairaalat, terveyskeskukset ja muut hoitoalan rakennuksissa) altistuvien määrä on arviolta 36 000-46 800 työntekijää.

Jos em. altistuneista työntekijöistä joka kymmenes oireilee ja on poissa työstä vuoden aikana 1,5 kertaa sen, minkä keskimäärin työntekijät Suomessa (7,2 päivää), aiheutuu tästä kustannuksena vuosittain **0,5 milj. €** (keskikuukausipalkka 2 100€).

Työolobarometrin mukaan sairauspoissoloja oli Suomessa vuonna 2010 keskimäärin 7,2 päivää työntekijää kohden. Tämä on 3,3 % vuosittaisten työpäivien määrästä. Kun otetaan huomioon, että työllisten määrä oli vuonna 2010 noin 2,4 miljoonaa henkeä, saadaan menetyksen suuruudeksi 79 000 työvuotta, jonka rahallinen arvo oli noin 3,8 mrd. €. Kelan korvaamia, yli viikon kestäneitä sairauspoissaolopäiviä oli vuonna 2010 yhteensä 15,35 miljoonaa. Tämä vasta noin 51 000 työvuotta. Tämän perusteella voidaan arvioida, että lyhyet sairauspoissaolot vastaavat 28 000 vuoden työpanosta.

Kosteus- ja homevauriot lisäävät tutkimusten mukaan riskiä hengitystieoireisiin (yskä, hengenahdistus, hengityksen vinkuminen). Käytännön kokemus perusterveydenhuollossa on se, että em. oireet johtavat lyhyiden sairauspoissaolojen lisääntymiseen (keskim. 1,5-kertaisiksi). Näiden ylimääräiset poissaolojen hinta on vuodessa **403 milj. €**.

4.3.3 Ammattitautien ja työperäisten sairauksien kustannukset

Tapaturmavakuutuslaitosten liitto on kerännyt taulukkoon 26 tiedot liiton tietoon vuosina 2006-2009 tulleista kosteus- ja homevauriotyöpaikoilla todetuista ammattitaudeista ja niiden epäilyistä kuntien, valtion ja yksityisten työnantajien työpaikoilla (aktuaarijohtaja Jarmo Jacobsson).

Taulukko 26. Tapaturmavakuutuslaitosten liiton laskelma kosteusvauriohomeiden aiheuttamista ammattitaudeista ja niiden epäilyistä eri työpaikoilla (v. 2006-2009 vuosikeskimäärinä)

	Työntekijöitä / v N	Uusia tapauksia keskim. / v				Yhteensä uusien tapauksia / v	% N
		ATE (ei AT)	% N	AT	% N		
Kunta	525 000	225	0,04 %	50	0,01 %	275	0,05 %
Valtio	145 000	75	0,05 %	7	0,005 %	82	0,06 %
Yksityinen	1 765 000	100	0,006 %	20	0,001 %	120	0,007 %
	2 435 000	400	0,016 %	77	0,003 %	477	0,02 %

TVL:n tilastoon v. 2006-2009 on rekisteröitynyt vuosittain keskimäärin 475 homealtistuksesta johtuvaa uutta ammattitauti/ammattitautiepäily - tapausta (kunnat n. 60 %, valtio n. 15 % ja yksityiset n. 25 %). Suhteessa työntekijöiden lukumäärään tapausten lukumäärät ovat vastaavasti n. 0,05 %, n. 0,06 % ja n. 0,007 %. Kosteusvauriohomeita koskevan ammattitautitilaston perusteella voi todeta, että riskitaso sairastua kosteusvaurioista johtuvaan ammattitautiin kuntien ja valtion kesken on saman suuruinen mutta yksityisen riskitaso ammatista riippuen noin 10 %-20 % kuntasektorin tasosta.

TVL:n tilastoissa kosteus- ja homevaurioon liittyvät ammattitaudit ilmenevät aiheuttajan ”bakteerien ja homeiden vapauttamat itiöt ja muut biologisesti aktiivit aineet” mukaisesti. Tähän ryhmään kuuluvia ammattitauteja tai ammattitautiepäilyjä rekisteröityy vuosittain noin 500 uutta tapausta ja niistä noin 60 % tulee kuntasektorilta. Näistä keskimäärin 15-20 % on hyväksytyjä ammattitauteja.

Viime vuosina kosteusvauriohomeet-ryhmään kuuluvista ammattitaudeista ja niiden epäilyistä on maksettu ammattitautilain mukaista korvausta vuosittain noin 850 henkilölle yhteensä noin 3 milj. €.

Ammattitautiepäilyjen tutkimuksesta aiheutuvien kulujen ja sairaanhoidon osuus on noin 30 %. Tilastoissa ammattitaudin epäilyistä aiheutuvat kulut saattavat tilastoitua osin myös sairaanhoidon kuluihin. Maksettujen eläkkeiden osuus on noin 60 % kaikista kustannuksista.

4.3.4 Työkyvyttömyyseläkkeet

Vuonna 2010 työkyvyttömyyseläkkeelle siirtyi 25 257 henkilöä. Näiden henkilöiden keski-ikä oli 52 vuotta. Tämän lisäksi osa-aikaeläkkeelle siirtyi 9 813 henkilöä. Valtaosa näistä henkilöistä oli yli 58-vuotiaita. Jos vertaamme näiden eläkkeelle siirtyneiden ikää 65 vuoden ikään ja oletamme, että osa-aikaeläkeläisten työpanosmenetyks on 50 %, saamme kokonaistyöpanosmenetykseksi 352 000 työvuotta. Kun kerromme tämän vuosityöpanoksen arvolla 48 000 €, saamme työkyvyttömyyseläkkeiden aiheuttamaksi kokonaisarvoksi 16,9 mrd. €.

Jotta voisimme arvioida kosteus- ja homeongelman osuutta työkyvyttömyyseläkkeiden aiheuttamasta kokonaismenetyksestä tarkastelemme eri menetysten jakautumista eri sairausryhmiin.

Taulukossa 27 on laskettu vuoden 2008 tilastojen perusteella eri sairausryhmien osuudet työkyvyttömyyseläkkeiden aiheuttamasta työpanosmenetyksestä. Kuten aiemmin on todettu, kosteus- ja homeongelma voi periaatteessa myötävaikuttaa monen sairauden syntymiseen. Hengityselinten sairaudet ovat kuitenkin se ryhmä, jossa vaikutukset ovat ilmeisimmät. Näiden osuus on 0,99 % kokonaismenetyksestä, mikä vastaa 168 milj. €. Vain osa tästä liittyy kosteus- ja homeongelmaan. Neljäsosa tästä liittyy astmaan, jos jakauma on sama kuin sairauspoissaoloissa. Tällöin astman osuus olisi 42 milj. €. **Jos 10 % tästä lasketaan sisäilman osuudeksi, kosteus- ja homeongelman työkyvyttömyyseläkemenon on 4 milj. €.**

Vuonna 2010 myönnettiin 180 eläkettä hengityselinammattitautin perusteella. Näiden henkilöiden keski-ikä oli noin 47 vuotta. Tämän perusteella laskennallinen työpanosmenetys oli 3 240 henkilötyövuotta, mikä vastaa 156 milj. €:n menetystä.

Jos oletetaan, että kosteus- ja homeongelma vaikuttaa muidenkin sairauksien syntyyn, voidaan **työkyvyttömyyseläkkeisiin liittyvä maksimimenetys arvioida noin 250 milj. €:ksi vuodessa, mikä on alle 1 % tk-eläkkeiden aiheuttamasta kokonaismenetyksestä.**

Taulukko 27. Työkyvyttömyyseläkkeiden aiheuttamat henkilötyövuosimenetykset sairausdiagnoosin mukaan vuonna 2008.

Diagnoosi	lkm	htv menetys	%
I Tartunta- ja loistaudit	79	942	0,24
II Kasvaimet	1 660	18 465	4,70
IV Umpieritys-, ravitsemus- ja aineenvaihduntasairaudet	512	5 659	1,44
V Mielenterveyden ja käyttäytymisen häiriöt	9 298	184 699	46,98
VI Hermoston sairaudet	2 124	28 769	7,32
VII Silmän ja sen apuelinten sairaudet	216	2 651	0,67
VIII Korvan ja kartiolisäkkeen sairaudet	142	1 175	0,30
IX Verenkiertoelinten sairaudet	2 115	18 838	4,79
X Hengityselinten sairaudet	522	3 906	0,99
XI Ruuansulatuselinten sairaudet	295	3 619	0,92
XII Ihon ja ihonalaiskudosten sairaudet	147	1 583	0,40
XIII Tuki- ja liikuntaelinten sekä sidekudoksen sairaudet	9 187	85 662	21,79
XIV Virtsa- ja sukupuolielinten sairaudet	108	1 377	0,35
XVII Synnynnäiset epämuodostumat, epämuotoisuudet ja kromosomipoikkeavuudet	248	7 568	1,92
XIX Vammat, myrkytykset ja eräät muut ulkoisten syiden seuraukset	1 807	25 795	6,56
III, XV, XVI, XVIII Muut sairaudet	205	2 465	0,63
Kaikki	28 665	393 173	100,00

4.3.5 Sairauspoissaolomenetykset

Työolobarometrin mukaan sairauspoissoloja oli Suomessa vuonna 2010 keskimäärin 7,2 päivää työntekijää kohden. Tämä on 3,3 % vuosittaisten työpäivien määrästä. Kun otetaan huomioon, että työllisten määrä oli vuonna 2010 noin 2,33 miljoona henkeä, saadaan menetyksen suuruudeksi 76 700 työvuotta, jonka rahallinen arvo oli noin 3,7 mrd. €.

Taulukossa 28 on esitetty Kelan myöntämien sairauspäivärahojen jakauma diagnoosiryhmittäin. Tämän taulukon mukaan hengityselinsairauksien osuus on noin 2 %, josta astman osuus on noin neljännes. Jos kosteus- ja homeongelma aiheuttaisi kaikki hengityselinsairauksiin liittyvät poissaolot, kustannus olisi 74 milj. €, josta astman osuus olisi 18,4 milj. €. 10 % tästä vastaisi **1,8 milj. €:n** menetystä. Toisaalta Seppäsen (1998) mukaan jopa 15 % sairauspoissaoloista voi liittyä sisäilmaan, josta kosteus- ja homeongelmat ovat osana. Tällöin kustannus olisi **553 milj. €**. Edellä todettiin jo lyhyiden sairauspoissolojen 1,5-kertaisumisen johtavan **403 milj. €:n** vuosikustannukseen.

Taulukko 28. Kelan korvaamien sairauspäivärahojen jakauma tautiluokituksen mukaan.

Diagnoosi	%
I Tartunta- ja loistaudit	0,6
II Kasvaimet	7,7
IV Umpieritys-, ravitsemus- ja aineenvaihduntasairaudet	0,8
V Mielenterveyden ja käyttäytymisen häiriöt	21,7
VI Hermoston sairaudet	4,6
VII Silmän ja sen apuelinten sairaudet	1,0
VIII Korvan ja kartiolisäkkeen sairaudet	0,3
IX Verenkiertoelinten sairaudet	6,0
X Hengityselinten sairaudet	2,0
XI Ruuansulatuselinten sairaudet	2,4
XII Ihon ja ihonalaiskudosten sairaudet	0,7
XIII Tuki- ja liikuntaelinten sekä sidekudoksen sairaudet	35,1
XIV Virtsa- ja sukupuolielinten sairaudet	0,9
XVII Synnynnäiset epämuodostumat, epämuotoisuudet ja kromosomipoikkeavuudet	
XIX Vammat, myrkytykset ja eräät muut ulkoisten syiden seuraukset	14,7
III, XV, XVI, XVIII Muut sairaudet	1,5
Kaikki	100

4.3.6 Terveystoimenot

Terveystoimenot olivat Suomessa vuonna 2010 16 mrd. €. Hengityselinsairauksien osuus tästä olisi 120 milj. €, jos jakauma on sama kuin sairauspoissaoloissa ja tk-eläkkeissä. Astman osuus olisi tällöin 30 milj. €, josta 10 % olisi **3 milj. €**. Kosteus- ja homeongelmaan voidaan maksimissaan liittää 1 % hoitokustannuksista, mikä vastaa **160 milj. €:a**.

4.3.7 Tuottavuusmenetykset

Seppänen (1998) arvioi, että huono sisäilma aiheutti vuonna 1998 2,7 mrd. markan työtehon laskun. Tämä vastasi 0,4 %:a bruttokansantuotteesta. Vuoden 2010 tasolla tämä vastaisi **71 milj. €:n** menetystä. Vain osa tästä menetyksestä voidaan liittää home- ja kosteusongelmiin, arviolta noin 20 %, mikä vastaisi noin **14 milj. €:n** menetystä. Seppänen (1998) huomauttaa, että kansainväliset arviot päätyvät huomattavasti korkeampiin lukuihin. Tällöin koko menetys voitaisiin liittää kosteus- ja homevaurioihin.

4.3.8 Terveystoimenot talousvaikutusten suuruusluokka

Edellä selostetun perusteella voimme todeta, että kosteudesta ja homeesta aiheutuvien terveystoimenot talousvaikutusten suuruuteen liittyy suurta epävarmuutta. Eri menetelmiä

käyttäen päädyimme taulukon 29 mukaiseen kustannushaarukkaan, jonka rakennusten kosteus- ja homeongelmat aiheuttavat vuosittain.

Taulukko 29. Kosteus- ja homeongelmaan terveydellisten talousvaikutusten suuruusluokat eri tarkastelujen valossa.

Terveysteen liittyvä kustannushaarukka			
Kosteus- ja homekustannukset/v	minimi	oletus	maksimi
Sairauspoissaolot	2	250	553
Tk-eläkkeet	4	80	169
Tervydenhoito	3	80	160
Tuottavuus	14	40	71
Yhteensä, milj. €	23	450	953
Yksittäisarvioita			
Sisäilman kustannukset (Haahtela ja Reijula 2007)			1 500 milj. €
Astman kustannukset (Ikäheimo 2008), josta kosteus- ja homearvio			45 milj. €
Lyhyet sairaus.o. 1,5-kertaistuvat			403 milj. €
Kosteusvaurioon liittyvät ammattitautikorvaukset			3 milj. €

Kustannushaarukka on melkoinen: 23 milj. €:sta 1 mrd. €:oon vuodessa. Oletusarvojemme mukaan realistinen vuotuinen kokonaismenetyks on karkeasti puoli miljardia euroa. Tämä summa on esimerkiksi 10 kertaa suurempi kuin se summa, jonka valtiovalta on viime vuosina osoittanut julkisten rakennusten korjaushankkeisiin. Tähän on vielä lisättävä se huomio, että kosteus- ja homeongelmat ovat kasvava ilmiö, eli kustannukset jatkavat kasvuaan nykyisestään, jollei sitä saada eri toimenpitein pysäytettyä.

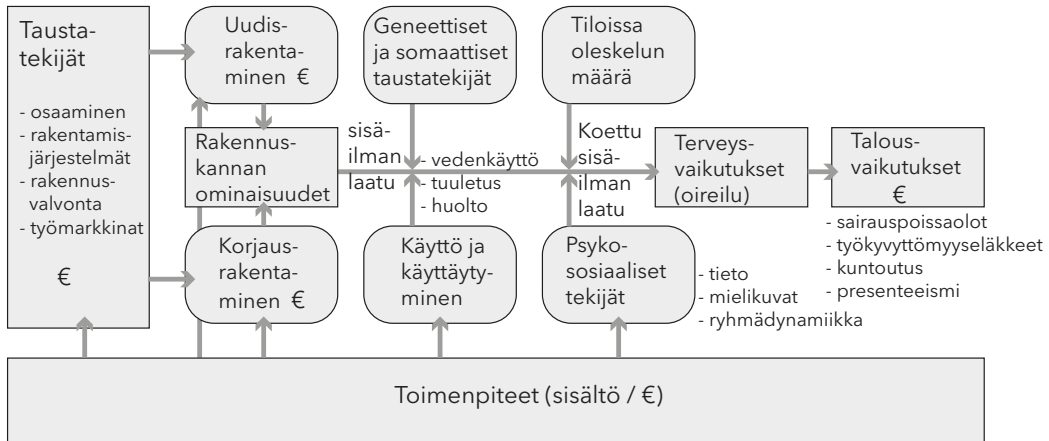
Edellä selostetun perusteella kosteus- ja homeongelman kustannus-hyötyvertailu voidaan tiivistää taulukkoon 30.

Taulukko 30. Kosteus- ja homeongelman aiheuttamat arvioidut vuosittaiset lisäkustannukset.

Rakennuskustannukset 21,4 mrd. €	Työpanos- ja hoitokustannukset 36,6 mrd. €
uudisrakentaminen 11,6 mrd. €	tk-eläkkeet 16,9 mrd. €
korjausrakentaminen 9,6 mrd. €	sairauspoissaolot 3,7 mrd. €
	terveydenhoito 16 mrd.€
Kosteus- ja homeongelmien poistaminen	
uudisrakentaminen	tk-eläkkeet 80 milj. € (4-169)
korjausrakentaminen 1 400 milj. € (kertaluonteinen)	sairauspoissaolot 250 milj. € (2-553)
...(1 202-1 613)	terveydenhoito 80 milj. € (3-160)
	tuottavuusmenetykset 40 milj. € (14-71)
Yhteensä: 1 400 milj. € (kertaluonteinen)	Yhteensä: 450 milj. €

Näitä lukuja voidaan hyödyntää toimenpidesuositusten taloudellisessa arvioinnissa. Arvioinnin lähtökohtana on oheinen kosteus- ja homeongelman taloudellinen malli (Kuva 14). Mallin oletuksena on, että määrätty rakennuskannan ominaisuudet yhdessä väestön

geneettisten ja somaattisten taustatekijöiden, rakennuksissa oleskelun määrän, käyttäytymisen ja psykososiaalisten tekijöiden kanssa saavat aikaan kielteisiä terveysvaikutuksia (oireilu) kansalaisissa. Näiden seurauksena syntyy joukko talousvaikutuksia sairauspoissaolojen, ennenaikaisen eläköitymisen, kuntoutuksen ja hoidon sekä puutteellisen suorituskyvyn (presenteeismi) muodossa.



Kuva 14. Kosteus- ja homeongelman taloudellisen arvioinnin malli.

Eri toimenpiteillä voidaan vaikuttaa uudisrakentamiseen, korjausrakentamiseen, ihmisten käyttäytymiseen rakennetuissa tiloissa ja heidän tietoihin ja mielikuviansa sisäilmasta ja sen vaikutuksista. Nämä toimenpiteet aiheuttavat eri toimijoille lisäkustannuksia. Toimenpideehdotukset on mitoitettava niin, että odotettavissa olevat lisäkustannukset ovat pienemmät kuin niiden seurauksena syntyvät kustannussäästöt.

Arvioitujen lukujen perusteella voidaan esimerkiksi tehdä se johtopäätös, että talonrakentamiselle asetettavien lisävaatimusten vuosittainen hinta ei saa ylittää miljardia euroa, koska silloin kustannukset ylittäisivät maksimaaliset hyödyt. Samoin voidaan lukujen perusteella tehdä se johtopäätös, että 50 milj. €:n jatkuva vuotuinen lisäpanostus on kannattava, jos sillä voidaan vähentää 10 % nykyisistä kosteus- ja homeongelmista. Toisaalta, jopa miljardien kertapanostus voi olla kannattava, jos sen seurauksena saadaan pysyviä vähennyksiä rakennusten aiheuttamiin terveysvaikutuksiin. 1,5 mrd. €:n panostus nykyisten merkittävästi kosteus- ja homevaurioituneiden rakennusten korjaamiseksi maksaisi itsensä kolmessa vuodessa takaisin kansantaloudellisena hyötynä.

Edellä esitetyssä mallissa erityisesti tiedon lisäämisellä eri tahoilla voi olla suuri kustannustehokkuus. Jos esimerkiksi kansalaisten omaehtoista tilojen ennakoivaa tarkastamista, huoltoa ja kunnossapitoa, tuuletusta, vaatteiden kuivatusta ja ilmastointilaitteiden huoltoa koskevaa tietämystä voidaan tiedotuskampanjan myötä parantaa, voidaan sillä saada aikaan merkittäviä terveysvaikutuksia, vaikka talojen rakenteille ei tehtäisi mitään. Toisaalta on selvää, että suuri osa kosteus- ja homeongelmista paranee vain olemassa olevaa rakennuskantaa korjaamalla ja uudisrakentamisen laatua parantamalla.

5 Toimenpide-ehdotukset

Kosteus- ja homevauriot tunnistettiin Suomessa jo 1990-luvun alussa merkittäväksi sisäympäristöongelmaksi, joilla on haitallisia vaikutuksia terveyteen. Taloudelliset vaikutukset tulevat rakennusten kunnan heikkenemisestä mutta ennen kaikkea siitä, että näissä rakennuksissa oireilu ja sairaudet aiheuttavat merkittäviä lisäkustannuksia. Kosteusvaurioiden keskeisimmät rakennustekniset aiheuttajat tunnetaan, mutta niitä ei osata vielä kukaan estää ennakolta tai korjata oikein. Ongelman ilmaannuttua terveydellisiin haittoihin ei puututa riittävän tehokkaasti, toimintamalleja ja työkaluja ei ole riittävästi ja ongelmat kasvavat jopa työyhteisöjä halvaannuttaviksi kriiseiksi. Yksittäisten asukkaiden ongelmat eivät ole vähäisempiä vaan edellyttävät myös pikaista apua ja ongelmiin puuttumista. Riittämätön tieto kosteus- ja homevaurioiden terveydellisestä merkityksestä, oireiden aiheuttajista ja sairauksien syntymekanismeista vaikeuttavat merkittävästi potilaiden tutkimista ja hoitoa.

Esitämme toimenpide-ehdotuksia, jotka voivat merkittävästi edistää kosteus- ja homeongelman hallintaa ja ratkaisemista. Samalla esitämme keinoja ja vastuutahot toimenpiteiden toteuttajiksi.

Jaamme toimenpide-ehdotukset seuraaviin pääkohtiin:

1. kosteus- ja homevaurioiden ehkäisy
2. kosteus- ja homeongelmien selvittäminen ja korjaus
3. asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden osaamisen kehittäminen
4. kosteus- ja homevaurioihin liittyvä tutkimus ja seuranta.

5.1 Kosteus- ja homevaurioiden ehkäisy

Kosteus- ja homeongelmien hallinta vaatii lainsäädännöllisiä toimenpiteitä ja esimerkiksi maankäyttö- ja rakennuslain muutoksia. Lainsäädännön tarpeita on välttämätöntä arvioida pikaisesti esimerkiksi eduskunnan tarkastusvaliokunnan nimittämässä työryhmässä. Jos maankäyttö- ja rakennuslaki, -asetus ja rakentamismääräykset sekä niihin liittyvät ohjaustoimet olisivat kunnossa, Suomessa ei olisi näin paljon ongelmarakennuksia.

Rakentamiseen liittyvä ohjaus perustuu maankäyttöön eli kaavoitukseen sekä uudisrakentamisen ja mittavien peruskorjausten luvittamiseen. Rakennusten elinkaaren aikaiseen neuvontaan ja ohjaukseen ei ole olemassa julkisen tahon ohjausta tai neuvontaa, minkä seurauksena kiinteistön pitkäikäisyyttä edistävä ohjaus puuttuu. **Rakennusten elinkaari-**

ohjauksen pitää olla jonkun vastuulla oleva tärkeä tehtävä. Tätä varten on perusteltua harkita uuden rakennusviraston perustamista, jonka tehtävänä olisi tulkita maankäyttö- ja rakennuslakia sekä rakennusalan säädöksiä yhteistyössä rakennustarkastajien kanssa ja ohjata kiinteistöjen ylläpitoa.

Aluehallintoon (ELY-keskukset) ehdotetaan perustettavaksi kuntien sisäilma-asioita ohjaavan ja neuvovan erityisasiantuntijan virkoja. Heidän roolina on tukea kuntia vaikeissa sisäilma-asioissa, kouluttaa ja kehittää kuntien toimintatapoja sekä välittää tietoa hyvistä toimintatavoista ja työkaluista sisäilma-asioiden hallitsemiseksi.

Rakentamisprosessin keho sujuvuus ja toimintojen ongelmat lisäävät merkittävästi kosteus- ja homevaurioiden syntymistä. **Rakentamisen prosessien vastuut tuleekin viipymättä selkiyttää sekä toiminnan ohjausta tehostaa ja selkiyttää.**

Asunto-osakeyhtiöille tuli 2009 lakisääteisesti velvollisuus tehdä rakennuksen pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelma (PTS). Velvoite tulee laajentaa kuntien rakennuskantaan ja yksityisten omistajien rakennuksiin.

Merkittävä osa rakennusten sisäilmaongelmista aiheutuu kiinteistöjen kunnossapidon puutteista ja huonokuntoisten rakennusten viivästyneistä korjauksista. Korjaukset ja tutkimukset, joihin ei ole varattu tarpeeksi määrärahaa, eivät ole yleensä riittäviä ja ne epäonnistuvat. Pahimmassa tapauksessa tämä johtaa korjauskierteeseen. **Ehdotamme, että kiinteistöjen omistajien (kunnat, yritykset ja asunto-osakeyhtiöt) tulee lakisääteisesti säästää tietty osa rakennuksen hankintahinnasta vuosittain kunnossapitokustannusten ennakointiin ja toiminnallisiin muutostöihin.**

Ennakoivan toiminnan mukaisesti kuntien ja valtion avustustuki tulee kohdentua erityisesti ennaltaehkäisevään ja ennakoivaan kiinteistönpitoon. Kun kunnossapitoon osoitetut määrärahat ovat vuosia olleet alimitoitettut, korjausvelka kasvaa ja ongelmat realisoituvat oireiluna ja terveyden menettämisinä. **Valtion tukijärjestelmät eivät saa tukea korjausveloitteitaan laiminlyöneitä ja peruskorjauksia toistuvasti siirtäneitä tahoja, vaan tuen pitää kannustaa rakennuksen elinkaaren oikea-aikaisiin korjaushankkeiden toteuttamiseen. Tukijärjestelmien tulee kannustaa ongelmien välttämiseen rakennuksen elinkaaren oikeassa vaiheessa tehtävien korjauksien kautta.**

Henkilöturvallisuuden vaarantaneet kattorakenteiden romahdukset johtivat hiljattain siihen, että suunnitelmille tuli ennakkotarkastusvelvoite rakennuslupaa haattaessa. Tämä säädosmuutos saatiin aikaan noin vuodessa ja on käytössä kaikissa vaativiksi luokitelluissa hankkeissa. Kosteudenhallinta on jokaisella työmaalla eteen tuleva, eniten kosteusvaurioihin johtava ongelma, joka saadaan niin haluttaessa nykyistä paremmin hallintaan vas-

taavalla toimintamallilla. **Ennakkotarkastusvelvoite tulee edellyttää rakennuslupaa haettaessa vaativiin kohteisiin kosteuden ja puhtauden sekä sisäilmasto-olosuhteiden hallinnassa** (vrt. rakennesuunnitelmien ennakkotarkastusvelvoite on jo käytössä). **Vaativilla työmailla, kuten työpaikat ja julkiset uudis- ja korjausrakennuskohteet, on oltava kosteuden ja puhtauden hallinnasta vastaava, erityisesti koulutettu työnjohtaja** (vrt. vaativien betonivalujen työnjohtaja henkilöturvallisuuden varmistamiseksi).

Terveyttä yhtenä olennaisena suunnitteluperusteena tulee korostaa nykyistä enemmän rakennuksen olennaisissa teknisissä suunnitteluperusteissa. Korjausrakentamisen ajoittamisessa tulee ottaa nykyistä tarkemmin huomioon rakenteiden ja rakennusmateriaalien tekninen vanheneminen. On vältettävä korjaustapoja ja -menetelmiä sekä materiaaleja, joiden kestoikästä ei ole varmuutta tai joiden laadussa on havaittu suurta vaihtelua.

Rakennuttajilla tulee olla edellytykset hankkeen toteuttamiseen ja hänen on käytettävä ammattitaitoista työvoimaa tämän toteuttamiseen. Vastuu on sälytetty rakennuttajalle, ei suunnittelijalle tai rakentajalle. Tilaaajan tulisikin osata erittäin hyvin rakentamiseen liittyviä asioita saadakseen tilattua hyvän lopputuloksen. **Pääsuunnittelijan ja rakennusurakoitsijoiden vastuuta lopputuloksesta pitää lisätä ja lain tulee ohjata siihen, että vastuu siirtyy automaattisesti tilaajalta myös suunnittelun ja rakentamisen ammattilaisille.** Maankäyttö- ja rakennuslain alaiset säädökset on hankkeeseen ryhtyvän ja osallistuvien osalta tarkistettava.

Terveydensuojelulain asumisterveyttä koskevaa osuutta ollaan parhaillaan muuttamassa. Samalla valmistellaan asumisterveysohjeen muuttamista sosiaali- ja terveysministeriön asetukseksi. Tässä yhteydessä on työpaikkoja koskevaa ohjeistusta arvioitava erikseen ja tätä varten STM:n tulee asettaa asiaa valmisteleva asiantuntijaryhmä.

Talotekniikkajärjestelmien katsastus- ja tarkastustoimintaa on kehitettävä ja sen ohjausta normiohjauksena olisi harkittava. Talotekniikkajärjestelmien kuntoarvio on tehtävä rakennuksen muun kuntoarvion yhteydessä. Ensimmäinen kuntoarvio tulisi tehdä viimeistään 5–10 vuoden kuluttua siitä, kun järjestelmä on asennettu. Kuntoarvion perusteella harkitaan tarkemman kuntotutkimuksen tekemistä. Putkistojen kuntotutkimus tulisi tehdä viimeistään 15 vuoden kuluttua niiden asennuksesta.

Rakennusautomaatiojärjestelmien tarkastustoimintaa on kehitettävä. Tämä edellyttää tekijöiltä LVI-prosessien ja rakennusautomaatiojärjestelmien riittävää tuntemista ja teknistä osaamista järjestelmien toiminnasta. Järjestelmien suunnittelu-, asennus-, huolto-, kunnossapito- ja korjaustyössä on panostettava työn laadun parantamiseen ja työn valvontaan.

Ilmavaihtojärjestelmien puhdistusta koskeva Sisäasianministeriön asetus 802/2001 on vanhentunut vuoden 2006 lopussa. Asetuksessa oli esitetty määrävälit (1 tai 5 vuotta) ilmanvaihtojärjestelmien puhdistukselle sekä puhdistuksen yhteydessä tehtävälle palonrajoittimien ja kanavien tiivyyden tarkastukselle. Asetuksen vanhentuminen saattaa johtaa siihen, että ilmanvaihtojärjestelmien puhdistaminen jää tekemättä, vaikka siihen olisi tarvetta. **Ehdotamme, että ilmavaihtojärjestelmien puhdistusta koskeva Sisäasianministeriön asetus 802/2001 päivitetään ja otetaan uudelleen käyttöön.**

5.2 Kosteus- ja homeongelmien selvittäminen ja korjaus

Perusterveydenhuollon ja kunnallisen terveystalouden yhteistyötä tulee tehostaa, että rakennusten kosteus- ja homevauriot tunnistetaan mahdollisimman nopeasti ja niissä oireilevien ihmisten oireiden tutkiminen tapahtuisi samanaikaisesti kuin rakennuksen tutkimukset. Kuntiin tulee perustaa sisäilmaryhmät ja niiden toimintaa tulee edistää, jotta ne pystyvät viipymättä käynnistämään toimet kosteus- ja homeongelmien ratkaisemiseksi erityisesti kouluissa, päiväkodeissa ja sosiaali- ja terveydenhuollon toimitiloissa.

Kuntien viranomaisten ja toimipaikkojen (esim. koulut, päiväkodit, sosiaali- ja terveydenhuollon tilat) välistä yhteistyötä sisäilmaongelmien hallinnassa tulee parantaa. Vastuulliset tahot (terveysvalvonta, kouluterveydenhuolto, työterveys, työsuojelu) tulee saada toimimaan kiinteämmin toistensa kanssa. Viestintää eri tahojen välillä tulee kehittää.

Työperäisten sairauksien ja ammattitautien potilastutkimuksia tulee kehittää samalla, kun uutta tietoa kosteusvauriorakennuksissa oireilevien potilaiden oireiden aiheuttajista ja sairauksien syntymekanismista saadaan lisätietoa. Uudet menetelmät on otettava käyttöön, kun niiden soveltuvuus potilastutkimuksiin on varmistettu.

Osalla ammattitautitutkimuksiin tulevista potilaista ei todeta ammattitautia, mutta oireet liittyvät kosteusvauriorakennuksessa toimimiseen. Jos kosteus- ja homevaurio on merkittävä niissä tiloissa, joissa tämä työntekijä työskentelee ja hänen työkykynsä on altistumiseen liittyvän oireilun vuoksi alentunut eikä hänelle voida osoittaa tässä työpaikassa korvaavaa työtilaa, **on etsittävä ratkaisu, jolla voidaan tukea työntekijää hänen työkyvyn palauttamiseksi kuntoutuksen tai muiden järjestelyjen kautta.**

Kunnille ja asunto-osakeyhtiöille tulee laatia yhdenmukaiset toimintamallit sisäilma-ongelmien hallintaan ja niiden käyttöönottoa tulee nykyistä enemmän tukea. Ratkaisuprosessin onnistumisen kannalta on oleellista, että prosessissa tehdään moniammatillista yhteistyötä etukäteen sovittujen tehtävien ja roolien mukaisesti, edetään suunnitelmallisesti ja huolehditaan säännöllisesti viestinnästä koko ratkaisuprosessin ajan. Sisäilmastoa

tulee koko prosessin ajan tarkastella kokonaisuutena: sisäilmastotekijöitä, sisäympäristön terveellisyyttä ja käyttäjän kokemuksia sekä työpaikan toimintatapoja sisäilmastoon liittyvissä asioissa. Sisäilmasto-ongelmien selvitys- ja ratkaisuprosesseihin on yleisesti saatavilla jo runsaasti ohjeita ja työkaluja. Toimenpidetarve onkin tällä hetkellä koulutus- ja konsultointituen järjestäminen kuntiin ja asunto-osakeyhtiöille.

Yhdenmukaisten toimintamallien luominen edellyttää alueellisten rekisterien laatimista pätevistä sisäilma-asiantuntijoista, sisäilmastokorjausten suunnitteluun ja projektin johtoon erikoistuneista pätevistä asiantuntijoista ja sisäilmastokorjauksiin erikoistuneista urakoitsijoista.

Korjausrakentamisen tilastointitaso ei vastaa korjausrakentamisen kansantaloudellista merkitystä (vertaa uudisrakentaminen) ja se tulee saattaa asianmukaiselle tasolle. Korjausrakentamisen kustannuksista rakennustyypeittäin on niukasti tietoa, jopa ristiriitaisista tiedoista. Tilastokeskuksesta myönnetään korjausrakentamisen tilastoinnin puutteet. Vaikeuttaa mm. kuntien korjausrakentamisen kustannusseurantaa ja rahoitusta. Vaikea saada tietoa, kuinka paljon kustakin rakennusikäluokasta on jo korjattu ja miten.

Korjausrakentamisen ajoittamisessa tulee ottaa nykyistä tarkemmin huomioon rakenteiden ja rakennusmateriaalien tekninen vanheneminen. Talotekniikkajärjestelmät on uusittava viimeistään silloin, kun niiden tekninen käyttöikä on täyttynyt. Korjaustapoja ja -menetelmiä sekä materiaaleja, joiden kestoikästä ei ole varmuutta tai joiden laadussa on havaittu suurta vaihtelua, on vältettävä.

5.3 Asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden osaamisen kehittäminen

Kosteus- ja homevaurioiden tutkiminen edellyttää moniammatillista osaamista ja vankkaa asiantuntemusta. Kiinteistön omistajilla on oikeus edellyttää riittävää ammattitaitoa kosteus- ja homevaurioita tutkivilta henkilöiltä. **Pätevöittävän koulutuksen suunnitelma tulee laatia pikaisesti ja opetus käynnistää mahdollisimman pikaisesti. Ko. pätevydestä tulee säätää asetuksella.**

Kosteus- ja homevauriorakennuksissa oireilevien ihmisten potilastutkimukset eivät toteudu tällä hetkellä toivotulla tavalla. **Lääkäreiden ja hoitajien ammatillista osaamista tulee kehittää tuottamalla riittävän monipuolinen koulutuskokonaisuus lääketieteen ja hoitoalan perusopetukseen, jatko- ja täydennyskoulutukseen.** Toivottavaa olisi, että THL, Työterveyslaitos ja yliopistot yhdessä tuottavat koulutusmateriaalia ja muuta aineistoa tätä koulutusta varten.

Rakennusten kunnan tutkimisessa on edellytettävä pätevyyttä. Rakennusten kunnan selvittämisestä ja selvittäjien pätevydestä ei ole mainintaa Maankäyttö- ja rakennuslaissa. Kuntotutkijoille ja korjaussuunnittelijoille on laadittava pätevä koulutus ja pätevyyttä on alettava vaatia. Ympäristöministeriö on jo valmistellut rakennusten kuntotutkimuksen ja -arvioinnin ohjeistuksen päivittämistä ja toiminnan tehostamista. Tämä työ on tärkeää saattaa loppuun.

Kosteus- ja homevaurioiden korjausprosessin laatua pitää parantaa huolellisista kuntotutkimuksista korjaustyön valvontaan. Työn teettäjän osaamista korjaustyön vaikeudesta pitää lisätä, jotta hän hankkii parasta mahdollista apua. Kuntotutkimus, suunnitteluvaiheet ja töiden valvonta pitää kilpailuttaa laadulla, ei pelkällä hinnalla. Korjaustyön kokonaiskustannuksista nämä vaiheet ovat prosentti. Kuntotutkijoiden, korjaussuunnittelijoiden ja korjaustyömaiden työnjohtajien pätevyys korjausten suorittamiseen pitää pystyä toteamaan rakennuslupavaiheessa. Näiden ammattilaisten koulutukseen ja pätevyyden todentamiseen tulee varata yhteiskunnan tukea. Pätevyudet pitää kirjata rakennusalan säädöksiin ja pätevistä henkilöistä tulee olla ajantasaiset listat. Säädöksistä vastaa ympäristöministeriö ja koulutuksen tukemisesta ja edistämisestä opetus- ja kulttuuriministeriö.

Rakennusten omistajien osaamista on kehitettävä. Rakennusten omistajien tietotaito ei ole 15 vuodessa kehittynyt sille asteelle, että sisäilmaongelmat saataisiin hallintaan, pikemminkin päinvastoin. Vaikuttaa siltä, että kosteus- ja homeongelmat eivät ratkea markkina-voimien avulla, vaan siihen tarvitaan yhteiskunnan voimakasta ohjausta. Opastusta pitää kohdentaa nimenomaan kiinteistöjen omistajiin.

Jos sisäilmasto-ongelmien selvitys- ja ratkaisuprosessia ei hallita, osa syistä jää löytämättä tai korjaamatta. Terveyttä vaarantavat sisäilmaongelmat ovat yleensä usean tekijän aiheuttamia ja kosteusvauriot ovat vain yksi osasy moniulotteisessa kokonaisuudessa.

Riittämättömin esiselvityksin ja alimitoitettulla budjetilla toteutetut korjaukset ovat yleisin syy julkisten sisäilmaongelmaisten rakennusten korjausten epäonnistumiseen.

Julkisten sisäilmasto-ongelmaisten rakennusten elinkaariohjaukseen ja korjaussuunnittelun avustamiseen tarvitaan erikoistunut toimijataho, jolla olisi riittävän monialainen osaamis- ja tukea julkisten toimijoiden korjaushankkeita. Julkisen rahoituksen saaminen korjaushankkeeseen edellyttää em. toimijatahon konsultointia. Korjausten konsultointiyrköt voitaisiin perustaa esim. ELY-keskusten alaisuuteen.

Maankäyttö- ja rakennuslaki lähtee siitä, että **rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa siitä, että rakennuksesta tulee terveellinen ja turvallinen. Hankkeeseen ryhtyvällä on oltava edellytykset hankkeen toteuttamiseen ja hänen on käytettävä ammattitaitoista työ-**

voimaa tämän toteuttamiseen. Tuossa pykälässä rakentamisen vastuu on säilytetty rakentajalle, ei suunnittelijalle tai rakentajalle. Jos hankeasiakirjoihin jää virhe, tilaaja vastaa lopputuloksesta. Tilaajan tulisi osata erittäin hyvin rakentamiseen liittyviä asioita saadakseen tilattua hyvän lopputuloksen. **Pääsuunnittelijan ja rakennusurakoitsijoiden vastuuta lopputuloksesta pitää lisätä ja lain tulee ohjata siihen, että vastuuta siirryy tilaajalta myös suunnittelun ja rakentamisen ammattilaisille.**

Sisäilmaongelman rakennuksen korjaaminen vaatii perusteellista kuntotutkimusta, hyvää korjaussuunnittelua ja tiedonsiirron hallintaa. Keskeisimmät kosteusvaurioita ehkäisevät toimenpiteet ovat suunnittelun ja rakentamisen laadun parantaminen. Rakentamisessa tärkeitä laatutekijöitä ovat tekijöiden ammattitaito, asenne ja työn valvonta. Käsitukset rakentamisesta sekä suunnittelu- ja toteutusprosesseista pitää uudistaa. Tämä vaatii myös koulutuksen uudistamista, jossa olisi painotettava alusta lähtien ammattiyhpeyteen pohjautuvaa yritteliäisyyttä ja erikoistumista.

5.4 Kosteus- ja homevaurioihin liittyvä tutkimus ja seuranta

Jo 1990-luvulla alkaneesta kosteus- ja homevaurioiden tutkimuksesta on puuttunut riittävä panostus ihmisen terveysvaikutuksiin, potilastutkimukseen ja oireiden sekä sairauksien syntymekanismien selvittämiseen. Osin tästä johtuu se, että vielä tänään ei tiedetä, mikä tai mitkä tekijät aiheuttavat kosteus- ja homevauriorakennuksissa oireita ja sairastumisen. **Tutkimusta tulee jatkaa oireiden ja sairauksien aiheuttajien ja syntymekanismien selvittämiseksi ja tutkimus on jatkossa suunnattava ihmisen elinvasteiden tutkimiseen,** sillä vain sitä kautta pystytään sairaudet määrittämään ja kehittämään niiden toteamista ja hoitamista.

Sisäilman laadun ja rakennusteknistä tutkimista kosteusvaurioituneissa rakennuksissa on edelleen kehitettävä. Käytössä on oltava luotettavat ja validoidut menetelmät, joiden tulosten tulkinta ja johtopäätökset ovat tärkein osa tutkimusta. Tutkimukset ovat merkittäviä tilan käyttäjien terveyden kannalta ja johtopäätökset voivat olla taloudellisesti erittäin merkittäviä. **Tutkimuskäytäntöjä on kehitettävä, palveluja tarjoavien osaamista ja laatua tulee valvoa. Tutkijoilta tulee edellyttää pätevyyttä, joka on tarvittaessa osoitettavissa ja sen ajantasaisuutta on seurattava.** Tätä varten ympäristöministeriön ja sosiaali- ja terveysministeriön johdolla opetus- ja kulttuuriministeriötä konsultoiden tulee laatia suunnitelma tilanteen pikaiseksi korjaamiseksi.

Terveydensuojelulain asumisterveyttä koskevaa osuutta ollaan parhaillaan muuttamassa. Samalla valmistellaan asumisterveysohjeen muuttamista sosiaali- ja terveysministeriön

asetukseksi. Tässä yhteydessä on työpaikkoja koskevaa ohjeistusta arvioitava erikseen ja tätä varten STM:n tulee asettaa asiaa valmisteleva asiantuntijaryhmä.

5.5 Yhteenveto toimenpide-ehdotuksista

1. Kosteus- ja homevaurioiden ehkäisy

Tavoite / Toimenpide	Keino	Vastuutahot
Rakentamiseen liittyvä ohjaus liittyy maankäyttöön eli kaavoitukseen ja uudisrakentamisen ja isojen peruskorjausten lupamenettelyyn. Rakennusten elinkaaren aikaiseen neuvontaan ja ohjaukseen ei ole olemassa viranomaistahoja. Kiinteistönomistajaa ei muistuteta siitä, että kiinteistölle pitää laatia huoltokirja, tehdä vuositarkastuksia, tarkastaa salaojia, jne.	Säädösvalmistelu. Rakennusviraston perustaminen arvioitava. ELY-keskuksiin rakennusalan asiantuntijoita tähän tehtävään.	OM, TEM, YM
Rakentamisprosessin keho sujuminen ja toimintojen ongelmat lisäävät merkittävästi kosteus- ja homevaurioiden syntymistä. Rakentamisen prosessin vastuut tulee selkiyttää, toiminnan ohjausta tehostaa ja selkiyttää.	Säädösvalmistelu Toimintojen kehittäminen käytännössä	YM
Pitkän tähtäimen kunnossapitosuunnitelmaa (PTS) on edellytettävä kaikilta rakennuksilta. Asunto-osakeyhtiöille velvollisuus laatia PTS:n laadimisesta tuli voimaan 2009.	Säädösvalmistelu	YM Toteutus: kiinteistöjen omistajat
Kiinteistöjen omistajille (kunnat, yritykset ja asunto-osakeyhtiöt) asetetaan velvoite varata tietty osa rakennuksen hankintahinnasta vuosittain kunnossapitokustannusten ennakointiin ja toiminnallisiin muutostöihin.	Säädösvalmistelu	YM Toteutus: kiinteistöjen omistajat
Homevauriokorjausten avustusten ohella kuntien ja valtion avustusten painopistettä tulee ohjata ennaltaehkäisevään kiinteistön kunnossapitoon, joka todennäköisesti vähentäisi kosteus- ja homevaurioiden syntymistä ja niistä koituvia ongelmia.	Ohjauksen tarkastus	Kunnat, AVIt VM STM:n ja OKM:n valtakunnallinen arviointiryhmä
Kosteusvaurioiden taustalla olevia tyypillisimpiä syitä ovat riskialtiit suunnitteluratkaisut, puutteet työmaan kosteudenhallinnassa, virheet työmaatoteutuksissa ja kunnossapidon laiminlyönnit sekä rakenteiden luonnollinen kuluminen tai vaurioituminen elinkaarensa päässä. Henkilöturvallisuuden vaarantaneet kattorakenteiden romahdukset johtivat suunnitelmien ennakkotarkastusvelvoitteeseen rakennuslupaa haettaessa. Tämä säädosmuutos saatiin aikaiseksi vuodessa ja on käytössä kaikissa vaativiksi luokitelluissa hankkeissa. Kosteudenhallinta on jokaisella työmaalla eteen tuleva, eniten kosteusvaurioihin johtava ongelma, joka saadaan hallintaan vastaavalla toimintamallilla.	Ennakkotarkastusvelvoite rakennuslupaa haettaessa vaativissa kohteissa kosteuden ja puhtauden ja sisäilmasto-olosuhteiden hallinnassa (vrt. rakennesuunnitelmien ennakkotarkastusvelvoite on jo käytössä). Vaativilla työmailla (työpaikat ja julkiset uudis- ja korjausrakennuskohteet) oltava kosteuden ja puhtauden hallinnasta vastaava, koulutettu työjohtaja	YM, STM
Kun kunnossapitoon osoitetut määrärahat ovat vuosia olleet alimitoitettuja, korjausvelka kasvaa ja ongelmat realisoituvat oireiluna ja terveyden menettämisinä. Valtion tukijärjestelmät eivät saa tukea korjausveloitetaan laiminlyöneitä ja peruskorjauksia toistuvasti siirtäneitä tahoja, vaan kannustaa rakennuksen elinkaaren oikea-aikaisiin korjaushankkeiden toteuttamiseen	Valtion korjaustuki ei saa "palkita" korjauksissa viivytelleitä ja niitä laiminlyöneitä tahoja. Tukijärjestelmien tulee kannustaa ongelmien välttämiseen rakennuksen elinkaaren oikeassa vaiheessa tehtävinä korjauksina.	YM, STM, VM
Terveysturvallisuuden asumisterveyttä koskevaa osuutta ollaan parhailaan muuttamassa. Samalla valmistellaan asumisterveysohjeen muuttamista STM:n asetukseksi. Tässä yhteydessä on työpaikkoja koskevaa ohjeistusta arvioitava erikseen. STM:n tulee asettaa asiaa valmisteleva asiantuntijaryhmä.	Työpaikkoja koskeva ohjeistus valmistellaan erillisenä ohjeena	STM
Terveyttä yhtenä olennaisena suunnitteluperusteena tulee korostaa nykyistä enemmän rakennuksen olennaisissa teknisissä suunnitteluperusteissa. Korjausrakentamisen ajoittamisessa tulee ottaa nykyistä tarkemmin huomioon rakenteiden ja rakennusmateriaalien tekninen vanheneminen. Korjaustapoja ja -menetelmiä sekä materiaaleja, joiden kestoiästä ei ole varmuutta tai joiden laadussa on havaittu suurta vaihtelua, on vältettävä.	Säädösvalmistelu	YM

Tavoite / Toimenpide	Keino	Vastuutahot
Talotekniikkajärjestelmien kuntoarvio tulee tehdä rakennuksen muun kuntoarvion yhteydessä. Ensimmäinen kuntoarvio tehdään viimeistään 5-10 vuoden kuluttua siitä, kun järjestelmä on asennettu. Kuntoarvion perusteella harkitaan tarkemman kuntotutkimuksen tekemistä. Putkistojen kuntotutkimus tulee tehdä viimeistään 15 vuoden kuluttua niiden asennuksesta. Talotekniikkajärjestelmät on uusittava viimeistään silloin, kun niiden tekninen käyttöikä on täyttynyt.	Talotekniikkajärjestelmien katsastus- ja tarkastus-toiminnan normiohjausta tarkistetaan.	YM
Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistukselle sekä puhdistuksen yhteydessä tehtävälle palonrajotimien ja kanavien tiiviyyden tarkastukselle asetetaan määräväylät (1 tai 5 vuotta).	Ilmanvaihtojärjestelmien puhdistusta koskeva asetus 802/2001 päivitetään ja otetaan uudelleen voimaan.	SM
Kunnille ja asunto-osaakeyhtiöille tulee laatia yhdenmukaiset toimintamallit sisäilmasto-ongelmien ratkaisemiseen ja niiden käyttöönottoa tulee nykyistä enemmän tukea.	Ohjeistus	STM, YM Toteuttajat: kiinteistöjen omistajat
Rakennuttajilla tulee olla edellytykset hankkeen toteuttamiseen ja hänen on käytettävä ammattitaitoista työvoimaa tämän toteuttamiseen. Vastuu on säilytetty rakennuttajalle, ei suunnittelijalle tai rakentajalle. Tilaaajan tulisi osata erittäin hyvin rakentamiseen liittyviä asioita saadakseen tilattua hyvän lopputuloksen. Pääsuunnittelijan ja rakennusurakoitsijoiden vastuuta lopputuloksesta pitää lisätä ja lain tulee ohjata siihen, että vastuuta siirtyy automaattisesti tilaajalta myös suunnittelun ja rakentamisen ammattilaisille. Maankäyttö- ja rakennuslain alaiset säädökset on hankkeeseen ryhtyvän ja osallistuvien osalta tarkistettava.	Säädösvalmistelu	YM
Kosteus- ja homevaurioiden korjausprosessin laatua pitää parantaa huolellisista kuntotutkimuksista korjaustyön valvontaan. Työn teettäjän osaamista korjaustyön vaikeudesta pitää lisätä, jotta hän hankkii parasta mahdollista apua	Säädösvalmistelu. Tilaaajan osaamisen kehittäminen.	YM, OKM

2. Kosteus- ja homeongelmien selvittäminen ja korjaus

Tavoite/Toimenpide	Keino	Vastuutahot
Perusterveydenhuollon ja kunnallisen terveysvalvonnan sekä työterveyshuollon ja työsuojeluviranomaisten yhteistyötä tulee tehostaa, että rakennusten kosteus- ja homevauriot tunnistetaan mahdollisimman nopeasti ja niissä oireilevien ihmisten oireiden tutkiminen tapahtuisi samanaikaisesti kuin rakennuksen tutkimukset.	Säädösvalmistelu, koulutus, ohjeistus ja neuvonta. Toimintamallien ja työkalujen kehittäminen	STM, AVIt Kunnat
Ammattitautien ja työperäisten sairauksien tutkimuskäytäntöjä on kehitettävä samalla kun saadaan uutta tietoa oireiden aiheuttajista ja sairauksien syntymekanismeista.	Uusien tutkimusmenetelmien käyttöönotto	STM, TTL, sairaalat, työterveyshuolto
Ei ammattitautia mutta sairaus ja työkyvyn alenema. Vakuutusjärjestelmän ja kuntoutuksen korvausjärjestelmää on kehitettävä, jotta väliinpuotoajat eivät kärsi kohtuuttomasti.	Säädösvalmistelu	STM, vakuutuslaitokset, työmarkkinajärjestöt
Kuntien sisäilmaryhmien toiminta tulee vakiinnuttaa, jotta ne pystyvät viipymättä käynnistämään toimet kosteus- ja homeongelmien ratkaisemiseksi erityisesti kouluissa, päiväkodeissa ja sosiaali- ja terveydenhuollon toimitiloissa.	Ohjeistus, neuvonta, koulutus. Toimintamallien jalkauttaminen kuntiin	STM, AVIt Kunnat
Kuntien viranomaisten ja toimipaikkojen (esim. koulut, päiväkodit, sosiaali- ja terveydenhuollon tilat) välistä yhteistyötä sisäilmaongelmien hallinnassa tulee tehostaa. Vastuulliset tahot (terveysvalvonta, kouluterveydenhuolto, työterveys, työsuojelu, kuntien kiinteistötoimi) tulee saada toimimaan kiinteämmin toistensa kanssa. Viestintää eri tahojen välillä tulee kehittää.	Informaatio-ohjaus	STM, AVIt Kunnat
Aluehallintoon on esitetty perustettavaksi kuntien sisäilma-asioita ohjaavan ja neuvovan erityisasiantuntijan toimia, joiden tehtävänä on tukea kuntia vaikeissa sisäilma-asioissa, kouluttaa ja kehittää kuntien toimintatapoja sekä välittää tietoa hyvistä toimintatavoista ja työkaluista sisäilma-asioiden hallitsemiseksi. Yhdenmukaisten toimintamallien luominen edellyttää alueellisten rekisterien laatimista pätevistä sisäilma-asiantuntijoista, sisäilmastokorjausten suunnitteluun ja projektin johtoon erikoistuneista pätevistä asiantuntijoista ja sisäilmastokorjauksiin erikoistuneista urakoitsijoista.	Toimien perustaminen Rekisterin luominen	AVIt
Jos sisäilmasto-ongelmien selvitys- ja ratkaisuprosessia ei hallita, koska osa syistä jää löytämättä tai korjaamatta. Terveysta vaarantavat sisäilma-ongelmat ovat yleensä usean tekijän aiheuttamia ja kosteusvauriot ovat vain yksi osasy moniulotteisessa kokonaisuudessa. Riittämättömien esiselvityksin ja alimitoitellulla budjetilla toteutetut korjaukset ovat yleisin syy julkisten sisäilmaongelmaisten rakennusten korjausten epäonnistumiseen.	Julkisten sisäilmasto-ongelmaisten rakennusten elinkaariohjaukseen ja korjaussuunnittelun avustamiseen tarvitaan erikoistunut toimijataho, jolla olisi riittävän monialainen osamispääoma tukea julkisten toimijoiden korjaushankkeita. Julkisen rahoituksen saaminen korjaushankkeeseen edellyttää em. toimijatahon konsultointia.	YM

Tavoite/Toimenpide	Keino	Vastuutahot
Sisäilmasto-ongelmien selvitys- ja ratkaisuprosesseihin on yleisesti saatavilla jo runsaasti ohjeita ja työkaluja. Toimenpidetarve onkin tällä hetkellä koulutus- ja konsultointituen järjestäminen kuntiin ja asunto-osakeyhtiöille.	Konsultointituki kuntiin ja asunto-osakeyhtiöille	Asiantuntijapalvelujen tuottajat
Valtakunnallisia hyviä käytäntöjä tulee kehittää, ottaa käyttöön ja päivittää kosteusvauriorakennusten ja oireilevien ihmisten tutkimiseksi.	Valtakunnallisten suositusten laatiminen ja päivittäminen.	TTL ja THL, yliopistot, AMK:t, STM, YM

3. Asiantuntijoiden ja muiden toimijoiden osaamisen kehittäminen

Tavoite	Toimenpide / keino	Vastuutahot
Kosteus- ja homevaurioiden tutkiminen edellyttää moniammatillista osaamista ja vankkaa asiantuntemusta. Kiinteistön omistajilla on oikeus edellyttää riittävää ammattitaitoa kosteus- ja homevaurioita tutkivilta henkilöiltä. Kosteus- ja homevaurioasiantuntijoiden (konsulttien), rakennusten kuntotutkijoiden ja korjaussuunnittelijoiden pätevöittävän koulutuksen suunnitelma tulee laatia pikaisesti ja opetus käynnistää mahdollisimman pikaisesti.	Säädösvalmistelu	YM, STM
Perusterveydenhuollon ja työterveyshuollon lääkäreiden ja hoitajien ammatillista osaamista tulee kehittää tuottamalla riittävän monipuolinen koulutuskokonaisuus lääketieteen ja hoitoalan perusopetukseen, jatko- ja täydennyskoulutukseen.	Koulutusmateriaalit, toimintamallit, työkalut	THL, TTL ja yliopistot
Rakentamisessa tärkeitä laatutekijöitä ovat rakentajien ammattitaito, asenne ja työn valvonta. Käsitkset rakentamisesta sekä suunnittelu- ja toteutusprosesseista tulee uudistaa. Tämä vaatii myös rakennusalan koulutuksen uudistamista.	Ohjeistus Koulutuksen uudistaminen	YM Oppilaitokset (AMK, ammattikoulu)
Opastusta sisäilmasto-ongelmien hallinnasta tulee kohdentaa kiinteistöjen omistajiin lisätä heidän tilaajaosaamistaan.	Kiinteistöalan koulutuksen kehittäminen	Kiinteistöalan kouluttajat, Kiinteistöliitto, RAKLI
Sisäilman laadun ja rakennusteknistä tutkimista kosteusvaurioituneissa rakennuksissa on edelleen kehitettävä. Käytössä on oltava luotettavat ja validoidut menetelmät, joiden tulosten tulkinta ja johtopäätökset ovat tärkein osa tutkimusta. Tutkimuskäytäntöjä on kehitettävä, palveluja tarjoavien osaamista ja laatua tulee valvoa. Tutkijoilta tulee edellyttää pätevyyttä, joka on tarvittaessa osoitettavissa ja sen ajantasaisuutta on seurattava	Laadun ja asiantuntijoiden pätevyyden varmistamisen suunnitelman laatiminen	YM, STM, OKM

4. Kosteus- ja homevaurioihin liittyvä tutkimus ja seuranta

Tavoite	Toimenpide / keino	Vastuutahot
Rakentamisprosessin keho sujuminen ja toimintojen ongelmat edistävät merkittävästi kosteus- ja homevaurioiden muodostumista	Prosessien analyysi, tutkimus ja kehittäminen	Yliopistot, tutkimuslaitokset
Vieläkään ei tiedetä, mikä tai mitkä tekijät aiheuttavat kosteus- ja homevauriorakennuksissa oireita ja sairastumisen. Tutkimusta tulee jatkaa tämän selvittämiseksi ja tutkimus on jatkossa suunnattava ihmisen elinvassteiden tutkimiseen, sillä vain sitä kautta pystytään sairaudet määrittämään ja kehittämään niiden toteamista ja hoitamista.	Tutkimushankkeet	TTL, THL, yliopistot
Korjausrakentamisen kustannuksista rakennustyyppittäin on niukasti tietoa, jopa ristiriitaista tietoa, mikä vaikeuttaa mm. kuntien korjausrakentamisen kustannusseurantaa ja rahoitusta. Korjausrakentamisen tilastointitase ei vastaa korjausrakentamisen kansantaloudellista merkitystä (vertaa uudisrakentaminen) ja se tulee saattaa asianmukaiselle tasolle.	Tutkimus- ja kehittämishankkeet Tilastoinnin kehittäminen	Yliopistot ja korkeakoulu Tilastokeskus
Poikkeavan herkästi kosteus- ja homevaurioista oireilevien työ- ja toimintakykyä tulee pystyä tukemaan nykyistä paremmin. Tavoitteena on lisätä ymmärrystä tästä ilmiöstä ja siihen liittyvistä erityispiirteistä.	Tutkimushankkeet	TTL, THL, yliopistot, yliopistosairaalat, erikoisklinikat, kuntoutusasiantuntijat KELA, vakuutusyhtiöt
Kosteus- ja homevauriorakennuksissa oireilevien ihmisten sairauksien tutkimusmenetelmiä tulee kehittää niin, että ne nykyistä luotettavammoin ja nopeammin varmistavat oireiden aiheuttajat ja edistävät oikeiden ratkaisujen tekemistä.	Tutkimus- ja kehittämishankkeet	TTL, THL, yliopistot, yliopistosairaalat
Terveellisen rakentamisen ja suunnittelun toimintatapojen, oikeiden materiaalien valinnan ja tilojen ennakoivan kunnossapidon hyvien käytäntöjen tutkimus- ja kehittämishankkeita tarvitaan kosteusvaurioiden estämiseksi.	Tutkimushankkeiden käynnistäminen. Rahoituksen varmistaminen hankkeille	YM, STM, TEM/TEKES, SUOMEN AKATEMIA, EU

6 Kirjallisuus

- Aikivuori A. 2001. Terveen rakennuksen evoluutio. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Espoo: VTT Valtion teollinen tutkimuskeskus.
- Airaksinen M. Moisture and fungal spore transport in outdoor air-ventilated crawl spaces in a cold climate. Helsinki University of Technology. Department of Mechanical Engineering. Laboratory of Heating, Ventilating and Air Conditioning. Report A7. Espoo 2003.
- Aittomäki A (toim.), Alijoki T, Eerikäinen J, Hakala P, Kaappola E, Lahdenperä H, Rauno O, Seinelä A. Kymälätekniikka. Helsinki 1992.
- Ala-Outinen T et al. Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön. VTT tiedotteita 2227. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 2004
- Andersen, B., et al., Associations between fungal species and water-damaged building materials. *Appl Environ Microbiol*, 2011. 77(12): p. 4180-8.
- Andersson, M.A., et al., Bacteria, molds, and toxins in water-damaged building materials. *Appl Environ Microbiol*, 1997. 63(2): p. 387-93.
- Andrae, S., et al., Symptoms of bronchial hyperreactivity and asthma in relation to environmental factors. *Arch Dis Child*, 1988. 63(5): p. 473-8.
- Asikainen V, Peltola S (toim.). Sisäongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Opetushallitus. Vammalan kirjapaino Oy. Vammala 2008.
- Asikainen V. Puhallinkonvektoreiden hygienia. Tekesin CUBE Talotekniikkateknologiaohjelma. Ilmanvaihdon modernit parannus- ja korjausratkaisut (MIV) -tutkimusprojekti. Kuopion yliopisto. Kuopio 2006.
- Björkholtz Dick. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. 3. painos. Rakennustieto Oy. 2010
- Bloom ym., 2007. Mass-spectrometry-based strategy for direct detection and quantification of some mycotoxins produced by *Stachybotrys atra* and *aspergillus* spp. in indoor environments. *Appl. Environ. Microbiol.*, 73: 4211-4217.
- Bornehag, C.G., ym. Dampness in buildings and health. Nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations between exposure to “dampness” in buildings and health effects (NORDDAMP). *Indoor Air*, 2001. 11(2): p. 72-86.
- Bornehag CG, Blomquist G, Gynteleberg F, Järholm B, Malmberg P, Nordvall L, Nielsen A, Pershagen G, Sundell J. Dampness in buildings and health. *Indoor Air* 11:72-86.

Bornehag G-C., Blomquist G., Gyntelberg F., Järholm B., Malmberg P., Nordvall L., Nielsen A., Pershagen G., Sundell J. 2001. Dampness in Buildings and Health. Nordic Interdisciplinary Review of the Scientific Evidence on Associations between Exposure to “Dampness” in Buildings and Health Effects (NORDDAMP). *Indoor Air* 2001.

Bornehag G-C., Sundell J., Hagerhed-Engman L., Sigsgard T., Janson S., Aberg N., DBH Study Group. 2005. Dampness' at home and its association with airway, nose, and skin symptoms among 10,851 preschool children in Sweden: a cross-sectional study. *Indoor Air* Volyme 15 (suppl. s10) August 2005, 48-55.

Brasel ym., 2005. Detection of airborne *Stachybotrys chartarum* macrocyclic trichothecenes in the indoor environment. *Appl. Environ. Microbiol.* 72: 7376-7388.

Chew GL, Douwes J, Doekes G, Higgins KM, van Strien R, Spithoven J, Brunekreef B, Fungal extracellular polysaccharides, β (1-3)-glucans and culturable fungi in repeated sampling of house dust. *Indoor Air* 2001;11:171-8.

Cox T, Ferguson E: Measurement of the subjective work environment. *Work & Stress* 8 (1994): 2, 98–109.

Cramer ym., 1978. Estimation of toxic hazard - A decision tree approach. *Food Cosmet. Toxicol.* 16: 255-276.

Cruz Perez P, Henry JL, Klima-Comba AK ja Stetzenbach LD (2002): Air and surface sampling measurements of fungal contaminants in indoor environments. In *Indoor Air 2002: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 1*, H Levin, ed., Indoor Air 2002, Santa Cruz, California, 2002, pp. 420-424.

EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. Euroopan unionin virallinen lehti. 18.6.2010. <http://eur-ex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF> (8.6.2012).

Finanssialan Keskusliitto. Vuotovahinkoselvitys 2007–2008. Helsinki 2009. http://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Dokumentit/FK_Vuotovahinkoselvitys_2008.pdf (1.5.2012).

Finlex. Laki rakennuksen ilmastointijärjestelmän kylmälaitteiden energiatehokkuuden tarkastamisesta annetun lain 1 ja 5 §:n muuttamisesta. Julkaistu Helsingissä 15.2.2011.

Finlex. Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta. Annettu Helsingissä 18.6.2009.

Finnegan MJ, Pickering CA, Burge PS. The sick building syndrome: prevalence studies. *British Medical Journal* (Clinical research ed.). Vol. 289 (6458), pp. 1573–1575.

Fisk WJ, Lei-Gomez Q, Mendell MJ. *Indoor Air* 2007: 17, 284-296.

Gravesen S., Nielsen P., Nilesen K. 1999. Microfungal contamination of damp buildings- examples of risk constructions and risk materials. *Environ health perspect.* 1999 June; 107 (suppl. 3) 505-508. Tulostettu 23.7.2012. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1566214/?page=1>.

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

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

Halla-Aho J. 2005. Asuntojen kosteusvauriokuntoarviot Itäsuomalaisten lasten kodeissa 1996–2000. Kuopion yliopisto koulutus- ja kehittämiskeskus. Tutkimuksia ja selvityksiä 10/2005.

Halonen R, Kokkoti H, Kujanpää L, Keskikuru T, Reiman M: The capability of a needle heat exchanger to prevent moisture and microbial damage of the fine filter. In *Healthy Buildings 2003: Proceedings of ISIAQ 7th International Conference*. Vol 2, TK Wai, C Sekhar, D Cheong, eds. *Healthy Buildings 2003*, Singapore, 2003, pp. 376-81.

Hardin ym., 2009. The concentration of no toxicological concern (CoNTC) and airborne mycotoxins. *J. Toxicol. Environ. Health*, 72: 585-598.

Haverinen U. Modeling moisture damage observations and their association with health symptoms Väitöskirja. Kuopio: University of Tampere; 2002.

Haverinen-Shaughnessy U. 2009. Rakennusfysiikka 2009. Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut 27.–29.10.2009, Tampere. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto rakennustekniikan osasto.

Haverinen-Shaughnessy U., Borrás-Santos A., Turunen M., Zock J.-P., Jacobs J., Krop E.J.M., Casas L., Shaughnessy R., Täubel M., Heederik D., Hyvärinen A., Pekkanen J., Nevalainen A., the HITEA study group. 2012. Occurrence of moisture problems in schools in three countries from different climatic regions of Europe based on questionnaires and building inspections - the HITEA study. Viitattu 25.3.2012. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0668.2012.00780.x/pdf>.

Hekkanen M. Kosteus- ja homeongelmien havaitseminen, korjaus ja ehkäisy kuntien rakennuksissa. Kuntaliitto 2006.

Helenius T, Seppänen O, Jokiranta K. Kiinteistön vesi- viemärlaitteiston kuntotutkimusohje. Teknillinen korkeakoulu. LVI-tekniikan laboratorio. Suomen LVI-Liitto ry. Julkaisu 7. Helsinki 1998.

Hellgren U, Palomäki E, Lahtinen M, Riuttala H, Reijula K. Complaints and symptoms among hospital staff in relation to indoor air and the condition and need for repairs in hospital buildings. *SJWEH Suppl* 2008;(4):58-63.

Hellgren, U.M., et al., Low tumor necrosis factor alpha levels and neutrophil counts in nasal lavage after mold exposure. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2009. 102(3): p. 210-5.

Hiltunen E, Linko L, Hemminki S, Hägg M, Järvenpää E, Saarinen P, et al. Laadukkaan mittaamisen perusteet. Espoo: MIKES 2011.

Hirvonen, M.R., et al., Nitric oxide and proinflammatory cytokines in nasal lavage fluid associated with symptoms and exposure to moldy building microbes. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999. 160(6): p. 1943-6.

- Hossain, M.A., M.S. Ahmed, and M.A. Ghannoum. Attributes of *Stachybotrys chartarum* and its association with human disease. *J Allergy Clin Immunol*, 2004. 113(2): p. 200-8; quiz 209.
- Huttunen, K., et al., Synergistic interaction in simultaneous exposure to *Streptomyces californicus* and *Stachybotrys chartarum*. *Environ Health Perspect*, 2004. 112(6): p. 659-65.
- Hyvärinen A, Meklin T, Vepsäläinen A, Rautiala S ja Nevalainen A : Mikrobiston diversiteetti vaurioituneissa rakennusmateriaaleissa. Sisäilmastoseminaari 2001. SIY Raportti 2001.15: 65-70.
- Iavicoli ym., 2002. External and internal dose in subjects occupationally exposed to ochratoxin A. *Int. Arc. Occup. Environ. Health*. 75: 381-386.
- Ikäheimo P. Suomalaisen aikuisen astma - kysely- ja rekisteritutkimus vuonna 2000. Väitöskirja. Oulun yliopisto 2008.
- Ilmatieteenlaitos. Ilmasto-opas. <http://ilmasto-opas.fi/fi/> (22.5.2012).
- IOM, Damp Indoor Spaces and Health. 2004: The National Academies Press, Washington, D.C., 2004.
- Islam, Z., et al., Neurotoxicity and inflammation in the nasal airways of mice exposed to the macrocyclic trichothecene mycotoxin roridin a: kinetics and potentiation by bacterial lipopolysaccharide coexposure. *Toxicol Sci*, 2007. 98(2): p. 526-41.
- Jaakkola J. 1994, Jaakkola N., Loukiala P. ym.. Päivähoitoympäristö ja terveys. Loppuraportti B37. Kansanterveystieteen laitos ja Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio Espoo.
- Jaakkola JJK, Miettinen P. Type of Ventilation System in Office Buildings and Sick Building Syndrome. *American Journal of Epidemiology*. Vol. 141 (8), pp. 755–765.
- Johanning, E., et al., Health and immunology study following exposure to toxigenic fungi (*Stachybotrys chartarum*) in a water-damaged office environment. *Int Arch Occup Environ Health*, 1996. 68(4): p. 207-18.
- Jokiranta K., Palonen J., Kauriinvaaha E., Kettunen A.-V., Viljanen M. & Hildén S., 1999. Sisäilmasto- ja kosteustekninen kuntotutkimus kouluille ja päiväkodeille. Sisäilmayhdistys raportti 12. Espoo: SIY Sisäilmatieto Oy.
- Jokisalo J. Rakennusten energiatehokkuus muuttuvassa ilmastossa. Energiatehokkuudesta liiketoimintaa esitykset verkossa. FRAME-hankkeen loppuseminaari. Helsinki 22.5.2012. <http://tori.tekes.fi/networks/news/news.41585> (28.5.2012).
- Jussila, J., et al., Inflammatory responses in mice after intratracheal instillation of spores of *Streptomyces californicus* isolated from indoor air of a moldy building. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2001. 171(1): p. 61-9.
- Jylhä K. Ilmastotiedot - mittaus ja skenaariot. Energiatehokkuudesta liiketoimintaa esitykset verkossa. FRAME-hankkeen loppuseminaari. Helsinki 22.5.2012. <http://tori.tekes.fi/networks/news/news.41585> (28.5.2012).

Järnström H. 2005. Muovimattopinnoitteisen lattiarakenteen VOCemissiot sisäilmaongelmatapauksissa. VTT Publications 571. Helsinki: VTT rakennus- ja yhdyskintatekniikka.

Järnström H. 2008. Reference values for building material emissions and indoor air quality in residential buildings. VTT Publications 672. Helsinki: VTT.

Järvi K., Täubel M., Komulainen H., Pekkanen J., Nevalainen A., Hyvärinen A., 2012. MiToksIn- Mikrobitoksiinit sisätiloissa. SIY Raportti 30. Jyväskylä: Sisäilmätieto Oy.

Kero P. 2011. Kosteus- ja homevauriokorjausprosessin arviointi kuntien kiinteistöissä. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Diplomityö.

Kankkunen, P., et al., Trichothecene mycotoxins activate inflammatory response in human macrophages. *J Immunol*, 2009. 182(10): p. 6418-25.

Kankkunen, P., et al., (1,3)-beta-glucans activate both dectin-1 and NLRP3 inflammasome in human macrophages. *J Immunol*, 2010. 184(11): p. 6335-42.

Karvala K, Toskala E, Luukkonen R, Uitti J, Lappalainen S, Nordman H.. New-onset adult asthma in relation to damp and moldy workplaces. *Int Arch Occup Environ Health* 2010;83:855-65.

Koivisto J. Husman T., Tolvanen R., Meklin T., Partanen P., Nevalainen A., Henttinen I. 1995. Pientalojen kosteusvauriot Varkaudessa. Loppuraportti 11.4.1995. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B7/1995.

Koivisto J. Jääskeläinen E., Nevalainen A., Husman T. Meklin T., Vahteristo M., Heiskala M., Forss P., Turpeinen J., Röning-Jokinen I. 1996. Asuinkerrostalojen kosteusvauriot- yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B9/1996.

Kokotti H, Halonen R, Kujanpää L, Tarhanen J, Korhonen E, Lavonen P, Linnainmaa M, Honkanen J, Reiman M: Effect of cleaning on symptoms and perceived IAQ in an office building. In *Healthy Buildings 2003: Proceedings of ISIAQ 7th International Conference*. Vol 3, TK Wai, C Sekhar, D Cheong, eds. *Healthy Buildings 2003*, Singapore, 2003, pp. 299-04.

Kokotti H, Kujanpää L, Halonen R, Keskikuru T, Reiman M.: Operation time of the ventilation system as a cause of microbial contamination of the infiltration filter. In *Indoor Air 2002: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 1, H Levin, ed., *Indoor Air 2002*, Santa Cruz, California, 2002, pp. 350-355.

Kokotti H, Halonen R, Kujanpää L, Korhonen E, Keskikuru T, Reiman M: Effectiveness of cleaning methods after repair work of moisture damaged building. In *Indoor Air 2002: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 1, H Levin, ed., *Indoor Air 2002*, Santa Cruz, California, 2002, pp. 755-760.

Korkala T, Laksola J. Ilmastointi. Hoito ja huolto. Kiinteistöalan Kustannus Oy - Rep ltd. AS Printall 2009.

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

Korpi A., Järnberg J., Pasanen A.-L. 2006. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals: 138. Microbial volatile organic compounds (MVOCs). Arbetslivsinstitutet. Arbete och Hälsa.

Kovanen K., Heimonen I., Laamanen J., Riala R., Harju R., Tuovila H., Kämppi R., Sääntti J., Tuomi T., Salo S.-P., Voutilainen R., Tossavainen A. 2006. Ilmanvaihtolaitteiden hiukkaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus. (Particle Emission from HVAC-components. Exposure, Measurement, and Product testing. VTT-tiedotteita- Research notes 2360. Espoo: VTT.

KSE 2012. Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot, ehdotus. <http://www.skolry.fi/easydata/customers/skolry/files/ajankohtaista/KSE020412uusi.pdf>

Kujanpää LA, Reiman MH, Kujanpää RT: Potential toxin producers in material, air and surface samples. In Indoor Air 2005: Proceedings of the 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Y Xudong, Z Bin, Z Rongyi, eds. Indoor Air 2005, Beijing, 2005, pp. 2467-71.

Kujanpää L, Reiman M, Kujanpää R: Building related microbes before and after the repair of moisture damage. In Healthy Buildings 2003: Proceedings of ISIAQ 7th International Conference. Vol 1, TK Wai, C Sekhar, D Cheong, eds. Healthy Buildings 2003, Singapore, 2003, pp. 590-4.

Kujanpää L, Reiman M, Kujanpää R: Mold damages caused by water used in cleaning - microbiological aspects. In Indoor Air 2002: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 1, H Levin, ed., Indoor Air 2002, Santa Cruz, California, 2002, pp. 773-777.

Kuntaliitto. Hulevesiopas. 2012. http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyy/tekntoimi/hulevesien_hallinta/Documents/Hulevesiopas%2016711.pdf (24.5.2012).

Kurnitski J. Humidity control in outdoor-air-ventilated crawl spaces in cold climate by means of ventilation, group covers and dehumidification. Helsinki University of Technology. Department of Mechanical Engineering. Laboratory of Heating, Ventilating and Air Conditioning. Report A3. Espoo 2000.

Kurnitski J., Palonen J., Engberg S., Ruotsalainen R. 1996. Koulujen sisäilmasto- rehtorikysely ja sisäilmastomittaukset. Teknillinen korkeakouluB34, Espoo.

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

Lahtinen M. Psykologinen näkökulma työpaikkojen sisäilmasto-ongelmiin: psykososiaalinen työympäristö ja organisaation ongelmanratkaisutaidot ongelmanvyyhden osatekijöinä. Helsinki: Työterveyslaitos, Työ ja ihminen -Tutkimusraportti 25; 2004a. (88s. + liitt.)

Lahtinen M, Lappalainen S, Reijula K. Sisäilman hyväksi, toimintamalli vaikeiden sisäilmaongelmien ratkaisuun.: Työterveyslaitos; 2008.

- Lahtinen M, Sundman-Digert C, Reijula K. Psychosocial work environment and indoor air problems: a questionnaire as a means of problem diagnosis. *Occup Environ Med* 2004b;61:143-9.
- Lahtinen M., Salonen H., Lappalainen S., Huttunen J., Reijula K. 2009. Renovation of a "sick building": The Challenge of Attaining the Confidence of Occupants. *American Journal of Industrial Medicine* 52: 438-445.
- Lappalainen S., Lahtinen M., Hapuoja P., Mannerkorpi A., Wallenius P., Mentunen J., Ruokojoki J., Saari J., Torpström A., Hildén S., Vähämäki K., Vuorinen M., Niemelä R., Palomäki E., Kähkönen E., Reijula K. Sisäympäristöongelmien ratkaiseminen kuntien rakennuksissa -ohje toimintatavoista sisäympäristöongelmia hoitaville ryhmille ja henkilöille. 2010a. Kuntaliiton verkkojulkaisu. Helsinki: Kuntaliitto.
- Lappalainen S., Lahtinen M., Hynynen P., Palomäki E., Holopainen R., Hellgren U-M., Kähkönen E., Niemelä R., Rosendahl T., Salmi K., Reijula K. 2010b. Kuntien hyvät toimintatavat sisäympäristöongelmissa ja rakennusten korjausten priorisointi. Loppuraportti Työsuojelurahastolle. Helsinki: Työterveyslaitos.
- Lappalainen S, Lahtinen M, Palomäki E, Holopainen R, Niemelä R, Korhonen P, et al. Laadukas sisäympäristö saavutetaan hallitsemalla kokonaisuutta. Sisäilmastoseminaari 2009. 2009;SI Raportti 27(Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikka):37-42.
- Lappalainen S, Kähkönen E, Loikkanen P, Palomäki E, Lindroos O, Reijula K. 2001. Evaluation of priorities for repairing in moisture-damaged school buildings in Finland. *Building and Environment* 36. 981-86.
- Lehtinen E, Nippala E, Jaakkonen L, Nuutila H. Asuinrakennukset vuoteen 2025 Uudistuotannon ja peruserantamisen tarve. VTT rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 2005.
- Lehtonen A. Enro -Energiaa rossista. Mittausdatan analysointi. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Joulukuu 2011.
- Lehtonen M, Reponen T, Nevalainen A. Everyday activities and variation of fungal spore concentrations in indoor air. *Int Biodet Biodeg.* 1993.31.25-39.
- Leino, M., et al., Intranasal exposure to a damp building mould, *Stachybotrys chartarum*, induces lung inflammation in mice by satratoxin-independent mechanisms. *Clin Exp Allergy*, 2003. 33(11): p. 1603-10.
- Leino, M.S., et al., Intranasal exposure to *Stachybotrys chartarum* enhances airway inflammation in allergic mice. *Am J Respir Crit Care Med*, 2006. 173(5): p. 512-8.
- Leivo V (toimittanut). Opas kosteusongelmiin - Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Talonrakennustekniikka. Julkaisu 95. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 1998.
- Lignell U, Meklin T, Rintala H, Hyvärinen A, Vepsäläinen A, Pekkanen J, Nevalainen A. Evaluation of quantitative PCR and culture methods for detection of house dust fungi and streptomycetes in relation to moisture damage of the house. *Lett Appl Microbiol.* 2008. 47(4):303-8.
- Lindberg R. Kokonaisuus energiatehokkuudessa. Energiatehokkuudesta liiketoimintaa esitykset verkossa. FRAME-hankkeen loppuseminaari. Helsinki 22.5.2012. <http://tori.tekes.fi/networks/news/news.41585> (28.5.2012).

Lundgren B., Jonnson B., Ek-Olausson B. 1999. *Indoor Air* 1999; 9: 202–208.

LVI 01-10278. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio. Tilaajan ohje. Julkaistu myös KH 90-00245 ja RT 18-10671 kortteina. Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto 1998.

LVI 01-10424. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot. Julkaistu myös KH 90-00403 korttina. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-Keskusliitto 2008.

LVI 01-10481. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Tilaajan ohje. Julkaistu myös KH 90-00489 ja RT 18-11059 kortteina. Rakennustietosäätiö RTS 2012.

Meklin T, Putus T, Hyvärinen A, Haverinen-Shaughnessy U ym. Koulurakennusten kosteus- ja homevauriot. Opas ongelmien selvittämiseen. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja 9/2007.

Mendell, M.J., et al., Respiratory and allergic health effects of dampness, mold, and dampness-related agents: a review of the epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect*, 2011. 119(6): p. 748-56.

Merkelin-Rantala L, Rautiainen L. Asuinrakennuksen viemäri- ja käyttövesiputkistojen pinnoitusmenetelmät - esiselvitys. Raportti nro VTT-S-05086-08. 10.1.2008. <http://www.taloyhtio.net/attachements/2008-02-26T10-40-1731.pdf> (30.5.2012).

Metiäinen P. 2009. Oirekyselyt asuntojen PVC-muovimatoilla päällystettyjen betonilattioiden sisäilmahaittojen ratkaisijana. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 9/2009. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus.

Motiva. Lämpöpumput. 2011. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/lampopumput (31.5.2012).

Motiva. Pientalon lämmitysjärjestelmät. 2009. http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf (13.6.2012).

Motiva. Vedenkulutus. 2012. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus (28.5.2012).

Mudarra D, Fisk WJ. Public health and economic impact of dampness and mold. *Indoor Air* 2007; 17: 3: 226-35.

Netea, M.G., et al., Recognition of fungal pathogens by Toll-like receptors. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*, 2004. 23(9): p. 672-6.

Nevalainen A., Partanen P. 1995. *Kansanterveys-lehti* 6/1995. Viitattu 20.8.2012. http://www.ktl.fi/portal/suomi/julkaisut/kansanterveyslehti/lehdet_1995/6_1995/pientaloissa_hammastyttavan_paljon_kosteusvaurioita/

Nielsen, K.F., et al., Metabolite profiles of *Stachybotrys* isolates from water-damaged buildings and their induction of inflammatory mediators and cytotoxicity in macrophages. *Mycopathologia*, 2002. 154(4): p. 201-5.

Nippala E, Vainio T, Nuutila H. Rakennustyyppikohtainen peruskorjaustarpeen arviointi kuntien rakennuksissa. Kuntaliitto 2006

Nordby ym., 2004. Trichothecene mycotoxins and their determinants in settled dust related to grain production. *Ann. Agric. Environ. Med.*, 11: 75-83.

Nordman H, Mussalo-Rauhamaa H, Majvikin suosituksesta ohjeita kosteusvaurio-ongelmien selvittelyyn 1998: 18-19: 2147-2149.

Nordman H, Uitti J. Majvik II -suosituksesta ohjeita kosteusvaurioiden selvittelyyn 2007: 7: 653-654.

Pailokari H. Asunto-osaakeyhtiömuotoisen asuinkerrostalon strategiapohjainen putkisaneeraushankkeen valmistelu ja esisuunnittelu. Tutkintotyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Kiinteistönpitotekniikka. Helsinki 2007.

Park JH, Cox-Ganser J, Rao C, Kreiss K. Fungal and endotoxin measurements in dust associated with respiratory symptoms in a water-damaged office buildings. *Indoor Air* 2006.16:192-203.

Park JH, Cox-Ganser JM. Mold exposure and respiratory health in damp indoor environments. *Front Biosci.* 2011. 1;3:757-71.

Partanen P, Jääskeläinen E., Nevalainen A., Husman T., Hyvärinen A., Korhinen L., Meklin T., Miller K., Forss P., Saajo J., Röning-Jokinen I., Nousiainen M., Tolvanen R., Henttinen I. 1995. Pientalojen kosteusvauriot-yleisyyden ja korjauskustannusten selvittäminen. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B6/1995. Kuopio: Kansanterveyslaitos ympäristöbiologian osasto.

Pasanen AL. A Review: Fungal exposure assessment in indoor environments. *Indoor Air* 2001. 11:878-98.

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

Pekkarinen-Kanerva P. Energiatohokkuus rakennusvalvonnan näkökulmasta. Helsingin Rakennusvalvontavirasto. Esityskalvot 1.2.2010. Helsinki 2010. <http://www.teeparannus.fi/attachements/2010-02-16T14-38-0613206.pdf> (26.6.2012).

Pekkinen J. Putkistojen pinnoitus vaihtoehtona perinteiselle saneeraukselle. Insinööri. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Espoo 2011.

Pekkola V. & Metiäinen P. 2011. Kehitysehdotuksia kuntien julkisten rakennusten sisäilmaongelmien vähentämiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi. Loppuraportti 30.12.2011. Kosteus- ja hometalkoot.

Penttinen, P., et al., Co-cultivation of *Streptomyces californicus* and *Stachybotrys chartarum* stimulates the production of cytostatic compound(s) with immunotoxic properties. *Toxicol Appl Pharmacol*, 2006. 217(3): p. 342-51.

Perkiö-Mäkelä M., Hirvonen M., Elo A.-L., Ervasti J., Huuhtanen p., Kandolin I., Kauppinen K., Kauppinen T., Ketola R., Lindström K., Manninen P., Mikkola J., Reujula K., Riala R., Salminen S., Toivanen M., Viluksela M. 2006. Työ ja terveys- haastattelututkimus 2006, Taulukkoraportti. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Perkiö-Mäkelä M., Hirvonen M., Elo A.-L., Kandolin I., Kauppinen K., Kauppinen T., Ketola R., Leino T., Manninen P., Miettinen S., Reujula K., Salminen S., Toivanen M., Tuomivaara s., Vartiala M., Venäläinen s., Viluksela M. 2010. Työ ja terveys- haastattelututkimus 2009. Helsinki: Työterveyslaitos.

Pelastuslaki 29.4.2011/379. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>.

Pellinen L. Ilmavuodon vaikutus vaipparakenteiden lämpö- ja kosteusolosuhteisiin. Saimaan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö 2011. Tekniikka Lappeenranta. Rakennustekniikka. Rakennesuunnittelu. Lappeenranta 2011.

Pelto-Huikko A, Kaunisto T. Vesijohtojen saneerauspinnoitus. Vesi-Instituutti WANDER. Vesi-Instituutin raportteja 4. 16.2.2012. Rauma 2012.

Peltola S. (toimittanut) Sisäilmaongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Osa 2. Opetushallitus 2008.

Pestka, J.J., et al., Stachybotrys chartarum, trichothecene mycotoxins, and damp building-related illness: new insights into a public health enigma. *Toxicol Sci*, 2008. 104(1): p. 4-26.

Pesonen R., Karnaattu R. 2012. Piilevien kosteusvaurioiden aiheuttamat terveyshaitat- Selvittäminen terveydensuojelulain mukaisilla asunnontarkastuksilla. Kuopio: Itä-Suomen yliopisto, Koulutus- ja kehittämisspalvelu Aducate.

Pietarinen VM, Rintala H, Hyvärinen A, Lignell U, Kärkkäinen P, Nevalainen A: Quantitative PCR analysis of fungi and bacteria in building materials and comparison to culture-based analysis. *J Environ Monit*. 2008. 10:655-63.

Pietiläinen J, Kauppinen T, Kovanen K, Nykänen V, Nyman M, Paiho S, Peltonen J, Pihala H, Kalema T, Keränen H. ToVa-käsikirja. Rakennuksen toimivuuden varmistaminen energiankäytön ja sisäilmaston kannalta. VTT Tiedotteita 2413. Espoo 2007. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2413.pdf>

Piironen J. Hirsirakenteisten kesämökkien kuivanapitolämmitys. Puupäivät 11.11.2010. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puupaiva-2010-seminariaineisto/hirsirakenteisten-kesamokkien-kuivanapitolammitys-piironen-jarkko.pdf> (13.6.2012).

Pirhonen I., Nevalainen A., Husman T., Pekkanen J. 1996. Home dampness, moulds and their influence on respiratory infections and symptoms in adults in Finland. *European Respiratory Journal* 1996, 9, 2618–2622.

Pirinen J. Pientalojen mikrobivauriot. Lähtökohtana asukkaiden kokemat terveyshaitat. Väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere 2006. Hengitysliiton julkaisuja 19/2006. Hengitysliitto Heli ry.

Pirinen J. 2006. Pientalojen mikrobivauriot. Lähtökohtana asukkaiden kokemat terveyshaitat. Hengitysliiton julkaisuja 19/2006, pdf-tiedosto. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Pitkäranta M, Meklin T, Hyvärinen A, Nevalainen A, Paulin L, Auvinen P, Lignell U, Rintala H (2011): Molecular profiling of fungal communities in moisture damaged buildings before and after remediation--a comparison of culture-dependent and culture-independent methods. *BMC Microbiol*. 2011 Oct 21;11:235.

- Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähkötekniset tietojärjestelmät -kirjasarja. Sähkötieto ry. Espoo 1993.
- Rakennusten kosteus- ja homevaurioiden torjunta (1996). SIY raportti 7, ISIAQ-guideline TFI-1006. International Society of Indoor Air Quality and Climate, Sisäilmayhdistys ry, Ympäristöministeriö, Helsinki.
- Rakennuslehti. Finndomon gryndauskohde meni metsään. RT:n lakimies tyrmistyi Helsingin Myllykylässä sijaitsevan talonsa virhesumasta. 17.3.2011a. s. 4–5.
- Rakennuslehti. Korjausmääräykset lausunnolle. 7.6.2012. s. 5.
- Rakennuslehti. Putkivuodot nousseet kalleimmaksi kotivahingoksi. 6.8.2010a. <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/22025.html> (24.5.2012).
- Rakennuslehti. Täysremontti Pyynikin uimahallissa. 26.5.2011b. s. 10–11.
- Rakennuslehti. VTT havaitsi Finndomon taloissa homeongelmia. 16.8.2010b. <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/rakentaminen/22072.html> (11.6.2012).
- RakMK C2. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf> (11.6.2012).
- RakMK C3. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf (14.6.2012).
- RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto.
- Rand, T.G., et al., Microanatomical changes in alveolar type II cells in juvenile mice intratracheally exposed to *Stachybotrys chartarum* spores and toxin. *Toxicol Sci*, 2002. 65(2): p. 239-45.
- Ranta-Pere T. Helsingin viemäriverkoston tulvahallinta. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan koulutusohjelma. Espoo 2009. <http://civil.aalto.fi/fi/tutkimus/vesi/opinnaytteet/rantapere.pdf> (24.5.2012).
- Rautio P. Omakotitaloasuminen luvanvaraiseksi. Helsingin Sanomat. 9.9.2010. s. A 2.
- Reijula K, Hyvärinen M, Palomäki E, Vähämäki K, Hellgren U, Rantama M, Mikkola-Delis T, Teikari M, Lappalainen S, Tuomi T. Sairaalarakennusten sisäilma ja työntekijöiden sekä potilaiden terveys [loppuraportti Sosiaali- ja terveysministeriölle]. Helsinki: Työterveyslaitos, 2005.
- Reijula, K., Moisture-problem buildings with molds causing work-related diseases. *Adv Appl Microbiol*, 2004. 55: p. 175-89.
- Reijula K. 2005. Sairaaloiden kunto ja ilmanvaihto. Selvityshenkilön raportti. Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita 2005:3.

Reijula K, Leino M, Mussalo-Rauhamaa H, Nikulin M, Alenius H, Mikkola J, Elg P, Kari O, Mäkinen-Kiljunen S, Haahtela T. IgE-Mediated Allergy to fungal allergens in Finland with special reference to *Alternaria alternata* and *Cladosporium herbarum*. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2003; 91:280-287.

Reijula, K., ym, IgE-mediated allergy to fungal allergens in Finland with special reference to *Alternaria alternata* and *Cladosporium herbarum*. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 2003. 91(3): p. 280-7.

Reiman M, Kujanpää L, Vilkki R, Sundholm P, Kujanpää R: Microbes in building materials of different densities. *Proceedings of Healthy Buildings 2000*. Vol. 3: 313-316.

Reiman M, Kujanpää L, Kujanpää R: Microbial flora and concentrations on material surface determined by the dilution and direct plating. In *Indoor Air 2002: Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, Vol. 1, H Levin, ed., Indoor Air 2002, Santa Cruz, California, 2002, pp. 449-454.

Reiman M, Kujanpää L, Kujanpää R: Materials' microbiology in different elements of building. In *Healthy Buildings 2003: Proceedings of ISIAQ 7th International Conference*. Vol 1, TK Wai, C Sekhar, D Cheong, eds. *Healthy Buildings 2003*, Singapore, 2003, pp. 572-7.

Reiman M, Kujanpää L, Junttila S, Lappalainen S, Lindroos O, Pasanen A-L, Rajala R, Rautiala S, Reijula K ja Tuomi T (2005): Rakennusten kosteusvauroita kuvastava mikrobisto. *Ympäristö ja Terveys* 8/2005: 56-59.

RIL 155-1984. Lämmön- ja kosteudeneristys. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 1984.

RIL 250-2011. Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Saarijärven Offset Oy, 2011.

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

RT 80-10712 (1999). Rakennuksen kosteus- ja mikrobivauriot. Korjausrakentaminen. Rakennustieto Oy.

Ruokojoki J. 2006. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto.

Ruotsalainen, M., et al., Cytotoxicity, production of reactive oxygen species and cytokines induced by different strains of *Stachybotrys* sp. from moldy buildings in RAW264.7 macrophages. *Environ Toxicol Pharmacol*, 1998. 6(3): p. 193-9.

Salonen H., Lappalainen S., Lahtinen M., Holopainen R., Palomäki E., Koskela H., Backlund P., Niemelä R., Pasanen A.-L., Reijula K. 2011. Toimiston sisäilmaston tutkiminen. Helsinki: Työterveyslaitos.

Salonen H., 2009. Indoor air contaminants in office buildings. *People and Work Research Reports* 87. Helsinki: Finnish Institute of Occupational Health.

Salonen H., Pasanen A.-L., Lappalainen S., Riuttala H., Tuomi T., Pasanen P., Bäck B., Reijula K. 2009. Airborne Concentrations of Volatile Organic Compounds, Formaldehyde and Ammonia in Finnish Office Buildings with Suspected Indoor Air Problems. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 6: 200-209.

Sauni R, Uitti J, Jauhiainen M, Kreiss K, Sigsgaard T, Verbeek JH. Remediating buildings damaged by dampness and mould for preventing or reducing respiratory tract symptoms, infections and asthma. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2011, Issue 9. DOI: 10.1002/14651858.CD007897.pub2

Schleibinger H, Laussmann D, Bornehag C.-G., Eis D., Rueden H., 2008. Microbial volatile organic compounds in the air of moldy and mold-free indoor environments. *Indoor Air* 2008; 18: 113–124.

Schneider T. 2000. *Synthetic Vitreous Fibres*. Indoor Air Quality Handbook. McGraw-Hill New York.

Selim ym., 1998. Assessing airborne aflatoxin B1 during on-farm grain handling activities. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 59: 252-256.

Seppänen O, Palonen J. Sisäilmaston kansantaloudelliset vaikutukset. SIY Raportti 10. Sisäilmayhdistys ry. 1998.

Seppänen O (toim.), Hausen A, Hyvärinen K, Heikkilä P, Kaappola E, Kosonen R, Oksanen R, Railio J, Ripatti H, Saari A, Tarvainen K, Vuolle M. Ilmastoinnin suunnittelu. Suomen LVI-liitto. Forssan Kirjapaino. Forssa 2004.

Seppänen O, Fisk WJ, Mendell MJ. Association of Ventilation Rates and CO₂ Concentrations with Health and Other Responses in Commercial and Institutional Buildings. *Indoor Air*. Vol. 9 (4), pp. 226–252.

Seppänen O, Säteri J, Lehtinen T, Nevalainen A (toim.). Tavoitteena Terve Talo. Sisäilmayhdistys ry. Teknologian kehittämiskeskus Tekes. Sisäilmayhdistys raportti 9. Saarijärvi 1997.

Seppänen O, Seppänen M. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmayhdistys ry. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 1996.

Seppänen O. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. 1996.

Seppänen O. Mistä homehtumisesta oikein on kysymys. Suomen LVI-liiton vuosikirja 1999, s. 16–25.

Seppänen O. Rakennusten lämmitys. Suomen LVI-liitto ry. Jyväskylä 2001.

Sisäasiainministeriön asetus 802/2001 ilmanvaihtokanavien ja -laitteistojen puhdistamisesta. Annettu Helsingissä 13. päivänä syyskuuta 2001. Asetus on kumottu vuoden 2006 lopussa. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010802> (6.6.2012).

SIY. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Sisäilmayhdistys ry. 2008. http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/terveysvaikutukset/sisailmaoireet/ (17.4.2012).

Skaug, ym., 2000. Ochratoxin A in airborne dust and fungal conidia. *Mycopathologia* 151: 93-98.

Sorenson ym., 1984. Aflatoxin in respirable airborne peanut dust. *J. Toxicol. Environ. Health* 14:525-533.

Sosiaali- ja terveysalan lupa- valvontavirasto Valvira. 2011. Lausunto Dnro 6195/11.02.02.00/2011.

- Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. Asumisterveysohje 2003. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen oppaita 2003:1. Helsinki 2003.
- Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus. Kosteusvauriot työpaikoilla. Kosteusvauriotyöryhmän muistio. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen selvityksiä 2009:18.
- Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskuksen Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas. 2008. Pori: Ympäristö- ja terveys- lehti.
- Stambez A. 2004. Kosteustekninen suunnitelmatarkestus. Sisäilmayhdistys raportti 22. Vantaa: SIY Sisäilmätieto Oy.
- Strong, P., H. Clark, and K. Reid, Intranasal application of chitin microparticles down-regulates symptoms of allergic hypersensitivity to *Dermatophagoides pteronyssinus* and *Aspergillus fumigatus* in murine models of allergy. *Clin Exp Allergy*, 2002. 32(12): p. 1794-800.
- Sugui, J.A., et al., Gliotoxin is a virulence factor of *Aspergillus fumigatus*: gliP deletion attenuates virulence in mice immunosuppressed with hydrocortisone. *Eukaryot Cell*, 2007. 6(9): p. 1562-9.
- Talotekniikka-lehti. Home- ja kosteusvaurioihin on monta syytä. 2/2010, s. 42–44.
- TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002. Osat 1 ja 2. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry, Sähkötieto ry, Karisto Oy, Hämeenlinna 2003.
- Taubel, M., et al., Co-occurrence of toxic bacterial and fungal secondary metabolites in moisture-damaged indoor environments. *Indoor Air*, 2011. 21(5): p. 368-75.
- Tekes. Terve talo -teknologiaohjelma 1998–2002. Teknologiaohjelmaraaportti 9/2003. Helsinki 2003. www.tekes.fi/fi/document/43306/terve_talo_pdf (3.1.2012).
- Tekes. Ilmanvaihdon modernit parannus- ja korjausratkaisut (MIV) -tutkimusprojekti. Tekesin CUBE Talotekniikkateknologiaohjelma 2002–2006. Helsinki 2006. <http://rakennettuymparisto.info/kehityshankkeet/project/86/?page=1&search=keyword%3Aprosessi> (26.6.2012).
- Tekniikka & Talous. Putkiremonttien määrä tuplaantuu ensi vuosikymmenellä. 22.5.2012. <http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/putkiremonttien+maara+tuplaantuu+ensi+vuosikymmenella/a810049> (12.6.2012).
- Tilastokeskus. Rakentaminen ja asuminen Vuosikirja 2011. Tilastokeskus. 2011
- Tilastokeskus. StatFin-tilastotietokanta. www.tilastokeskus.fi/tup/tilastotietokannat. 2012.
- Tilastokeskus. Rakennuskustannusindeksi 2000=100. Käyttäjän käsikirja. Käsikirjoja 42. Tilastokeskus 2001.
- TM Rakennusmaailma. Lisääkö kasvava lämmöneristys kosteusvaurioita? 5E/09.

TTY. Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tutkimustuloksia ja suosituksia uusiin lämmöneristys- ja energiankulutusmääräyksiin ja -ohjeisiin. Loppuraportti. Tutkimusselostus Nro TRT/1706/2008. 17.6.2008.

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

Tuomi, T., et al., Mycotoxins in crude building materials from water-damaged buildings. *Appl Environ Microbiol*, 2000. 66(5): p. 1899-904.

Työterveyslaitos 2011. Rakennusalan turvapankki. Vaaralliset aineet. Viitattu 23.5.2012. http://www.ttl.fi/fi/toimialat/rakennus/turvapakki/vaaralliset_aineet/Sivut/default.aspx

Työterveyslaitos. Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. www.hometalkoot.fi. 2012.

Työterveyslaitos. Ohje siivoukseen ja irtaimiston puhdistukseen kosteus- ja homevauriokorjausten jälkeen. Helsinki: Kosteus- ja hometalkoot. Suomen JVT- ja kuivausliikkeiden liitto r.y.

Tähtinen K. 2012. Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Hämeen ammattikorkeakoulu. Rakentamisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Tähtinen K., Lappalainen S., Palomäki E., Rautio-Laine S. ja Reiman M. Tilaajan ohje sisäilmasto-ongelman selvittämiseen. Ohjeen tekemiseen ovat Työterveyslaitoksen lisäksi osallistuneet Helsingin kaupunki, Senaatti-kiinteistöt, Sipoon kunta, Suomen Sisäilmakeskus Oy ja Vahanen Oy. Työterveyslaitos. Helsinki 2012. Viitattu 23.5.2012. http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/sisailma_ja_sisaymparisto/Documents/TTL_Tilajaohje_8_Lores.pdf

Täubel, M., Sulyok M., Vishwanath V., Bloom, E., Turunen, M., Järvi K., Kauhanen E., Krska R., Hyvärinen, A., Larsson L., Nevalainen, A. 2011. Co-occurrence of toxic bacterial and fungal secondary metabolites in moisture damaged indoor environments. *Indoor Air* 21, 368–375.

Vainio T., Jaakkonen L., Nippala E., Lehtinen E. 2002. Korjausrakentaminen 2000–2010. VTT Tiedotteita 2154. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Vainio T. Korjausrakentaminen 2030 - esitutkimus. Raportti VTT-R-10398-10. VTT. 2011.

Vainio T, Riihimäki M, Mäkelä P. Rakennuskustannusindeksi 2000. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 1999.

Vainio T, Jaakkonen L, Nuutila H, Nippala E. Kuntien rakennuskanta 2005. Kuntaliitto. 2006.

Vainio T, Nippala E. Kuntien rakennusten hallinta, ylläpito ja peruskorjaaminen Ruotsissa ja Norjassa. Kuntaliitto. 2006.

Vainio T, Belloni K, Jaakkonen L. Asuntotuotanto 2030. Asuntotuotantotarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. VTT Technology 2. VTT. 2012.

Walinder, R., et al., Nasal lavage biomarkers: effects of water damage and microbial growth in an office building. *Arch Environ Health*, 2001. 56(1): p. 30-6.

- Verhoeff, A.P. and H.A. Burge, Health risk assessment of fungi in home environments. *Ann Allergy Asthma Immunol*, 1997. 78(6): p. 544-54; quiz 555-6.
- Versilovskis, A. and S. De Saeger, Sterigmatocystin: occurrence in foodstuffs and analytical methods--an overview. *Mol Nutr Food Res*, 2010. 54(1): p. 136-47.
- Wilke O, Jann O., Brödner D. 2004. VOC- and SVOC-emissions from adhesives, floor coverings and complete floor structures. *Indoor Air* 2004; 14 Suppl 8: 98–107.
- VTT. Riittävätkö resurssit taloyhtiöiden korjaamiseen? Taloyhtiön vuosikirja 2011-2012. ss. 73-75. 2011
- VTT. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Tutkimuslause Nro VTT-S-10816-08. 10.12.2008. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96145&lan=fi> (14.5.2012).
- WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. World Health Organization 2009. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf (14.5.2012).
- Wolkoff P, Nielsen GD. Organic compounds in indoor air - their relevance for perceived indoor air quality. *Atmos Environ* 2001;35: 4407-4417.
- Yike, I., et al., Infant animal model of pulmonary mycotoxicosis induced by *Stachybotrys chartarum*. *Mycopathologia*, 2002. 154(3): p. 139-52.
- Yli-Pirilä T, Hyvärinen A, Nevalinen A. Yhteenveto päiväkotien sisäilmatilanteesta Suomessa. Raportti STM:lle. THL:n raportteja, 2010.
- Ympäristöministeriö. Jokainen talo tarvitsee käyttö- ja huolto-ohjeen. 2006 <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=201944&lan=FI> (24.5.2012).
- Ympäristöministeriö. Korjausrakentamisen energiamääräykset. 2012b. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=136856&lan=fi> (5.6.2012).
- Ympäristöministeriö. Rakennuksen energiatodistuksesta annetun lainsäädännön uudistaminen. 2012a. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=187948> (5.6.2012).
- Ympäristöministeriö. Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu. Ympäristöministeriön tiedote. Julkaistu 20.3.2011. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380479&lan=fi> (14.5.2012).
- Ympäristöministeriö. Vapaa-ajan asumisen ekotehokkuus (VAPET). 14.7.2010. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=188097> (13.6.2012).
- Ympäristöministeriö. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Ympäristöopas 28. 1997.
- Ympäristöministeriö. Kosteus ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöopas 29. 1997.

Ympäristöministeriö. Korjausrakentamisen strategian toimeenpanosuunnitelma 2009-2017 Suomi satavuotisjuhlakuntoon. Ympäristöministeriön raportteja 7/2009. 2009.

Ympäristöministeriö. Kosteus- ja hometalkoot Toimenpideohjelma - versio syyskuu 2010. www.hometalkoot.fi 2010.

Ympäristöministeriö. Korjausrakentamisen strategia 2007-2017 Linjauksia olemassa olevan rakennuskannan ylläpitoon ja korjaamiseen. Ympäristöministeriön raportteja 28/2007. 2007.

Ympäristöministeriö. Kosteus- ja hometalkoot. Kehitysehdotuksia kuntien julkisten rakennusten sisäilmaongelmien vähentämiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi. Loppuraportti. www.hometalkoot.fi 2011.

Ympäristöministeriö. Kehitysehdotuksia kuntien julkisten rakennusten sisäongelmien vähentämiseksi ja ennaltaehkäisemiseksi. www.hometalkoot.fi, 2011

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Luonnos 4.6.2012.

Ympäristöministeriö. Maankäyttö- ja rakennuslain muutosehdotus. Luonnos 4.6.2012.

Liite 1

Kosteus- ja homevauriotarkastelun lähtökohdat

Rakennuskanta

Liite1.Taulukko 1a. Rakennuskannan ikä vuonna 2010. Rakentamivuosisiluokkien kerrosalojen osuudet rakennusluokan koko kerrosalasta. Voimakas perusparannustuotanto 1980-luvulla vaikuttaa jonkin veran luokan 1980-1989 suuruuteen. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

		Rakentamivuosisiluokan kerrosalan osuus koko kerrosalasta, %									
Rakennuksen käytötarkoitus	Kerrosala 1000 m ²	-1920	1921-1939	1940-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010	Tunte-maton
Kaikki rakennukset	434 280	4,0	4,4	11,7	11,6	18,8	20,0	13,1	13,4	1,1	2,0
Asuinrakennukset	274 024	3,9	4,5	12,8	11,6	19,4	19,2	13,0	13,2	1,1	1,4
A1 Erilliset pientalot	151 859	5,2	4,9	17,0	9,3	14,5	19,2	12,5	14,3	1,2	1,9
A2 Rivi- ja ketjutalot	32 454	0,9	0,5	1,5	5,8	23,3	35,3	17,6	13,2	0,7	1,0
A3 Asuinkerrostalot	89 711	2,7	5,4	9,8	17,6	26,1	13,4	12,1	11,1	1,0	0,8
Muut kuin asuinrakennukset	160 256	4,1	4,1	9,7	11,6	17,9	21,3	13,4	14,0	1,1	2,9
C Liikerakennukset	26 744	2,6	3,2	7,3	10,4	18,0	21,3	13,0	20,1	1,6	2,4
D Toimistorakennukset	18 758	8,8	6,0	10,7	11,1	16,1	21,4	10,3	12,5	0,8	2,2
E Liikenteen rakennukset	11 700	1,4	1,9	5,1	9,0	13,2	25,2	22,8	17,5	1,5	2,5
F Hoitoalan rakennukset	10 521	5,6	7,3	13,8	13,4	16,5	19,4	12,5	8,1	1,4	2,1
G Kokoonumisrakennukset	8 800	10,1	6,4	9,0	8,8	14,1	20,7	14,9	12,0	1,1	2,8
H Opetusrakennukset	17 601	5,9	6,2	20,9	19,3	16,3	13,2	7,3	8,2	0,4	2,3
J Teollisuusrakennukset	46 105	2,8	3,6	8,8	12,5	22,7	22,7	12,8	9,9	0,7	3,6
K Varastorakennukset	18 093	1,1	1,2	4,3	6,6	15,5	24,0	18,1	24,3	1,9	3,1
L,N Muut rakennukset	1 933	5,7	4,7	10,0	9,1	10,8	21,3	15,0	14,0	1,0	8,4

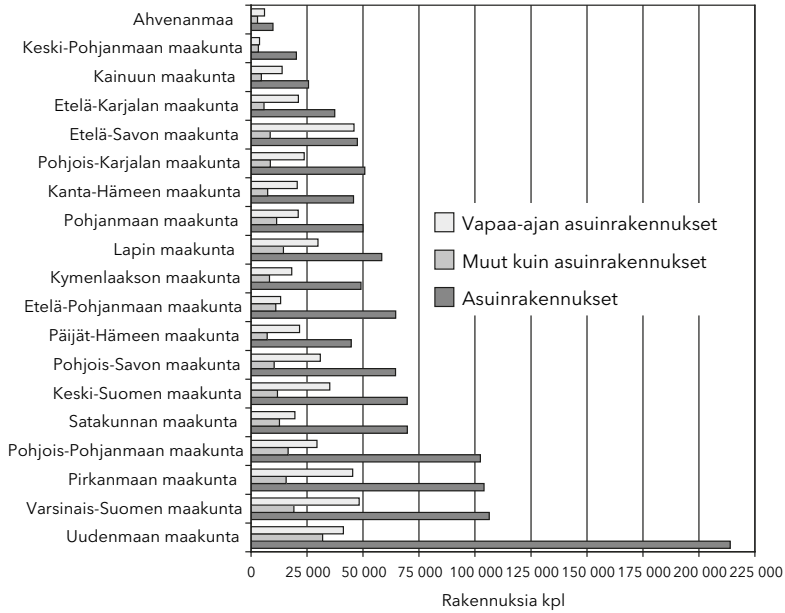
Liite 1. Taulukko 1b. Rakennuskannan omistajat rakennustyypeittäin vuonna 2010. Omistajien osuudet rakennusluokan koko kerrosalasta. Ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eikä maatalouden tuotantorakennuksia. Lähde: Tilastokeskus.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Kerrosala 1 000 m ²	Yksityinen henkilö tai perikunta	Asunto-osakeyhtiö tai asunto-osuuskunta	Kiinteistöosakeyhtiö	Yksityinen yritys	Valtio- tai kuntaenemistön yritys	Kunnan tai valtion liikelaitos	Kunta tai kuntainliitto	Valtio	Pankki tai vakuutuslaitos	Sosiaaliturvarahasto, uskonnollinen yhteisö, säätiö, puolue tai yhdistys	Muu tai tuntematon
Kaikki rakennukset	434 280	36,0	22,6	11,6	14,2	1,6	1,1	7,2	0,9	0,5	2,5	1,9
Asuinrakennukset	274 024	51,6	34,8	6,1	2,6	0,8	0,3	1,2	0,2	0,1	1,4	1,0
A1 Erilliset pientalot	151 859	91,5	5,7	0,5	0,9	0,1	0,0	0,4	0,1	0,0	0,2	0,6
A2 Rivi- ja ketjutalot	32 454	2,3	76,1	7,8	4,0	1,2	0,3	3,6	0,3	0,1	2,4	1,8
A3 Asuinkerrostalot	89 711	2,0	69,1	14,9	4,7	2,0	0,8	1,6	0,2	0,2	3,0	1,5
Muut kuin asuinrakennukset	160 256	9,2	1,8	21,0	34,1	2,9	2,3	17,6	2,2	1,1	4,4	3,5
C Liikerakennukset	26 744	11,4	3,3	38,6	32,3	0,6	0,4	3,5	0,7	1,1	4,9	3,3
D Toimistorakennukset	18 758	3,2	3,2	42,8	20,5	2,0	3,3	10,1	5,5	4,9	2,4	2,1
E Liikenteen rakennukset	11 700	27,8	5,6	12,8	30,3	5,1	4,4	4,1	1,8	0,4	1,3	6,3
F Hoitoalan rakennukset	10 521	2,3	1,3	6,5	4,8	3,2	2,6	62,1	2,2	0,1	11,4	3,4
G Kokoontumisrakennukset	8 800	3,3	0,7	6,3	13,8	1,6	1,1	33,7	3,4	0,0	32,4	3,5
H Opetusrakennukset	17 601	3,4	0,3	6,0	3,4	3,7	5,7	63,9	6,1	0,2	4,1	3,1
J Teollisuusrakennukset	46 105	9,0	0,6	16,7	57,7	4,2	1,6	5,3	0,3	0,5	0,5	3,8
K Varastorakennukset	18 093	11,9	0,6	20,2	52,4	2,1	2,0	5,0	0,8	1,4	0,8	3,0
L,N Muut rakennukset	1 933	21,9	4,6	4,3	11,1	1,6	2,1	37,6	10,8	0,0	3,1	3,1

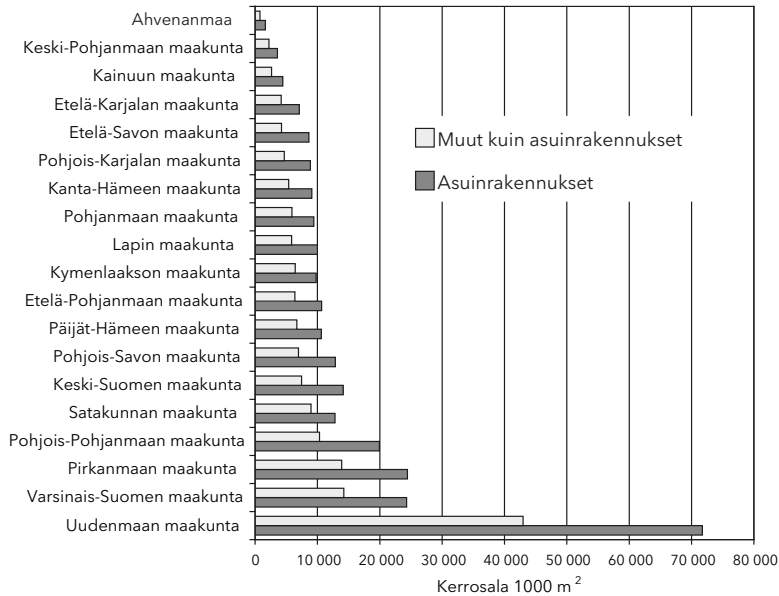
Liite 1. Taulukko 2. Rakennuskannan jakautuminen alueellisesti vuonna 2010. Maakunnat ovat rakennusten yhteisen kerrosalan mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia eikä maatalouden tuotantorakennuksia. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Alue	Rakennukset yhteensä				Asuinrakennukset		Muut kuin asuinrakennukset	
	Rakennuksia		Kerrosala		Rakennuksia	Kerrosala	Rakennuksia	Kerrosala
		%	1 000 m ²	%		1 000 m ²		1 000 m ²
KOKO MAA	1 446 096	100,0	434 280	100,0	1 234 602	274 024	211 494	160 256
Uudenmaan maakunta, josta	245 903	17,0	114 706	26,4	213 938	71 724	31 965	42 982
pääkaupunkiseutu	104 210	7,2	78 334	18,0	91 543	47 452	12 627	30 883
muu Uusimaa	141 693	9,8	36 372	8,4	122 355	24 272	19 338	12 099
Varsinais-Suomen maakunta	125 463	8,7	38 521	8,9	106 350	24 294	19 113	14 226
Pirkanmaan maakunta	119 732	8,3	38 311	8,8	104 067	24 429	15 665	13 882
Pohjois-Pohjanmaan maakunta	118 976	8,2	30 271	7,0	102 415	19 925	16 561	10 346
Satakunnan maakunta	82 468	5,7	21 807	5,0	69 793	12 831	12 675	8 976
Keski-Suomen maakunta	81 468	5,6	21 579	5,0	69 677	14 129	11 791	7 450
Pohjois-Savon maakunta	74 815	5,2	19 814	4,6	64 489	12 861	10 326	6 953
Päijät-Hämeen maakunta	51 890	3,6	17 327	4,0	44 697	10 622	7 193	6 705
Etelä-Pohjanmaan maakunta	75 633	5,2	17 058	3,9	64 588	10 667	11 045	6 390
Kymenlaakson maakunta	57 361	4,0	16 211	3,7	49 128	9 783	8 233	6 428
Lapin maakunta	72 787	5,0	15 852	3,7	58 334	9 990	14 453	5 861
Pohjanmaan maakunta	61 385	4,2	15 331	3,5	49 994	9 420	11 391	5 910
Kanta-Hämeen maakunta	53 205	3,7	14 492	3,3	45 780	9 092	7 425	5 400
Pohjois-Karjalan maakunta	59 390	4,1	13 562	3,1	50 807	8 877	8 583	4 685
Etelä-Savon maakunta	55 997	3,9	12 873	3,0	47 470	8 643	8 527	4 231
Etelä-Karjalan maakunta	43 167	3,0	11 265	2,6	37 397	7 081	5 770	4 184
Kainuun maakunta	30 194	2,1	7 071	1,6	25 632	4 441	4 562	2 630
Keski-Pohjanmaan maakunta	23 556	1,6	5 811	1,3	20 264	3 577	3 292	2 234
Ahvenanmaa	12 706	0,9	2 418	0,6	9 782	1 637	2 924	782

Rakennuskanta maakunnittain vuonna 2010



Rakennuskanta maakunnittain vuonna 2010



Liite1.Kuva 1. Rakennuskannan jakautuminen alueellisesti vuonna 2010. Maakunnat ovat maakunnan rakennusten yhteisen kerrosalan mukaisessa suuruusjärjestyksessä (vertaa Liite1.Taulukko 2). Rakennusten määrään on lisätty vapaa-ajan asuinrakennukset. Rakennusten kerrosala ei sisällä vapaa-ajan asuinrakennuksia. Muut kuin asuinrakennukset eivät sisällä maatalouden tuotantorakennuksia. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.Asuntokanta ja asuntoväestö

Liite 1.Taulukko 3. Asuntokanta vuonna 2010. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Rakennusvuosiluokka										
	Yhteensä	-1920	1921-1939	1940-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010	Tuntematon
Kaikki asunnot, kpl											
Rakennukset yhteensä	2 807 505	94 461	135 695	383 494	372 033	589 934	509 264	350 148	310 709	25 112	36 655
A1 Erilliset pientalot	1 135 736	64 240	67 402	242 566	116 687	157 518	197 356	124 120	133 581	10 346	21 920
A2 Rivi- ja ketjutalot	383 126	3 753	2 477	5 347	18 628	88 689	139 505	71 900	46 176	2 795	3 856
A3 Asuin-kerrostalot	1 234 508	23 592	62 484	125 937	227 921	333 619	164 272	148 753	128 059	11 755	8 116
Muut rakennukset	54 135	2 876	3 332	9 644	8 797	10 108	8 131	5 375	2 893	216	2 763
Asuntoja keskimäärin per asuinrakennus, kpl/kpl											
A1 Erilliset pientalot	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9
A2 Rivi- ja ketjutalot	5,0	5,0	4,9	5,0	5,8	6,2	4,8	4,6	4,5	4,5	4,0
A3 Asuin-kerrostalot	21,8	12,9	20,6	18,3	26,2	26,4	18,2	18,3	23,4	26,4	16,4
Asuinrakennusten kerrosala per kaikki asunnot, m²/asunto											
A1 Erilliset pientalot	134	123	109	107	121	140	148	153	163	171	133
A2 Rivi- ja ketjutalot	85	78	71	92	102	85	82	80	93	86	80
A3 Asuin-kerrostalot	73	102	78	70	69	70	73	73	78	75	86
Vakituisesti asutut asunnot, %:a kaikista asunnoista											
Rakennukset yhteensä	90,4	83,4	84,8	85,3	89,2	91,4	93,3	93,7	92,9	76,7	92,0
A1 Erilliset pientalot	90,6	83,7	84,0	84,5	90,0	94,3	95,5	94,8	93,7	82,6	93,0
A2 Rivi- ja ketjutalot	91,7	80,4	81,1	82,0	87,6	90,7	92,7	92,9	94,2	73,8	93,3
A3 Asuin-kerrostalot	89,5	81,2	85,1	86,2	88,8	90,2	91,3	93,0	91,6	72,4	89,4
Muut rakennukset	94,2	97,0	96,7	96,3	94,1	92,8	92,8	96,2	91,9	68,5	90,2
Ei-vakituisesti asutut asunnot, %:a kaikista asunnoista											
Rakennukset yhteensä	9,6	16,6	15,2	14,7	10,8	8,6	6,7	6,3	7,1	23,3	8,0

Liite 1.Taulukko 4. Asutokunnat ja asuntoväestö asutokunnan huoneluvun mukaan vuonna 2010. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Asutokunnan huoneluku									
	Yhteensä	1 huone	2 huonetta	3 huonetta	4 huonetta	5 huonetta	6 huonetta	7+ huonetta	Huoneluku tuntematon	
Asutokunnat eli vakinaisesti asutut asunnot, kpl										
Kaikki rakennukset	2 537 197	332 757	743 009	572 464	485 167	260 093	79 285	36 043	28 379	
Erillinen pientalo	1 029 365	36 592	107 223	190 391	342 609	228 401	73 482	34 031	16 636	
Rivi- tai ketjutalo	351 408	39 696	114 787	112 268	62 861	16 631	2 723	667	1 775	
Asuin-kerrostalo	1 105 443	239 681	505 657	261 835	76 022	13 467	2 445	744	5 592	
Muu tai tuntematon rakennus	50 981	16 788	15 342	7 970	3 675	1 594	635	601	4 376	
Asuntoväestö, henkilöä										
Kaikki rakennukset	5 264 580	394 489	1 112 568	1 247 142	1 290 724	774 919	258 041	130 150	56 547	
Erillinen pientalo	2 685 984	62 884	213 586	430 004	896 869	681 536	241 834	123 599	35 672	
Rivi- tai ketjutalo	700 215	44 612	163 826	250 081	178 338	50 406	7 733	1 973	3 246	
Asuin-kerrostalo	1 789 674	266 681	710 562	549 913	205 989	38 596	6 579	2 353	9 001	
Muu tai tuntematon rakennus	88 707	20 312	24 594	17 144	9 528	4 381	1 895	2 225	8 628	
Asuntoväestö per asutokunnat, henkilöä/kpl										
Kaikki rakennukset	2,07	1,19	1,50	2,18	2,66	2,98	3,25	3,61	1,99	
Erillinen pientalo	2,61	1,72	1,99	2,26	2,62	2,98	3,29	3,63	2,14	
Rivi- tai ketjutalo	1,99	1,12	1,43	2,23	2,84	3,03	2,84	2,96	1,83	
Asuin-kerrostalo	1,62	1,11	1,41	2,10	2,71	2,87	2,69	3,16	1,61	
Muu tai tuntematon rakennus	1,74	1,21	1,60	2,15	2,59	2,75	2,98	3,70	1,97	

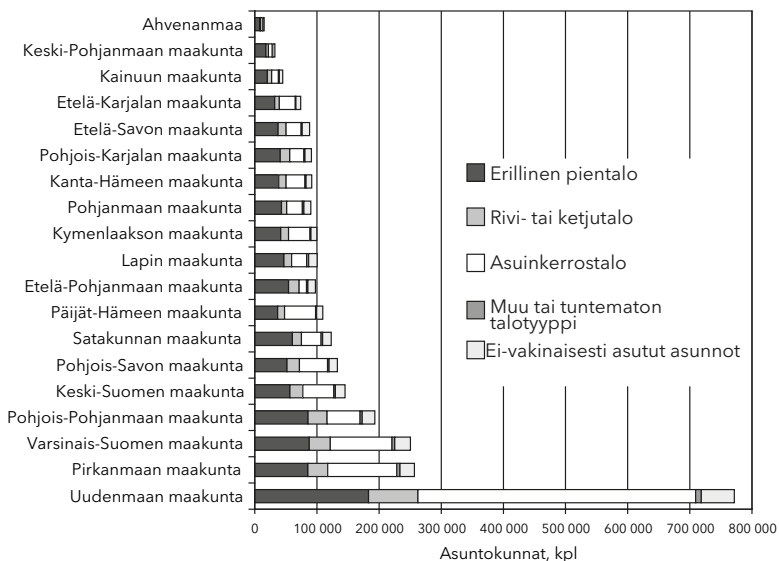
Liite1.Taulukko 5. Asutokunnat ja asuntoväestö asunnon hallintaperusteen mukaan vuonna 2010. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Hallintaperuste	Asutokunnan koko							
	Yhteensä	1 henkilö	2 henkilöä	3 henkilöä	4 henkilöä	5 henkilöä	6 henkilöä	7+ henkilöä
	Asutokunnat, kpl							
Asutokunnat yhteensä	2 537 197	1 040 378	837 234	290 767	238 135	90 845	25 025	14 813
Omistusasunto	1 661 480	527 206	610 188	217 107	198 377	76 485	20 380	11 737
Vuokra-asunto	772 103	460 650	197 787	62 912	32 413	11 761	3 893	2 687
Asumisoikeusasunto	34 110	13 954	9 868	4 743	3 841	1 249	331	124
Muu tai tuntematon	69 504	38 568	19 391	6 005	3 504	1 350	421	265
Asuntoväestö, henkilöä								
Asutokunnat yhteensä	5 264 580	1 040 378	1 674 468	872 301	952 540	454 225	150 150	120 518
Omistusasunto	3 792 946	527 206	1 220 376	651 321	793 508	382 425	122 280	95 830
Vuokra-asunto	1 278 323	460 650	395 574	188 736	129 652	58 805	23 358	21 548
Asumisoikeusasunto	72 464	13 954	19 736	14 229	15 364	6 245	1 986	950
Muu tai tuntematon	120 847	38 568	38 782	18 015	14 016	6 750	2 526	2 190

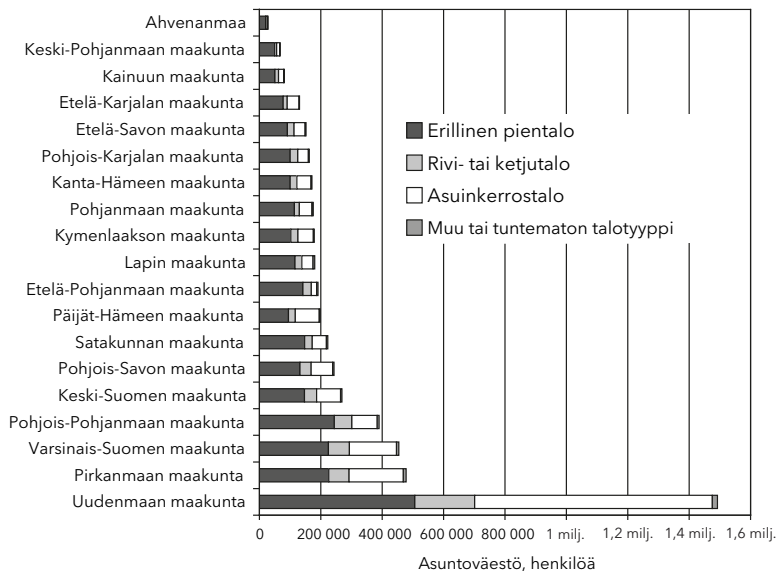
Liite1.Taulukko 6. Asutokunnat ja asuntoväestö maakunnittain vuonna 2010. Maakunnat ovat maakunnan asuntoväestön mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

	Asutokuntia kpl	Asutokunnat talotyypeittäin, %				Asuntoväestö henkilöä	Asuntoväestö talotyypeittäin, %			
		Erilinen pientalo	Rivi- tai ketjutalo	Asuin-kerrostalo	Muu tai tuntematon		Erilinen pientalo	Rivi- tai ketjutalo	Asuin-kerrostalo	Muu tai tuntematon
KOKO MAA	2 537 197	40,6	13,9	43,6	2,0	5 264 580	51,0	13,3	34,0	1,7
Uudenmaan maakunta, josta	718 428	25,5	11,1	62,2	1,3	1 491 991	33,9	13,1	51,9	1,1
pääkaupunkiseutu	506 475	15,2	9,3	74,4	1,1	1 013 732	21,6	12,2	65,2	0,9
muu Uusimaa	211 953	49,9	15,3	33,1	1,8	478 259	60,0	14,8	23,7	1,5
Pirkanmaan maakunta	233 755	36,6	13,6	47,5	2,3	478 020	47,2	13,9	36,9	1,9
Varsinais-Suomen maakunta	225 268	38,9	15,0	44,2	1,9	454 281	49,5	15,0	33,8	1,7
Pohjois-Pohjanmaan maakunta	172 882	49,6	17,7	30,8	2,0	390 049	62,6	14,7	21,1	1,6
Keski-Suomen maakunta	129 547	43,7	16,1	38,4	1,9	268 963	54,7	14,6	29,1	1,7
Pohjois-Savon maakunta	119 445	43,5	16,7	37,7	2,1	243 003	54,4	14,9	28,9	1,8
Satakunnan maakunta	109 243	55,3	13,4	28,9	2,4	222 694	66,2	11,2	20,6	2,0
Päijät-Hämeen maakunta	99 650	36,9	11,0	50,1	2,0	198 209	47,9	11,2	39,3	1,7
Etelä-Pohjanmaan maakunta	85 548	63,6	19,7	14,0	2,7	190 672	74,5	14,2	9,2	2,2
Lapin maakunta	86 693	54,1	14,3	27,8	3,8	180 084	64,4	12,3	20,4	3,0
Kymenlaakson maakunta	90 385	46,2	14,0	37,8	2,0	178 762	57,3	12,9	28,1	1,7
Pohjanmaan maakunta	78 997	54,3	10,7	31,9	3,1	175 198	65,2	9,2	23,3	2,4
Kanta-Hämeen maakunta	82 553	46,8	14,2	36,9	2,1	171 380	58,4	12,9	26,9	1,8
Pohjois-Karjalan maakunta	80 823	50,8	18,8	27,9	2,5	162 772	61,5	15,4	21,1	2,1
Etelä-Savon maakunta	76 427	49,2	16,8	31,8	2,3	151 923	60,1	14,1	23,7	2,0
Etelä-Karjalan maakunta	66 256	48,3	11,4	38,6	1,7	130 793	59,1	10,3	29,1	1,5
Kainuun maakunta	39 409	51,6	17,3	27,7	3,3	80 871	62,4	14,8	20,2	2,5
Keski-Pohjanmaan maakunta	28 994	62,6	13,0	21,3	3,2	67 356	73,5	9,8	14,2	2,5
Ahvenanmaa	12 894	63,7	7,3	25,6	3,4	27 559	72,9	5,7	18,5	2,8

Asuntokunnat maakunnittain vuonna 2010



Asuntoväestö maakunnittain vuonna 2010



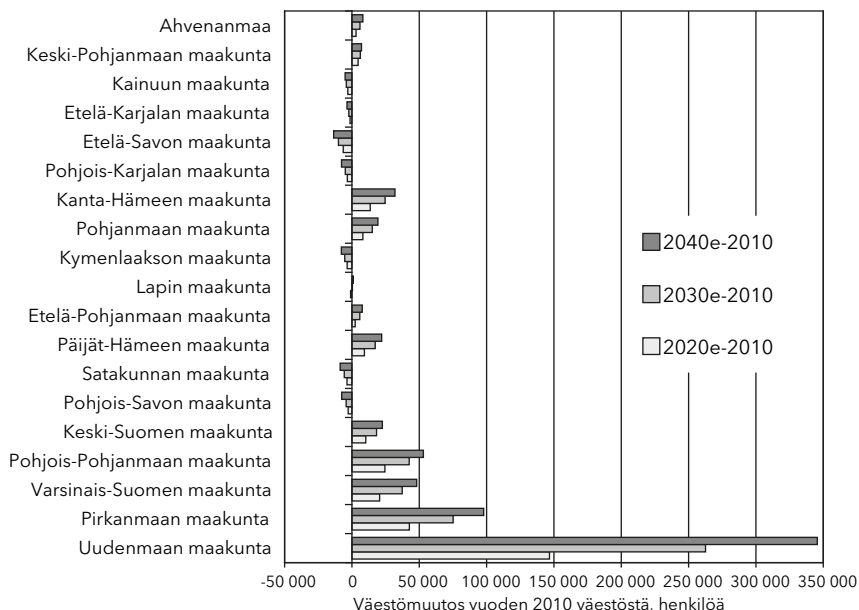
Liite1.Kuva 2. Asuntokunnat eli vakinaisesti asutut asunnot ja asuntoväestö maakunnittain vuonna 2010. Asuntokunnat ja ei-vakinaisesti asutut asunnot muodostavat asuntokannan. Maakunnat ovat maakunnan asuntoväestön mukaisessa suuruusjärjestyksessä (vertaa Liite1.Taulukko 6). Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Väestöennusteet

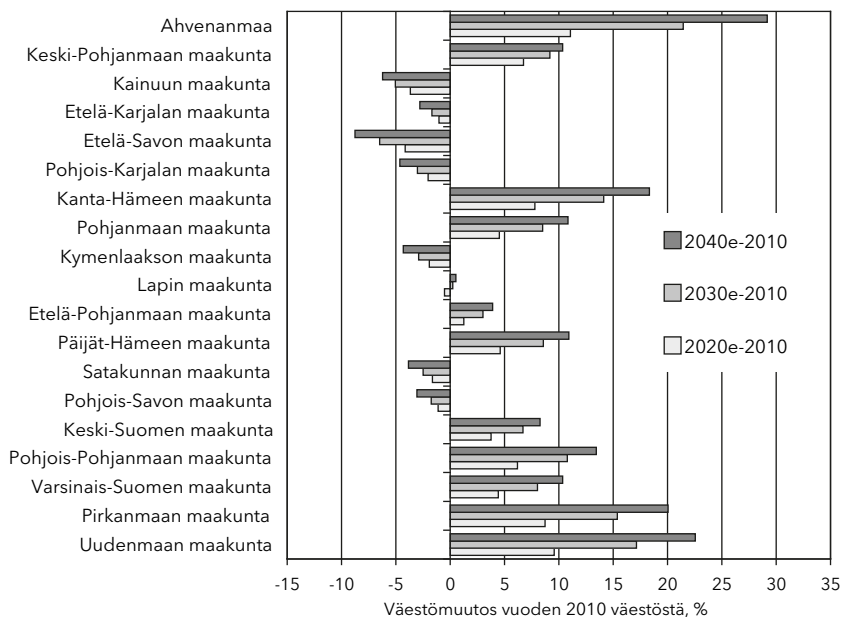
Liite1.Taulukko 7. Väestö ikäluokittain vuosina 1980, 1990, 2000 ja 2010 sekä väestöennusteet vuosille 2020, 2030 ja 2040. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Ikäluokka	Tilasto				Ennuste		
	1980	1990	2000	2010	2020e	2030e	2040e
Väestö ikäluokittain, henkilöä							
Yhteensä	4 787 778	4 998 478	5 181 115	5 375 276	5 635 938	5 850 097	5 985 356
0-14	965 209	964 203	936 333	887 677	937 331	942 715	926 800
15-24	761 523	646 991	659 008	659 864	605 777	642 503	656 930
25-44	1 464 268	1 606 688	1 414 003	1 348 940	1 411 263	1 378 236	1 366 742
45-64	1 019 396	1 107 631	1 394 573	1 537 754	1 391 424	1 361 488	1 427 116
65-79	490 902	529 429	600 072	685 129	959 107	994 713	936 868
80 -	86 480	143 536	177 126	255 912	331 036	530 442	670 900
Ikäluokkien osuudet koko väestöstä, %							
Yhteensä	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
0-14	20,2	19,3	18,1	16,5	16,6	16,1	15,5
15-24	15,9	12,9	12,7	12,3	10,7	11,0	11,0
25-44	30,6	32,1	27,3	25,1	25,0	23,6	22,8
45-64	21,3	22,2	26,9	28,6	24,7	23,3	23,8
65-79	10,3	10,6	11,6	12,7	17,0	17,0	15,7
80 -	1,8	2,9	3,4	4,8	5,9	9,1	11,2
Muutokset ikäluokittain suhteessa vuoteen 2010, %							
Yhteensä	89,1	93,0	96,4	100,0	104,8	108,8	111,3
0 - 14	108,7	108,6	105,5	100,0	105,6	106,2	104,4
15 - 24	115,4	98,0	99,9	100,0	91,8	97,4	99,6
25 - 44	108,5	119,1	104,8	100,0	104,6	102,2	101,3
45 - 64	66,3	72,0	90,7	100,0	90,5	88,5	92,8
65 - 79	71,7	77,3	87,6	100,0	140,0	145,2	136,7
80 -	33,8	56,1	69,2	100,0	129,4	207,3	262,2

Väestömuutos maakunnittain 2010-2040

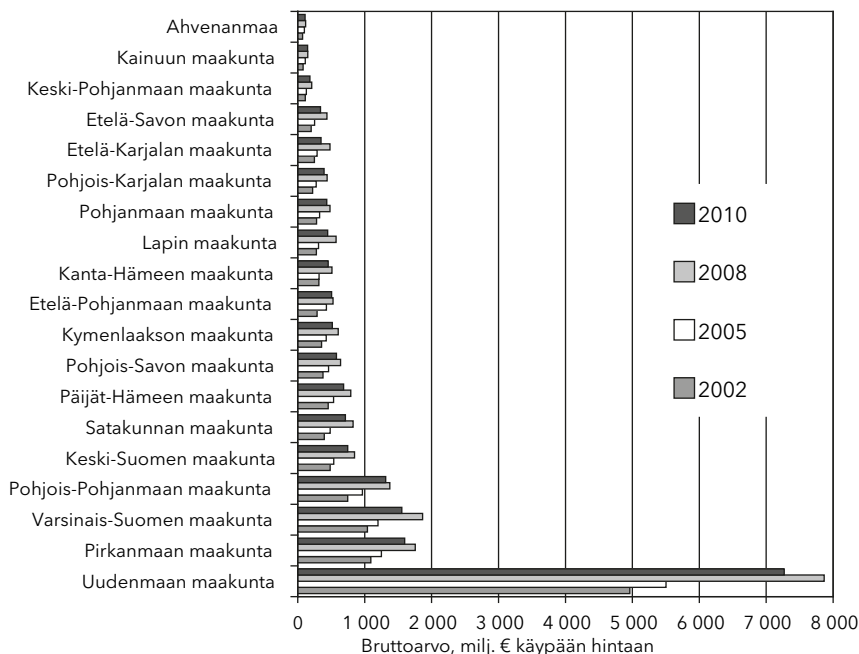


Väestömuutos maakunnittain 2010-2040

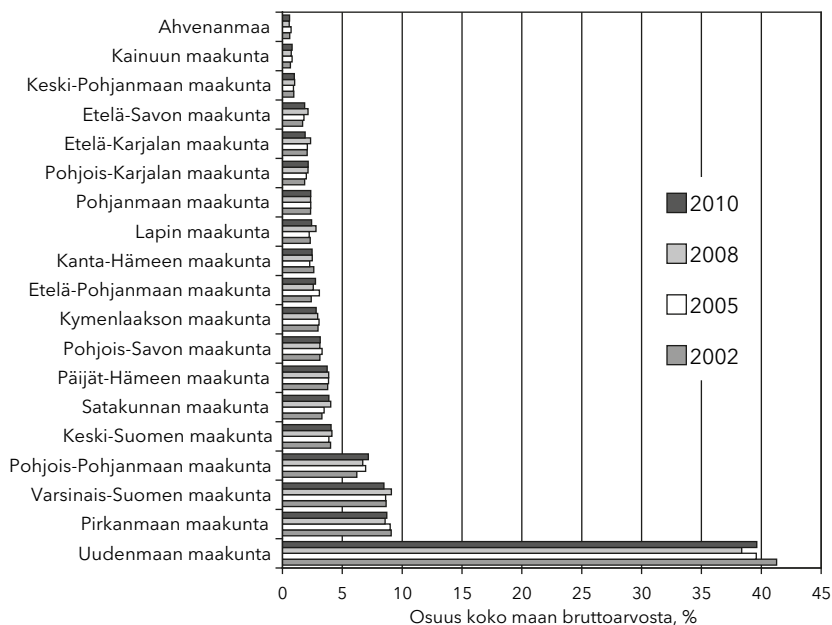


Liite1.Kuva 3. Väestömuutos maakunnittain suhteessa vuoteen 2010. Maakunnat ovat vuoden 2010 väestömäärän mukaisessa suuruusjärjestyksessä (vertaa Liite1.Kuva 2). Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Talonrakentaminen maakunnittain 2002 - 2010

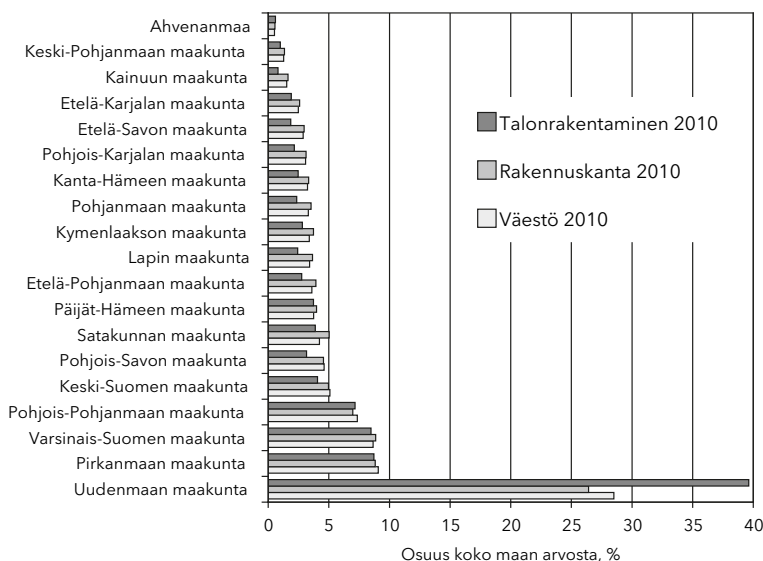


Talonrakentaminen maakunnittain 2002 - 2010



Liite1.Kuva 4. Talonrakentamisen bruttoarvo (TOL2008-luokat 41+43 pl.431, uudis- ja korjausrakentaminen yhteensä) maakunnittain vuosina 2002, 2005, 2008 ja 2010. Maakunnat ovat vuoden 2010 mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Tuotantotalouden käsite bruttoarvo vastaa kansantaloudessa yritystoiminnasta syntyvää tuotosta perushintaan. Lähde: Rakentamisen alue- ja toimialatilastot 2002, 2005, 2008 ja 2010. Tilastokeskus.

Maakuntien osuudet väestöstä, rakennuskannasta ja talonrakentamisesta vuonna 2010



Liite1.Kuva 5. Asuntoväestön, rakennuskannan kerrosalojen ja talonrakentamisen bruttoarvon suhteellinen jakautuminen maakunnittain vuonna 2010. Maakunnat ovat väestömäärän mukaisessa suuruusjärjestyksessä. Rakennuskanta sisältää sekä asuinrakennukset että muut rakennukset. Talonrakentamisen bruttoarvo (TOL2008-luokat 41+43 pl.431) sisältää uudis- ja korjausrakentamisen. Osuudet on laskettu Liite1.Taulukossa 6 (asuntoväestö), Liite1.Taulukossa 2 (rakennuskanta) ja Liite1.Kuvassa 4 (talonrakentaminen) esitetyistä aineistosta.

Liite1.Taulukko 8. Uudisrakentamisen arvo rakennustyypeittäin vuosina 2004-2010. Lähde: Rakentaminen ja asuminen Vuosikirja 2011. Tilastokeskus.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Milj. euroa käyvin hinnoin						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A-N Kaikki rakennukset	9 859	11 126	12 000	14 251	14 746	10 882	11 203
A Asuinrakennukset	5 255	5 748	6 235	6 467	5 753	4 062	5 406
A1 Erilliset pientalot	3 477	3 986	4 174	4 451	3 949	2 766	3 460
A2 Rivi- ja ketjutalot	543	600	712	638	474	253	430
A3 Asuinkeuhkot	1 235	1 161	1 349	1 378	1 330	1 043	1 516
B Vapaa-ajan asuinrakennukset	341	407	427	516	543	439	470
C,D,E Liike- ja toimistorakennukset	1 317	1 462	1 716	2 878	3 302	2 257	1 843
C Liikerakennukset	862	975	1 145	1 937	2 151	1 495	1 224
D Toimistorakennukset	271	299	356	619	830	530	346
E Liikenteen rakennukset	185	188	215	322	321	232	273
F,G,H,L Julkiset palvelurakennukset	854	852	823	724	973	1 087	1 075
F Hoitoalan rakennukset	194	260	313	292	381	463	446
G Kokoontumisrakennukset	189	163	192	177	222	284	251
H Opetusrakennukset	435	390	263	212	318	306	334
L Palo- ja pelastustoimen rakennukset	35	38	55	43	52	34	45
J,K Teollisuus- ja varastorakennukset	1 205	1 592	1 684	2 368	2 928	1 906	1 253
J Teollisuusrakennukset	775	1 040	1 224	1 639	2 055	1 316	829
K Varastorakennukset	430	552	459	729	873	590	425
M Maatalousrakennukset	396	492	512	618	547	524	483
N Muut rakennukset	491	574	603	680	701	606	674

Liite1.Taulukko 9a. Uudisrakentamisen keskimääräinen arvo kerrosalaa kohti rakennustyypeittäin vuosina 2004-2010. Liite1.Taulukon 8 arvo on jaettu kerrosalalla. Kerrosalana on käytetty aloitettujen ja valmistuneiden rakennusten kerrosaloista laskettua keskiarvoa.

Rakennuksen käyttötarkoitus	Keskimääräinen yksikköarvo euroa per m ² käyvin hinnoin						
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
A-N Kaikki rakennukset	1 211	1 239	1 323	1 441	1 631	1 521	1 482
A1 Erilliset pientalot	1 463	1 429	1 492	1 652	1 725	1 569	1 727
A2 Rivi- ja ketjutalot	1 241	1 167	1 353	1 430	1 497	1 304	1 471
A3 Asuinkerrostalot	1 249	1 169	1 337	1 314	1 546	1 343	1 385
B Vapaa-ajan asuinrakennukset	1 100	1 229	1 314	1 469	1 578	1 422	1 465
C Liikerakennukset	1 634	1 499	1 652	1 848	2 256	2 106	2 013
D Toimistorakennukset	1 294	1 914	1 684	2 044	2 190	3 096	2 041
E Liikenteen rakennukset	787	726	861	1 014	1 293	773	1 157
F Hoitoalan rakennukset	1 756	2 074	1 858	1 696	2 303	2 154	2 658
G Kokoonumisrakennukset	1 458	1 584	1 455	2 200	1 459	2 726	2 063
H Opetusrakennukset	1 386	2 001	1 337	1 578	1 975	1 917	1 786
L Palo- ja pelastustoimen rakennukset	1 744	1 249	2 885	2 110	2 316	2 025	2 601
J Teollisuusrakennukset	1 236	1 382	1 699	1 741	2 265	2 136	1 696
K Varastorakennukset	929	970	971	1 010	1 263	1 369	1 005
M Maatalousrakennukset	563	636	631	728	695	766	680
N Muut rakennukset	710	775	814	892	919	860	934

Liite1.Taulukko 9b. Alueellinen vaikutus uusien ja vanhojen asunto-osakehuoneistojen velattomiin kauppahintoihin vuosina 2008 - 2011. Kauppahinta on ilmoitettu käypään hintaan osakeneliötä kohti. Vertaa Liite1. Taulukkoon 9a. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Alue	Kerrostalot				Rivitalot			
	2008	2009	2010	2011	2008	2009	2010	2011
Uusien asuntojen keskimääräinen velaton kauppahinta, €/m ²								
Koko maa	3 044	3 059	3 342	3 494	2 435	2 434	2 621	2 746
Pääkaupunkiseutu	3 846	3 780	4 349	4 553	3 087	3 084	3 503	3 702
Muu Suomi (Koko maa - PKS)	2 670	2 723	2 873	3 001	2 277	2 276	2 407	2 514
Etelä-Suomi	2 716	2 748	2 873	3 006	2 222	2 220	2 280	2 354
Länsi-Suomi	2 611	2 765	2 864	3 031	2 206	2 199	2 285	2 368
Itä-Suomi	2 708	2 715	2 875	2 916	2 186	2 251	2 298	2 414
Pohjois-Suomi	2 519	2 523	2 687	2 651	2 116	2 107	2 092	2 123
Vaparahoitteisten vanhojen asuntojen keskimääräinen velaton kauppahinta, €/m ²								
Koko maa	1 823	1 889	2 044	1 780	1 626	1 654	1 759	2 046
Pääkaupunkiseutu	2 949	3 006	3 355	3 129	2 804	2 781	3 084	3 447
Muu Suomi (Koko maa - PKS)	1 451	1 482	1 597	1 618	1 480	1 500	1 590	1 598
Etelä-Suomi	2 084	2 177	2 366	2 145	1 941	1 965	2 108	2 367
Länsi-Suomi	1 510	1 545	1 659	1 621	1 446	1 488	1 581	1 686
Itä-Suomi	1 355	1 389	1 514	1 367	1 267	1 268	1 362	1 515
Pohjois-Suomi	1 355	1 383	1 506	1 405	1 292	1 321	1 372	1 524

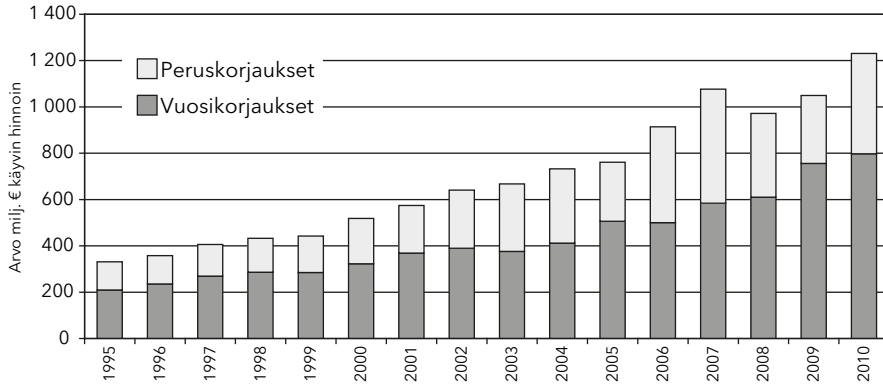
Liite1.Taulukko 10. Rakennuslupia (ml. hanke- ja muutosittoilmoitukset) vastaavien rakennusten kerrosalat sekä näiden kerrosalojen osuus rakennusten kerrosalasta rakennustyypeittäin ja omistajalajeittain vuoden 2010 rakennuskannassa. Sisältää rekisteriin vuoden 1980 jälkeen kirjatut tiedot rakennuksista, jotka kuuluivat vuoden 2010 rakennuskantaan. Lupatiedoille ei ole tehty tilastoinnin edellyttämää laadun- tarkistusta. Tilastokeskuksen poiminta. Tähdellä (*) merkityt luvut tarkoittavat, että omistajalaji omistaa rakennustyyppin kerrosalasta merkittävän osan eli yli 16 %. Omistusosuudet kerrosalasta esitetty Liite 1. Taulukossa 1b. Lähde: Väestörekisterikeskuksen Väestötietojärjestelmästä.

Vuoden 2010 rakennus- kanta	Omistajalaji											
	Yhteensä	Yksityinen henki- lö tai perikunta	Asunto-osa- yhtiö tai asun- to-osuuskunta	Kiinteistöosakeyhtiö	Yksityinen yritys	Valtio- tai kunta- enemmistöinen yritys	Kunnan tai val- tion liikelaitos	Kunta tai kuntainliitto	Valtio	Pankki tai va- kuutuslaitos	Sosiaaliturvarahasto, uskonnollinen yh- teistö, säätiö, puolue tai yhdistys	Muu tai tuntematon
Niiden rakennusten kerrosala, joihin haettu rakennuslupa tai tehty hanke- tai muutosittoilmoitus, 1000 m²												
Kaikki rakennukset	98 020	16 772	24 077	18 483	16 193	1 788	1 725	12 125	1 241	885	3 302	1 428
Asuinra- kennukset	43 864	13 839	23 023	3 422	966	407	275	663	77	52	965	175
A1 Erilliset pientalot	14 611	*13 209	926	108	161	7	4	96	16	5	51	28
A2 Rivi- ja ketjutalot	4 042	145	*3 048	314	83	31	17	214	8	3	154	25
A3 Asuin- kerrostalot	25 211	486	*19 050	3 000	722	370	254	353	52	45	760	122
Muut kuin asuinra- kennukset	54 156	2 933	1 054	15 061	15 228	1 381	1 450	11 462	1 164	833	2 337	1 253
C Liikera- kennukset	10 775	887	461	*5 238	*2 994	31	34	298	45	152	411	225
D Toimisto- rakennukset	8 906	255	338	*4 254	*1 408	138	372	920	463	455	192	111
E Liikenteen rakennukset	1 562	*213	20	307	*577	209	117	57	22	0	6	32
F Hoitoalan rakennukset	4 709	147	61	319	240	158	158	*2 897	62	3	496	169
G Kokoon- tumisra- kennukset	2 672	82	19	245	331	58	43	*946	106	1	*799	41
H Opetus- rakennukset	8 469	236	15	496	295	373	547	*5 667	313	20	291	216
J Teollisuus- rakennukset	13 446	770	98	*3 036	*7 984	379	114	457	40	64	94	410
K Varasto- rakennukset	3 147	249	27	*1 122	*1 377	18	55	62	15	137	39	45
L,N Muut rakennukset	469	92	14	43	23	17	10	*158	98	0	10	4
Edellä mainittujen rakennusten kerrosala per omistajalajin rakennustyyppin rakennusten kerrosala, %												
Kaikki rakennukset	23	11	25	37	26	26	38	39	31	44	30	17
Asuinra- kennukset	16	10	24	21	14	18	32	20	18	21	26	6
A1 Erilliset pientalot	10	*10	11	15	11	6	11	15	12	13	17	3
A2 Rivi- ja ketjutalot	12	20	*12	12	6	8	15	18	8	16	20	4
A3 Asuin- kerrostalot	28	28	*31	22	17	20	36	24	27	23	29	9
Muut kuin asuinra- kennukset	34	20	37	45	28	30	39	41	33	47	33	23
C Liike- rakennukset	40	29	53	*51	*35	19	32	32	24	52	31	25
D Toimisto- rakennukset	47	43	57	*53	*37	37	59	48	45	50	42	28
E Liikenteen rakennukset	13	*7	3	20	*16	35	23	12	10	1	4	4
F Hoitoalan rakennukset	45	61	44	46	47	46	58	*44	26	35	41	47
G Kokoon- tumisra- kennukset	30	29	30	44	27	41	45	*32	35	38	*28	13
H Opetus- rakennukset	48	39	26	47	49	57	55	*50	29	56	40	40
J Teollisuus- rakennukset	29	19	36	*39	*30	20	16	19	33	30	43	24
K Varasto- rakennukset	17	12	27	*31	*15	5	15	7	10	55	28	8
L,N Muut rakennukset	24	22	16	52	11	54	26	*22	47	0	16	7

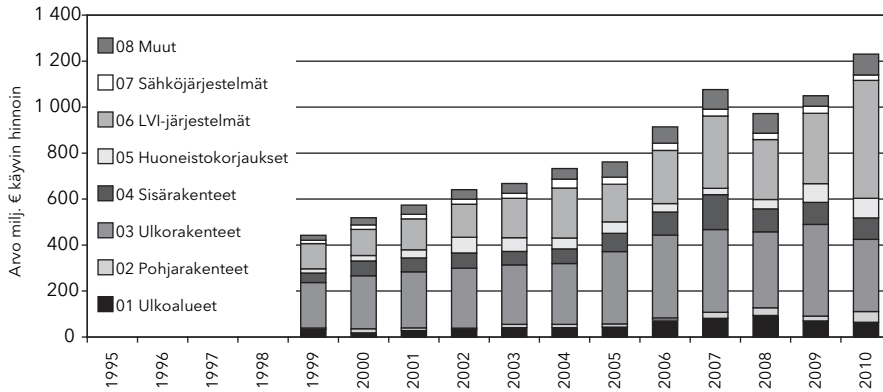
Liite1.Taulukko 11. Kuntien, kuntien liikelaitosten ja kuntayhtymien rakennuskanta rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuonna 2005. Peruskorjauslupaa vastaavan tilavuuden osuus rakennustyypeittäin ja ikäluokittain vuoden 2005 tilanteen mukaan. Rakennusluokkien sisältö lähteen taulukko 1. Yhteenveto lähteen taulukossa 11 ja sivuilla 26-37 olevasta aineistoista. Lähde: Terttu Vainio et al. Kuntien rakennuskanta 2005. Kuntaliitto 2006.

Vuoden 2005 rakennuskanta	Rakentamisvuosi								
	Yhteensä	-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	00-05	ei tietoa
Rakennuksen käyttötarkoitus	Rakennuskanta, tilavuus 1000 m ³								
10 Asuinrakennukset	17 404	2 381	2 209	2 779	3 922	2 778	2 347	616	372
20 Hoitoalan rakennukset	20 373	3 190	2 400	3 320	4 342	4 033	1 710	372	1 006
23 Päiväkodit	4 068	360	250	300	670	1 290	690	378	130
30 Toimistorakennukset	9 480	2 050	840	1 600	1 770	1 820	520	520	360
40 Kokoontumisrakennukset	16 410	3 340	480	850	1 683	4 382	3 215	1 710	750
44 Jäähallit	2 602	0	2	130	460	990	630	330	60
45 Uimahallit	1 390	50	150	120	550	230	180	90	20
51 Peruskoulut ja lukiot	36 980	7 490	7 960	6 840	4 740	3 800	2 500	1 490	2 160
52 Ammattioppilaitokset	12 841	920	1 583	2 705	2 350	2 963	860	380	1 080
53 Muut opetusrakennukset	4 072	959	1 379	801	680	170	30	31	22
60 Varastot	9 650	1 080	590	800	1 650	2 070	1 860	750	850
70 Liikenteen rakennukset	4 567	398	460	372	635	959	763	656	324
90 Muut rakennukset	47 778	3 359	2 100	4 084	9 605	8 130	6 414	2 516	11 570
Yhteensä	187 615	25 577	20 403	24 701	33 057	33 615	21 719	9 839	18 704
	Peruskorjauslupaa on haettu, % tilavuudesta								
10 Asuinrakennukset	29	37	41	43	45	11	2	0	4
20 Hoitoalan rakennukset	58	73	77	81	69	48	15	0	0
23 Päiväkodit	34	80	89	74	56	19	7	0	0
30 Toimistorakennukset	49	65	72	77	51	29	11	0	0
40 Kokoontumisrakennukset	28	52	56	79	49	25	3	0	0
44 Jäähallit	45	0	100	100	100	54	5	0	0
45 Uimahallit	62	100	100	83	89	27	0	0	0
51 Peruskoulut ja lukiot	63	81	79	80	75	33	21	0	0
52 Ammattioppilaitokset	42	52	54	79	46	26	3	0	0
53 Muut opetusrakennukset	21	31	23	18	12	2	33	0	0
60 Varastot	13	30	4	19	15	16	11	0	0
70 Liikenteen rakennukset	23	47	53	31	30	31	3	0	0
90 Muut rakennukset	32	46	69	59	51	44	19	0	0
Yhteensä	41	61	65	68	54	33	12	0	0

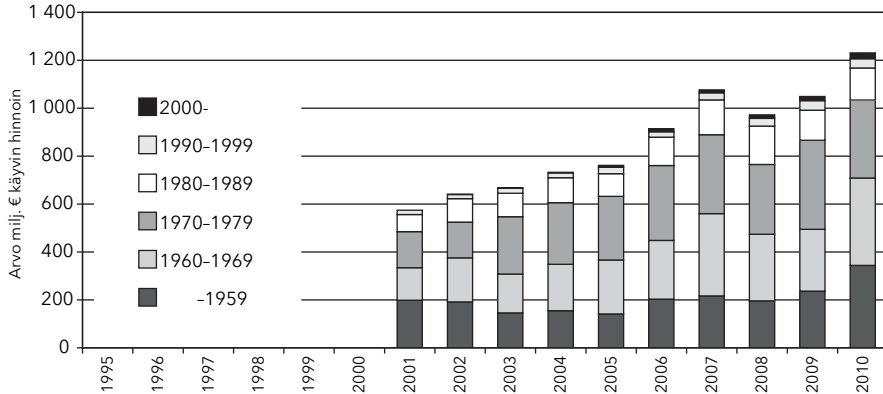
Asunto-osakeyhtiöiden korjaukset vuosina 1995-2010



Asunto-osakeyhtiöiden korjaukset vuosina 1999 - 2010

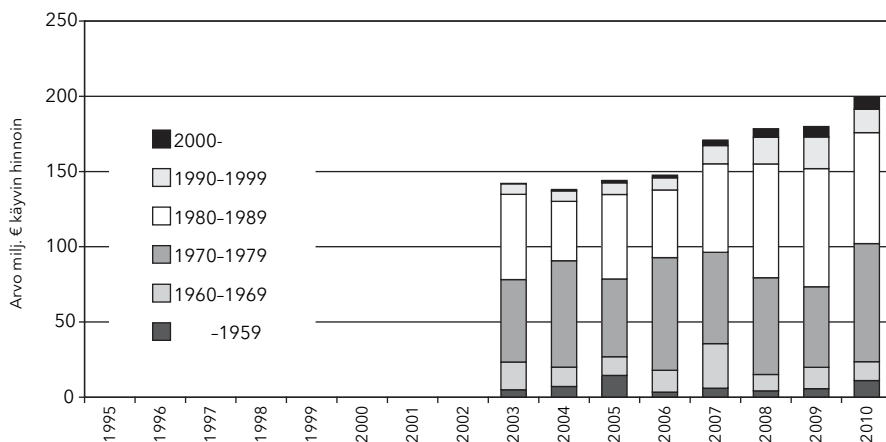


Asunto-osakeyhtiöiden korjaukset vuosina 2001 - 2010

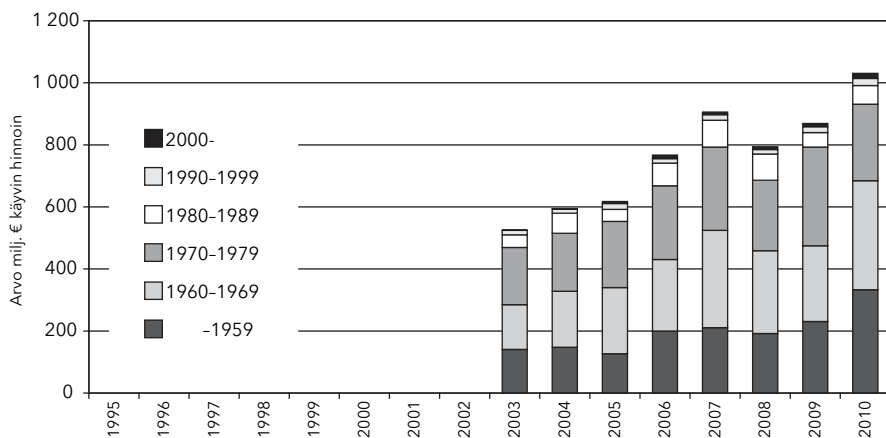


Liite1.Kuva 6. Asunto-osakeyhtiöiden (rivi- ja asuinkerrostaloyhtiöt yhteensä) korjaukset eriteltynä vuosi- ja peruskorjauksiin vuosina 1995 - 2010, eriteltynä korjauskohteittain vuosina 1999 - 2010 sekä eriteltynä rakennuksen valmistumisvuoden mukaan vuosina 2001 - 2010. Ei sisällä osakkaiden asuntoremontteja. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Rivitaloyhtiöiden korjaukset vuosina 2003 - 2010



Asuinkerrostaloyhtiöiden korjaukset vuosina 2003 - 2010



Liite1.Kuva 7. Rivi- ja asuinkerrostaloyhtiöiden korjaukset rakennuksen valmistumisvuoden mukaan vuosina 2003 - 2010. Ei sisällä osakkaiden asuntoremontteja. Lähde: StatFin-tilastotietokanta. Tilastokeskus.

Liite1.Taulukko 12a. Ulkovaipan, talotekniikan ja sisätilan korjausten yleisyys rakennuskannassa ikäluokittain vuonna 2000. Yhteenvedo lähteen kuvista 19, 22 ja 25. Lähde: Korjausrakentaminen 2000-2010. VTT Tiedotteita 2154. VTT 2002.

Vuoden 2000 rakennuskanta	Korjauksen yleisyys, %:a ikäluokan rakennuskannan kerrosalasta					
	-1960	1961-1970	1971-1989	1981-1990	1991-2000	Ikäluokat yhteensä
Korjauksen kohde	(40- v)	(30-39 v)	(20-29 v)	(10-19 v)	(00-09 v)	
Ulkovaipan korjaukset						
Ulkoseinät	3,0	5,4	6,2	2,8	1,6	3,7
Ikkunat, ovet	2,1	4,7	4,1	1,5	1,0	2,6
Vesikatko	3,2	7,0	6,0	3,1	1,5	4,0
Talotekniikan korjaukset						
Lämpö ja vesi	14,4	25,5	22,4	17,3	13,6	18,2
Ilmastointi	3,4	4,6	4,0	1,9	2,4	3,2
Sähkö	8,6	13,1	7,6	6,3	6,0	8,0
Sisätilan korjaukset						
Märkätilat	13,2	11,7	15,3	13,0	4,5	12,1
Keittiö	16,7	17,0	18,7	17,7	6,1	15,8
Muut sisätilat	9,2	9,2	10,2	9,0	3,4	8,5

Liite1.Taulukko 12b. Ulkovaipan, talotekniikan ja sisätilan korjauskustannukset korjauskohdeittain vuosina 2000 ja 2010 käypään hintaan. Luvut on arvioitu yhdistämällä Liite1.Taulukon 12a esiintymistiedot rakennuskantaan ja edelleen taulukon 21 kustannustietoon.

Korjauksen kohde	Korjauskustannukset milj. € käypään hintaan	
	2000	2010
Ulkovaipan korjaukset, josta	1 750	2 960
Ulkoseinät	630	1 060
Ikkunat, ovet	440	750
Vesikatko	680	1 150
Talotekniikan korjaukset, josta	1 400	2 580
Lämpö ja vesi	850	1 530
Ilmastointi	160	300
Sähkö	390	750
Sisätilan korjaukset, josta	2 340	4 010
Märkätilat	780	1 300
Keittiö	1 010	1 760
Muut sisätilat	550	950
Korjauskustannukset yhteensä	5 490	9 550

Liite 2

Sisäilman epäpuhtauksista

Sisäilman kaasumaiset epäpuhtaudet

Rakennusten rakenteet ovat muuttuneet vuosikymmenten myötä monikerroksisiksi ja nykyään lähes kaikki pinnat on pinnoitettu teollisuuden tekemillä kemiallisilla tuotteilla (Metiäinen 2009, Aikivuori 2001, Järnström 2008). Materiaalit, joiden valmistuksessa tai asennuksessa tarvitaan liuotin-, pehmitin- tai liima-aineita, vapauttavat sisäilmaan kaasumaisia epäpuhtauksia. Rakennusmateriaaleista vapautuu näitä epäpuhtauksia selvästi eniten heti materiaalien asennuksen jälkeen. Päästöt vähenevät ensimmäisten viikkojen jälkeen ja tämän jälkeen materiaalista vapautuu epäpuhtauksia hitaasti ja pitkäkestoisesti (Aikivuori 2001). Muita sisäilmassa kaasumaisten epäpuhtauksien pitoisuustasoihin vaikuttavia tekijöitä ovat lähteiden määrä ja etäisyys tutkittavasta sisätilasta sekä kulkeutumisreitti, ilman lämpötila, kosteus ja ilmavirtaukset sekä mahdolliset kemialliset reaktiot. Materiaalien pitkäaikainen kostuminen vaurioittaa materiaaleja ja aiheuttaa hajoamis- ja reaktiotuotteita, kuten formaldehydi ja ammoniakki päästöjä. (Aikivuori 2001, Järnström 2008).

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Materiaaleista vapautuvista kemiallisista yhdisteistä käytetään nimitystä VOC (Volatile Organic Compounds) ja mitatuista yhdisteiden kokonaispitoisuudesta lyhennettä TVOC. TVOC-pitoisuuksille on annettu ohjearvot Suomessa, mutta ohjearvot eivät ole terveystasoisia, vaan yleistä sisäilman laatua kuvaavia indikaattoreita. TVOC-pitoisuuden ohjearvon ylittyminen viittaa epätavanomaiseen kemialliseen epäpuhtauslähteeseen ja lähteen alkuperä täytyy selvittää tekemällä lisätutkimuksia. Suomessa toimistoympäristöihin tehdyn tutkimuksen (Salonen ym.2009) tulosten perusteella toimistoympäristöissä esiintyvien TVOC-yhdisteiden ja yhdisteryhmien pitoisuuksille on ehdotettu viitearvoja. (Salonen ym. 2009) TVOC-pitoisuuden tarkastelun lisäksi on huomioitava yksittäisten yhdisteiden pitoisuudet, jotka voivat kertoa tavanomaisesta poikkeavista lähteistä. (Järnström 2005, Metiäinen 2009). Vain muutamille VOC-yhdisteille, kuten tolueeni, bentseeni ja formaldehydi on annettu terveystasoisia ohjearvoja (WHO, Salonen ym. 2009). Ohjearvot ja haitalliseksi todetut pitoisuudet on annettu työsuojelun näkökulmasta ja siten altistusajat pitoisuuksille on annettu lyhytkestoisina tai työpäivän pituisina (Aikivuori 2001). Altistumiseen pitkäaikaisesti, esimerkiksi asunnoissa, ei ole käytettävissä kansainvälisiä tai kotimaisia viranomaisohjeita (STM 2003).

Lattiapäällysteet ja niistä vapautuvat kaasumaiset epäpuhtaudet ovat yksi yleisimmistä sisäilmasto-ongelmien aiheuttajista. Linoleum on yksi vanhimmista synteettisistä lattian päällysteistä (Aikivuori 2001). Linoleumin raaka-aineena on käytetty pellavaöljyä tai muita öljytuotteita, jotka sisältävät epäpuhtauksia ja hapettuvat vanhetessaan voimakkaasti. Vanhetessaan linoleumi vapauttaa erityisesti aldehydejä ja ketoneita. Linoleumista vapautuu myös voimakkaita hajuja, jotka ovat peräisin käytetyistä pesuaineista ja vahaustuotteista (Aikivuori 2001). Hiljattain (Gravesen ym. 1999) on osoitettu homevaurioherkiksi rakennusmateriaaleiksi kosteusvaurioituneet, ikääntyneet orgaaniset materiaalit, joissa esiintyy selluloosaa. Tällaisia materiaaleja ovat puuainesta sisältävät materiaalit kuten linoleum, juutti, tapetti ja lastulevy (Gravesen ym. 1999). Kosteusvaurioituneen linoleumin yhteys tilojen käyttäjien kokemiin nuha- ja iho-oireisiin osoitettiin tutkimuksessa (Bornehag ym. 2005), jossa selvitettiin rakennuksissa esiintyvän kosteuden yhteyttä käyttäjien kokemiin oireisiin (Bornehag ym. 2005).

TXIB

Rakennusten lattiapinnoitteina käytetyistä PVC-muovimatoista haihtuvia aineita ovat yleisesti erilaiset liuotinaineet. PVC- muovimattoja valmistetaan muovista, johon on lisätty erilaisia lisäaineita kuten pehmitinaineita. Muovimatoista on tiedetty vapautuvan erityisesti TXIB-yhdistettä (2,2,4-trimetyyli-1,3pentaalidiolidi-isobutyraatti) ja 2-etyyli-1-heksanolia (Lundgren ym. 1999, Wilke ym. 2004). TXIBin käyttö on lähes lopetettu PVC-muovimatoissa vuoden 1995 jälkeen. Koska TXIB ei ole erityisen haihtuva, aine vapautuu materiaalista pitkällä aikavälillä, usein lattiapinnoitteen mekaanisen kulumisen myötä. Kovissa PVC-laatoissa ja pinnoitteissa on vähemmän pehmitinaineita ja siten niiden päästöt ovat vähäisempiä kuin pehmeiden PVC-muovimattojen emissiot. (Aikivuori 2001.) Asuntojen betonilattioiden päällysteenä käytetty PVC-muovimatto on osoittautunut lähes yksinomaan epämääräisten materiaalipäästöepäilyjen lähteeksi, sellaisissa kohteissa, joissa muut epäpuhtauslähteet ja huono ilmanvaihto on voitu sulkea pois (Metiäinen 2009). VTT:n asuinhuoneistoihin tehdyn tutkimuksen (Järnström 2005) mukaan TXIB-pitoisuus voitiin osoittaa olevan peräisin käytetyistä rakennusmateriaaleista (lattiapinnoite). Normaalia korkeamman TXIB-yhdisteen emissioiden ja rakennekosteuden välillä ei osoitettu yhteyttä ja TXIB-päästöt todettiin johtuvan todennäköisesti huonolaatuisista runsaspäästöisistä PVC-muovimatoista (Järnström 2005, Metiäinen 2009).

2-etyyli-1-heksanoli on kemiallinen yhdiste, jota käytetään pehmitinaineena pinnoitteiden, tasoitteiden ja liimojen tuotannossa. Sisäilmassa 2-etyyli-1-heksanolia voi esiintyä PVC-muovimattopinnoitteiden ja liimojen pehmitinaineiden hajoamistuotteina. Hajoamistuotteita syntyy, kun PVC-muovimattopinnoite tai liima joutuu kosketuksiin rakennekosteuden kanssa. Tutkimuksissa (Metiäinen 2004, Järnström 2005) on voitu osoittaa, että lattiarakenteiden alkalinen kosteus aiheuttaa hyvin kyseisen reaktion, jossa vapautuu 2-etyyli-1-heksanolia. Lattiarakenteen kosteus voi olla rakentamisen aikaista kosteutta tai kosteusvaurion aiheuttamaa kosteutta. Kostean

betonin pinnalla syntynyt 2-etyyli-1-heksanoli vapautuu sisäilmaan, mutta myös painuu betonin huokosiin jopa usean sentin syvyyteen. Vaurioitumattomistakin PVC-muovimatoista voi vapautua pieniä määriä 2-etyyli-1-heksanolia ilman kosteusvaurioitakin. (Metiäinen 2004, Mussalo-Rauhamaa, Viinikka 2004, Työterveyslaitos 2011, Järnström 2005) 2-etyyli-1-heksanoli on myös yksi lukuisista mikrobien muodostamista haihtuvista aineenvaihduntatuotteista (Korpi ym. 2006).

Sisäilmastonselvityksiä tehtäessä on hyvä muistaa, että 2-etyyli-1-heksanolin esiintyminen sisäilmassa voi viitata lattiarakenteen ja pinnoitteen vaurioihin ja päästöihin, mutta sisäilmaan voi vapautua 2-etyyli-1-heksanolia muistakin lähteistä. Näitä lähteitä voivat olla esimerkiksi vinyylitapetit ja muovilla päällystetyt sähköjohdot. Tutkimuksissa on voitu osoittaa sisäilmassa esiintyvän TXIB:n ja 2-etyyli-1-heksanolin yhteys asukkaiden tai työntekijöiden oireiluun ja silmän ärsytysoireisiin (Metiäinen ym. 2009, Tuomainen ym. 2004, Järnström 2005).

Formaldehydi on yksi lastulevystä vapautuva päästö, joka on peräisin levyssä käytetystä lastulevymassan ureaformaldehydiliimasta. Kosteus ja lämpötila hajottavat liiman ureaksi ja formaldehydiksi, jolloin ilmaan syntyy pistävän hajuista kaasua. Tutkimusten mukaan lastulevyn kostuminen moninkertaistaa formaldehydipäästöjä ja päästöjä syntyy, vaikka kosteusvaurio olisi kuivunut. Suomessa korkeita lastulevystä peräisin olevia formaldehydipäästöjä on todettu erityisesti 1970-luvulla. Lastulevyjen ja MDF-levyjen tuotantoprosessin muutosten myötä formaldehydipäästöt ovat merkittävästä vähentyneet. Muita formaldehydipäästöjä voivat aiheuttaa lattiapäällysteet ja paneelit, jos niissä on käytetty formaldehydipitoisia liimoja. Erilaiset happokovetteiset lakat, maalit, pinnoitteet, itsesiliävät tekstiilit ja kokolattiamatot saattavat sisältää formaldehydiä. Formaldehydi on herkästi ärsyttävä aine. Pieninäkin pitoisuuksina se voi aiheuttaa ärsytysoireita silmissä, iholla, limakalvoilla ja hengityselimissä. (Järnström 2008, Aikivuori 2001, Sosiaali- ja terveysministeriö 2008).

Ammoniakkia voi vapautua sisäilmaan joistakin rakennusmateriaaleista ja pinnoitteista, puhdistusaineista ja ihmisten ja eläinten eritteistä. Kosteusvaurioituneet rakennusmateriaalit voivat hajoamistuotteidensa kautta vapauttaa sisäilmaan ammoniakki- ja muita kemiallisia päästöjä. Korkeita ammoniakkipitoisuuksia on todettu kosteusvauriorakennuksissa, joissa on käytetty kaseiinipohjaisia tasoitteita lattia- ja seinäpinnoilla. Nykyisin kaseiinin käyttö tasoitteissa on kielletty. Ammoniakki haisee pistävälle ja hajujen voimakkuus voi vaihdella sisäilman lämpötilan ja kosteuden vaikutuksesta. Tupakointi voi lisätä ammoniakkipitoisuutta sisäilmassa. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2008)

Hiilidioksidi esiintyy sisäilmassa ihmisen aineenvaihdunnan tuottamana. Sisäilma voi tuntua tunkkaiselta, mikäli se sisältää liikaa hiilidioksidiä. Hiilidioksidipitoisuus saattaa kohota suureksi koulun luokkahuoneissa oppituntien aikana ja päiväkodin lepo huoneissa. Yleensä sisäilmassa esiintyy liikaa hiilidioksidiä silloin, kun tilojen ilmanvaihto ei ole riittävä tilojen käyttäjämäärään nähden tai se on muuten virheellinen tai epäkunnossa (Sosiaali- ja terveysministeriö 2008).

Hiukkasmaiset epäpuhtaudet ja teolliset mineraalikuidut

Sisäilman hiukkaslähteitä ovat tupakointi, lämmitysjärjestelmät, ruuanvalmistus ja siivous. Sisäilmaan vapautuu hiukkasia myös erilaisista koneista kuten tulostimista ja rakennusmateriaaleista. Ulkoilman hiukkasia esiintyy myös sisäilmassa ja niiden lähteitä ovat liikenne, maaperä ja poltto-prosessit. Sisäilman hiukkaset jaotellaan kokonsa kautta kokonaisleijumaan, hengitettäviin hiukkasiin ja pienhiukkasiin. Sisäilman hiukkastaso noudattelee ulkoilman hiukkastasoa, ja siksi tuloilman suodattaminen vaikuttaa sisäilmassa esiintyvien hiukkastasoon (Salonen ym. 2010).

Asbesti on luonnossa esiintyvien mineraalikuitujen yleisnimi. Asbestia on käytetty erilaisissa rakennusmateriaaleissa, kuten paloneristystuotteissa ja muissa eristystuotteissa. Asbestia on käytetty lämmöneristeenä esimerkiksi erilaisissa varaajissa, kattiloissa, putkien ympärillä, katto- ja seinälevyissä, vesi- ja viemäriputkissa, ilmanvaihtokanavissa ja lattiamateriaaleissa (pinnoitteet ja kiinnityslaastit). Asbestia on käytetty paljon 1960–1970-luvun vaihteessa. Suomalaisissa rakennusmateriaaleissa ei käytetä nykyään asbestia, vaan sen käyttö kiellettiin Suomessa 1993 ja EU-alueella 2003 (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö 2008, Työterveyslaitos 2011).

Teolliset mineraalikuidut ovat lasimaisia kuituja, joiden koostumus vaihtelee. Teollisia mineraalikuituja ovat lasikuidut (lasivilla ja jatkuvat filamentti-lasikuidut), kivi- ja kuonavillakuidut ja keraamiset kuidut. Tavanomaisempia sisäilmassa esiintyviä kuituja ovat lasi- ja vuorivillakuidut, joita nimitetään yhteisellä nimellä mineraalivillakuidut. Teollisia mineraalikuituja käytetään rakennuksen lämmöneristemateriaaleina ja erilaisissa ääneneristyksissä. Mineraalivilla on ollut rakennuskäytössä jo 1940-luvulta lähtien. Toimistoympäristöissä pääasiallisena sisäilman kuitulähteenä ovat ilmanvaihtolaitteiston äänenvaimennuksessa käytetyt mineraalivillaeristeet sekä tilojen akustiikan parantamisessa käytetyt akustiikkalevyt. Mineraalivillatuotteista voi irrota kuituja tuotantovaiheessa, asennusvaiheessa ja tuotteiden poistovaiheessa. Sisäilman laskeutuneessa pölyssä voi esiintyä kuituja, ja niiden lähteenä ovat yleensä huoltotoimenpiteiden mukana tulleet päästöt tai kuitumateriaalin vanhenemisen myötä hajoamistuotteet. Tutkimuksissa on osoitettu, että ilmanvaihdon vaikutus kuitujen esiintymiseen sisäilmassa on vähäinen, koska kuidut eivät pysy ilmassa pitkään, vaan laskeutuvat pinnoille. Kuitulähteet tulisi poistaa tai korjata, jos niistä irtoaa merkittäviä määriä kuituja sisäympäristöön. Säännöllinen ja tehokas siivous vähentää kuitujen esiintymistä ja kertymistä pinnoille ja käyttäjien altistumista niille (Salonen ym. 2010).

Toimistorakennusten sisäilman hiukkastasoista on julkaistu vähän tutkimustietoa (Salonen ym. 2010). Työterveyslaitoksen tutkimuksessa (Salonen ym. 2009) on tutkittu mineraalikuitujen esiintymistä toimistorakennusten sisäympäristössä. Tutkimuksessa sisäilmasto-ongelmarakennuksista löydettiin korkeita teollisten mineraalikuitujen pitoisuuksia pinnoilta (Salonen ym. 2010).

Sisäilmassa esiintyvillä kuiduilla ei ole asetettu virallisia tavoitetasoja Suomessa eikä kansainvälisesti. Eri maissa esiintyy eri suosituksia ilmassa esiintyvien kuitujen määrälle. Suomessa Ympäristö- ja

terveysministeriö on hyväksynyt työympäristöissä esiintyvien ei-orgaanisten pölyjen esiintymisen tavoitetasot ja sama tavoitetaso on asetettu Itävallassa ja Ranskassa. Ilmassa esiintyvien kuitujen raja-arvot ja kuitujen mittaamiseen käytettyjen näytteenottomenetelmien käyttäminen riskin arvioissa on epävarmaa, koska pinnoille laskeutuneiden kuitujen on osoitettu olevan merkittävämpiä tekijöitä silmä- ja ihoärsytysoireiden aiheuttajana. Siitä huolimatta vain muutamassa maassa on esitetty tavoitetasoja pinnoille laskeutuneiden kuitujen esiintymisestä. Suomalaisessa tutkimuksessa (Kovanen ym. 2006) osoitettiin, että pinnoille kertyneen kahden viikon pölylaskeuman analysointi on suositeltava tapa arvioida kuitujen esiintymistiheyttä huonetiloissa. Tutkimuksessa suositeltiin tavoitetason määrittämistä arvioitaessa kuitujen kertymistä pinnoille.

Liite2.Taulukko 1. Mykotoksiinien mitattuja ja arvioituja pitoisuuksia sisäilmassa

Mykotoksiini	Mittauskohteet	Pitoisuus (ng/mg pölyä)	Arvioitu ^{1,2} tai mitattu mykotoksiinipitoisuus ilmassa (ng/m ³)	Ilmapitoisuus/TTC-pitoisuus (%)	Viite
Enniatiini B, Beauverisiini	Kosteusvaurioituneita koteja	0,00035 0,00067	0,000024 0,000045	0,00008 0,0001	Täubel ym., 2011
Verrukaroli	Kosteusvaurioituneita rakennuksia	0,0006-0,0017	0,000042- 0,00012	0,0001-0,0004	Bloom ym., 2009
Sterigmatokystiini, ³ Trikodermoli ³ Verrukaroli	Kosteusvaurioituneita koteja	0,003 0,017 0,043	0,002 0,001 0,03	0,007 0,003 0,1	Bloom ym., 2002
Sterigmatokystiini, Ketoglobosiini, Okkratoksiini A	Kosteusvaurioituneita koteja		0,003-1,8 ⁵ 0,0067-3,4 ⁵ 0,012-0,23 ⁵	0,01-6 0,2-1 0,04-0,8	Polizzi ym., 2009
⁴ Makrosyklisiä trikotekeenejä	Rakennus jossa ei ollut kosteusvauriohistoriaa tai paikallistettua homevauriota	-	0,12 ⁵	0,4	Brasel ym. 2005
Satratoksiini G, Satratoksiini H	Kosteusvaurioitunut rakennus		0,25 ⁵ 0,43 ⁵	0,8 1	Gottschalk ym., 2008
⁴ Makrosyklisiä trikotekeenejä	Home-/kosteusvauriotunut koti	-	1,4 ⁵	5	Brasel ym. 2005

Liite 3

Sisäilman laadun ohje-, viite- ja tavoitearvoja

Liite 3. Taulukko 1. Työterveyslaitoksen käyttämiä viitearvoja* sisäympäristön ongelmien tunnistamisessa tavanomaisissa toimistotyöympäristöissä

Mitattu altiste (lähdejulkaisussa käytetty mittaus- ja analysointi-menetelmä)	Viitearvo	Lähdejulkaisu
Kemialliset yhdisteet ja hiukkaset * 90 % toimistoilman pitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason (aineisto Etelä-Suomesta)		
Ammoniikki (ennen vuotta 2003: impinger (laimea rikkihappo), LC+UV detektori; vuoden 2003 jälkeen: OSHA ID-188)	> 25 µg/m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin¹	Salonen ym. 2009. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. J Occup Env Hyg, 6:200-9.
Formaldehydi (SFS 3862, EPA-TO-11A)	> 15 µg/m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin¹ Huom! Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita herkällä henkilöllä hyvin pienissä pitoisuuksissa. Suositeltu sisäilmataso (RIL) formaldehydille on 4 µg/m ³ .	Salonen ym. 2008. Common VOCs and formaldehyde in indoor air of Finnish office buildings. Indoor Air' 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark-paper ID:17. Salonen ym. 2009. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi toimistojen sisäilmassa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LV/teknikan laboratorio. SIY Raportti 27. s. 125-130. 2/9 Salonen ym. 2009. Volatile organic compounds and formaldehyde as explaining factor on reported complaints and symptoms in the office environment. J Occup Environ Hyg 2009;6(4):239-247. Salonen ym. 2009. Formaldehyde concentration and irritant potential in 23 Finnish office buildings. ICOH kongress. 22.3-27.3.2009. Cape Town-South Africa. Topic Sessions (T) 34-75.p.310.
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet) (ISO 16017-2, 16000-6)		
-TVOC	> 250 µg/m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin¹	Salonen ym. 2009. Airborne concentrations of volatile organic compounds, formaldehyde and ammonia in Finnish office buildings with suspected indoor air problems. J Occup Env Hyg 2009;6(3):200-209.
-Yksittäiset yhdisteet¹		
Aromaattiset hiilivedyt	Kohonnut > 5 µg/m³	
Alkoholit	Kohonnut >5 µg/m³	Salonen ym. 2009. Common VOCs and formaldehyde in indoor air of Finnish office buildings. Indoor Air' 2008. 17-22.8.2008. Köpenhagen. Denmark-paper ID:17.
Alifaattiset hiilivedyt	Kohonnut > 5 µg/m³	
Aldehydit	Kohonnut > 5 µg/m³	
Glykolit/glykolieetterit	Kohonnut > 10 µg/m³	Salonen ym. 2009. Volatile organic compounds (VOCs) in the indoor air of Finnish office buildings without exceptional VOC sources. In Proceedings of the Healthy Buildings 2009. Paper 16.syracuse, NY USA, September 13-17, 2009.
Terpeenit	Kohonnut > 5 µg/m³	
Si-yhdisteet	Kohonnut > 10 µg/m³	
Orgaaniset hapot	Kohonnut > 10 µg/m³	Salonen ym. 2009. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ja formaldehydi toimistojen sisäilmassa. Sisäilmastoseminaari 2009. Sisäilmayhdistys ry, Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. SIY Raportti 27. s. 125-130.
Esterit	Kohonnut > 5 µg/m³	
Ketonit	Kohonnut > 5 µg/m³	
Hiukkaset (suoraan osoittava optinen hiukkaslaskuri, Climet 500/550)	Työterveyslaitoksen tutkimusten mukaan toimistojen sisäilman hiukkaspitoisuudet ovat olleet keskimäärin:≥ ≥0,5 µm:n hiukkaset: Huoneilma: 1600 hk/l Koneellisesti tuotu tuloilma: 1400 hk/l ≥5 µm:n hiukkaset: Huoneilma: 30-40 hk/l ja Koneellisesti tuotu tuloilma: 10 hk/l	Salonen ym. (2008). Indoor air quality of office buildings in the Helsinki area. Proceedings: Indoor Air 2002. Volume 4. p. 500-505.
PM₁₀-hiukkas-pitoisuus (suoraan osoittava optinen hiukkaslaskuri, TSI Dust Trak 8520)	D2:n mukaan PM10 sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään 50 µg/m³ (24 tunnin keskiarvo 20 °C, 1 atm).	D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010.
Teolliset mineraalikulud (laskeutuneen pölyn keräys teippeihin (BM Dustfilters, BM Environmental Engineering, Hollanti) + faasikontrastivalomikroskopiointi)	Säännöllisesti siivottu pinta: < 0,2 kuitua/cm² Harvoin siivottu pinta: < 3 kuitua/cm² - synteettiset epäorgaaniset kuidut eivät todennäköisesti aiheuta ongelmia, jos kuitupitoisuudet säännöllisesti siivotuilla pinnoilla (pöydät ym.) ovat alle 0,2 kuitua/cm ² ja harvoin siivotuilla pinnoilla alle 3 kuitua/cm ² . - jos kuitupitoisuudet harvoin siivotuilla pinnoilla ovat yli 10 kuitua/cm ² , tulee siivousta tehostaa tai muuttaa menetelmiä Tuloilma: < 1 kuitu (pituus>20 µm)/m³	Schneider T. Chapter 39. Synthetic vitreous fibres. In: Indoor Air Quality Handbook. Eds: Spengler JD, Samet JM, McCarthy JF. McGraw-Hill, New York 2000. ILMI-projekti: Kovanen K, Heimonen I, Laamanen J ym. (2006) Ilmanvaihtolaitteiden hiukaspäästöt. Altistuminen, mittaaminen ja tuotetestaus (Particle emissions from HVAC-components. Exposure, measurement and product testing). VTT tiedotteita- Research notes 2360, VTT, Espoo. 57p. + app.56p. Salonen ym. 2009. Man-made vitreous fibres and irritation symptoms in office buildings in the Helsinki area. J Occup Environ Hyg 2009;6:624-631.

Mitattu altiste (lähdejulkaisussa käytetty mittaus- ja analysointi-menetelmä)	Viitearvo	Lähdejulkaisu
Bioaerosolit ² 100 % sisäilman pitoisuuksista on alle ko. pitoisuustason kosteusvaurioitumattomissa toimistorakennuksissa (aineisto Etelä-Suomesta)		
Mikrobit		
- Ilmanäytteet, talviaikana (tarvittaessa ulkoilmanäyte ja vertailu siihen)		Salonen et al. (2007). Fungi and bacteria in mould-damaged and non-damaged office environments in a subarctic climate. Atmospheric Environment 41 (2007) 6797-6807. Salonen ym. (2008). Homeet ja bakteerit homevaurioituneissa ja ei-vaurioituneissa toimistotyöympäristöissä pääkaupunkiseudulla. Sisäilmastoseminaari 2008.
	Homeet: > 50 cfu/m³; kohonnut sieni-itiöpitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen² (mikrobikasvuston esiintyminen rakenteissa todennäköistä)	
(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	Bakteerit: > 600 cfu/m³ kohonnut bakteeripitoisuus, viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen²	
	Aktinobakteerit: > 5 cfu/m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen taso²	
-Materiaalinäytteet (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan, semikvantitatiivinen analyysi validoitu vasten vuoden 2003 Asumisterveysohjetta)	Sieni-itiöpitoisuus: 10 000 cfu/g Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin 10 000 cfu/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000cfu/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on tarkasteltava.	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
	Sieni-itiöpitoisuus: +++ tai ++++ Materiaalinäytteen mikrobiologisen viljelyn tulos viittaa materiaalin kostumiseen ja vaurioitumiseen, mikäli materiaalinäytteessä on elinkykyisiä sieni-itiöitä runsaasti (+++/++++) tai näytteessä esiintyy kosteusvaurioon viittaavia mikrobeja.Yksittäisten kosteusvauriomikrobien esiintyminen on kuitenkin normaalia.	Reiman ym. 1999. Laimennossarja ja suoraviljelymenetelmien käyttö rakennusmateriaalinäytteiden mikrobipitoisuuksien ja mikrobiston määrittämiseksi. Sisäilmastoseminaari 1999.
	Bakteeripitoisuus: 100 000 cfu/g Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 cfu/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.	
-Vauriopinna pintanäytteet	Aktinobakteeripitoisuus: 500 cfu/g Jos aktinobakteeripitoisuus on suurempi kuin 500 cfu/g, se viittaa aktinobakteerikasvuun.	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	Sieni-itiöpitoisuus: <10 cfu/cm² Puhtailla pinnoilla sieni-itiöpitoisuus on yleensä alle 10 cfu/cm ²	
	> 1000 cfu/cm² poikkeava pitoisuus jos pitoisuus on samalla vähintään 100 kertaa suurempi pitoisuus kuin ns. vertailunäytteessä (silmämääräisesti vaurioitumaton, puhdas pinta, riittävän kaukana vauriokohdasta).	
	Aktinobakteeripitoisuus: Aktinobakteeri-itiöpitoisuus katsotaan poikkeavaksi, jos pitoisuus on 10 kertaa suurempi kuin vertailupinnalla. Jos rakenteen pinnalla on tällaista poikkeavaa mikrobikasvua, voidaan terveyshaittaa pitää todennäköisenä.	
Huom. Mikrobilajiston tulkinnassa noudatetaan Asumisterveysopasta (2. korjattu painos 2008, Sosiaali- ja terveysministeriön Asumisterveysohjeen (STM:n oppaita 2003:1) soveltamisopas.) sekä artikkelissa "Reiman ym. Rakennusten kosteusvaurioita kuvasta mikrobisto. Ympäristö ja terveys 8/2005." kuvattua mikrobilajiston tulkintaa.		

*Ilmastointiin ja lämpöoloihin liittyvät viitearvot on esitetty liitteen 3 taulukossa 3.

Liite 3. Taulukko 2 . Asumisterveysohje, Sosiaali- ja terveysministeriön opas 2003:1, asunnon, oleskelutilojen, koulujen, päiväkotien, kokoontumishuoneiden ja vastaavien tilojen sisäilman ongelmien tunnistamisessa käytettäviä ohjearvoja.

Mitattu altiste (lähdejulkaisussa käytetty mitaus- ja analysointimenetelmä)	Ohjearvo	Lähdejulkaisu
Kemialliset yhdisteet ja hiukkaset		
Ammoniakki (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan. Suositeltavaa käyttää ohjekortin RT 14-10775 menettelyä.)	> 40 µg/ m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
Formaldehydi (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan) (SFS 3862)	> 100 µg/ m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin Huom! Formaldehydi voi aiheuttaa ärsytysoireita herkällä henkilöllä hyvin pienissä pitoisuuksissa. Suositeltu sisäilmataso (RIL) formaldehydille on 4 µg/m ³ .	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
Styreeni (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	> 40 µg/ m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet)		
-TVOC (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan) (ISO 16017-2, 16000-6)	> 600 µg/ m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaisiin lähteisiin	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
TXIB 2,2,4-trimetyyli-1,3pentaaliidolidi-isobutyraatti	viitteellinen ohjearvo 10µg/m³ toluenin vasteella laskettu tulos tai 16 µg/m³ yhdisteen omalla vasteella laskettu tulos	Valvira lausunto Dnro 6195/11.02.02.00/2011
Hiilidioksidi (mittaus Asumisterveysohjeen 2003 mukaan) (SFS 5412)	Jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus ylittää 1 500 [ppm] , viittaa se ilmanvaihdon riittämättömyyteen tilassa.	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
Hiukkaset SFS 3860	Sisäilman kokonaisleijuma (TSP) pitoisuus saa olla enintään 120 µg/m³ (24 tunnin keskiarvo 20 °C, 1 atm).	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
PM ₁₀ -hiukkas-pitoisuus (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan) Standardi EN 12341	D2:n mukaan PM10 sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään 50 µg/m³ (24 tunnin keskiarvo 20 °C, 1 atm). Asumisterveysohjeen mukaan PM10 sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana saa olla enintään 70 µg/m³ (24 tunnin keskiarvo 20 C, 1 atm).	D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2010. Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
Asbesti (keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	< 0,01 kuitua/cm³, asbestikuitujen laskeutumisen pinnoille ei hyväksyttävää.	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1

Mitattu altiste (lähdejulkaisussa käytetty mitaus- ja analysointimenetelmä)	Ohjearvo	Lähdejulkaisu
Bioaerosolit		
Mikrobit		
-Ilmanäytteet, talviaikana taajamassa sijaitseva asunto (tarvittaessa ulkoilmanäyte ja vertailu siihen)	Homeet: > 100-500 cfu/m³ kohonnut sieni-itiöpitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen <i>Jos samalla mikrobisuvusto on poikkeava, mikrobikasvuston esiintyminen on todennäköistä. Yli 500 crfu/m³ pitoisuudet ovat kohonneita ja viittaavat mikrobikasvustoon.</i>	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	Bakteerit: > 4 500 cfu/m³ kohonnut bakteeripitoisuus, viittaa riittämättömään ilmanvaihtoon tai sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen.	
	Aktinobakteerit: > 10 cfu/m³ kohonnut pitoisuus, viittaa sisäilman epätavanomaiseen mikrobilähteeseen	
- Materiaalinäytteet	Sieni-itiöpitoisuus: 10 000 cfu/g	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	Rakennusmateriaalissa voidaan katsoa esiintyvän sienikasvustoa, kun näytteen sieni-itiöpitoisuus on suurempi kuin 10 000 cfu/g. Jos näytteen sieni-itiöpitoisuus on pienempi kuin 10 000cfu/g, yksinomaan sieni-itiöpitoisuuden perusteella ei voida tehdä johtopäätöstä materiaalin kasvustosta, vaan myös lajistoa on tarkasteltava.	
	Bakteeripitoisuus: 100 000 cfu/g Näytteen bakteeripitoisuus vähintään 100 000 cfu/g viittaa bakteerikasvuun materiaalissa.	
	Aktinobakteeripitoisuus: 500 cfu/g	
- Vauriopinna pinnanäytteet	Jos aktinobakteeripitoisuus on suurempi kuin 500 cfu/g, se viittaa aktinobakteerikasvustoon.	Asumisterveysohje. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1
(keräys- ja analysointi Asumisterveysohjeen 2003 mukaan)	Sieni-itiöpitoisuus: <10 cfu/cm² Puhtailla pinnoilla sieni-itiöpitoisuus on yleensä alle 10 cfu/cm ² .	
	> 1 000 cfu/cm² poikkeava pitoisuus jos pitoisuus on samalla vähintään 100 kertaa suurempi pitoisuus kuin ns. vertailunäytteessä (silmämääräisesti vaurioitumaton, puhdas pinta, riittävän kaukana vauriokohdasta).	
	Aktinobakteeripitoisuus: Aktinobakteeri-itiöpitoisuus katsotaan poikkeavaksi, jos pitoisuus on 10 kertaa suurempi kuin vertailupinnalla.	

Liite 3. Taulukko 3. Ilmastointiin ja lämpöoloihin liittyviä tavoitearvoja

Ilmastointi ja lämpöolot				
Operatiivinen lämpötila $t_u \leq 10 \text{ °C}$ $10 < t_u \leq 20 \text{ °C}$ $t_u > 20 \text{ °C}$	S1	S2	S3	Sisäilmastoluokitus 2008 1) S1-luokassa operatiivinen lämpötila on oltava tila/huonekohtaisesti aseteltavissa välillä $\pm 1,5 \text{ °C}$
	21,51)	21,5	21	
	(2)	(2)	(3)	
	24,51)	24,5	25	
	missä			
	(2) $21,5+0,3(t_u-10)$			
(3) $21+0,4 \times (t_u-10)$				
Sallittu poikkeama tavoitearvosta	S1 $\pm 0,5 \text{ °C}$	S2 $\pm 1,0 \text{ °C}$	S3 $\pm 1,0 \text{ °C}$	
Olosuhteiden pysyvyys toimi- ja opetustiloissa (käyttäjästä)	S1 95 %	S2 90 %		
	S1	S2	S3	
	<0,14	<0,17	<0,20 (talvi)	
	<0,16	<0,20		
Ilman liikenopeuden tavoitearvot $t_{ilma} = 21 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 23 \text{ °C}$ $t_{ilma} = 25 \text{ °C}$	<0,20	<0,25	<0,30 (kesä)	Sisäilmastoluokitus 2008
Ulkoilmavirtojen normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot				Sisäilmastoluokitus 2008
Tila: Toimitila (normaali tilatehokkuus, lattia-ala 12 m²/hlö)	S1	S2	S3	
	16 dm ³ /s per henkilö	13 dm ³ /s per henkilö		
	1,5 dm ³ /s per neliö	1,5 dm ³ /s per neliö	1,5 dm ³ /s per neliö	
Tila: Toimitila (suuri tilatehokkuus, lattia-ala 8 m²/hlö)	S1	S2	S3	
	14 dm ³ /s per henkilö	11 dm ³ /s per henkilö		
	2,0 dm ³ /s per neliö	1,5 dm ³ /s per neliö	1,5 dm ³ /s per neliö	
Tila: Neuvotteluhuone (lattia-ala 3 m²/hlö)	S1	S2	S3	
	12 dm ³ /s per henkilö	9 dm ³ /s per henkilö	8,0 dm ³ /s per henkilö	
	4,0 dm ³ /s per neliö	4,0 dm ³ /s per neliö	4,0d m ³ /s per neliö	
Hiiliidioksidipitoisuus [ppm]	S1	S2	S3	Sisäilmastoluokitus 2008
	<750	<900	<1200	

Liite 4

Astma kosteus- ja homevauriorakennuksissa

Liite 4. Taulukko 1. Astman yhteys kosteus- ja homevaurioihin työpaikan rakennuksissa ja kodeissa.

Tutkimusraportti	Astmatapaukset	Diagnoosi	Löydös	Löydöksen toteaminen	Työ/Koti	Riski (OR/IRR)
Jaakkola ym. 2002	521 uutta astmaa, 932 verrokkia, lapset, Pirkanmaa	Lääkärin toteamat astmat	Näkyvä home tai haju	Raportoitu itse löydös	Työ	1.54 (1.01-2.32)
Gunnbjornsdottir ym. 2006	15 995 henkilöä, ikä 20-44 v., European Community Respiratory Health Survey (ECRHS I)	Uusi astma	Kosteusvaurio, kodit	Raportoitu itse löydös	Koti	1.13 (0.92-1.40)
Jaakkola ym. 2005	1916 lasta, ikä 1-7 v., Espoo	Astma	Homeen haju Näkyvä home	Raportoitu itse löydös	KotiKoti	IRR 2.44 (1.07-5.60) IRR 0.65 (0.24-1.72)
Pekkanen ym. 2007	362 lasta, ikä 12-84 kk, astma, Kuopio	Uusi astma	Vähäinen tai laaja kosteusvaurio tilassa, jossa asutaan Laajin (2+) kosteusvaurio tilassa, jossa asutaan	Tutkittu rakenne	Koti	2.24 (1.25-4.01) 4.04 (1.60-10.20)

