



Työterveyslaitos

Kosteusvaurioiden vähentäminen rakennuksissa

TALOTEKNIKKAJÄRJESTELMÄT
RAKENNUSTEN KOSTEUSVAURIOIDEN
AIHEUTTAJINA

Rauno Holopainen
Kari Reijula



Työterveyslaitos

Kosteusvaurioiden vähentäminen rakennuksissa

TALOTEKNIKKAJÄRJESTELMÄT RAKENNUSTEN KOSTEUSVAURIOI-
DEN AIHEUTTAJINA

Rauno Holopainen ja Kari Reijula

Työterveyslaitos

Helsinki 2012

Työterveyslaitos

Käyttäjälähtöiset toimivat työtilat -teema

Topeliuksenkatu 41 a A

00250 Helsinki

www.ttl.fi

Kansi: Mainostoimisto Albert Hall Finland Oy Ltd

© 2012 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-252-6 (PDF)

ESIPUHE

Rakennuksissa esiintyy lämmön ja kosteuden aiheuttamia vaurioita, jotka ovat yleensä syntyneet pitkän ajan kuluessa. Vauriot saattavat aiheuttaa käyttäjille sisäilmaoireita, jos vaurioita ei korjata riittävän ajoissa. Suurin osa kosteusvaurioista voitaisiin välttää rakenteiden ja taloteknisten laitteiden oikealla suunnittelulla ja materiaalivalinnalla, huolellisella rakentamisella ja kunnossapidolla sekä oikealla käytöllä.

Tässä kirjallisuustutkimuksessa käsitellään talotekniikkajärjestelmistä aiheutuvia vesivahinkojen ja kosteusvaurioiden syitä sekä tekijöitä, joilla vaurioita voidaan rakennuksissa vähentää. Kirjallisuuslähteinä on käytetty pääasiassa Suomen rakentamismääräyksiä sekä kotimaisia rakennus- ja talotekniikka-alan oppikirjoja, tutkimusraportteja, opinnäytetöitä sekä seminaariesitelmää. Koska tutkimusaihe on tärkeä, raportissa on viitattu myös ammatti- ja päivälehtien artikkeleihin.

Kirjallisuustutkimus liittyy Työterveyslaitoksen eduskunnan tarkastusvaliokunnalle tekemään selvitykseen rakennusten kosteus- ja homevaurioiden syistä, laajuudesta ja vaikutuksista Suomessa. Tutkimus tehtiin vuoden 2012 kevään ja kesän aikana professori Kari Reijulan johdolla. Tutkimusta rahoittivat eduskunnan tarkastusvaliokunta ja Työterveyslaitos.

Luonnosvaiheen tekstiä arvioivat Työterveyslaitoksen toiminta-alueen johtaja Anna-Liisa Pasanen, eläinlääketieteen tohtori Eeva-Liisa Hintikka (työskentelyoikeudet), laboratoriopäällikkö Erkki Kähkönen, palvelukeskuksen päällikkö Pekka Olkinuora, työhygieenikko Kari Salmi, asiantuntija Veli-Matti Pietarinen ja diplomi-insinööri Olavi Holmijoki (työharjoittelu Työterveyslaitoksella korjausrakentamisen asiantuntijana) sekä ISS Palvelun aluepäällikkö Jukka Holopainen.

Kirjoittajat lausuvat parhaimmat kiitokset tutkimuksen rahoittajille ja raportin arviointiin osallistuneille henkilöille. Lisäksi kirjoittajat kiittävät kustannustoimittaja Mari Purolaa ja englannin kielen toimittaja Alice Lehtistä raportin kielen tarkastuksesta.

Helsingissä 2012

Tekijät

TIIVISTELMÄ

Lämpö ja kosteus aiheuttavat valtaosan rakennusten kosteusvaurioista. Dick Björkholtz arvioi vuonna 1987 julkaistussa rakennusfysiikan Lämpö ja kosteus -kirjassaan kosteusvaurioista aiheutuvan taloudellisen menetyksen olevan vuosittain noin 3–4 % talonrakennuksen investointikustannuksista. Suurin osa kosteusvaurioista voitaisiin estää rakenteiden ja talotekniikkajärjestelmien oikealla suunnittelulla, huolellisella rakentamisella ja kunnossapidolla sekä oikealla käytöllä.

Talotekniikkajärjestelmistä aiheutuu rakennuksiin vesivahinkoja ja kosteusvaurioita muun muassa putkisto- ja laitevuotojen, viemäritukosten, viemäreiden kapasiteetin ylittymisen, eristämättömien putkistojen ja kanavien, rakennusautomaatiojärjestelmien säätö- ja ohjausvirheiden, kosteuskuorman nähden riittämättömän ilmanvaihdon, rakenteiden ilmapuotojen sekä rakennusten ylipaineisuuden takia. Kosteusvaurioita aiheuttavat myös järjestelmien virheellinen käyttö.

Finanssialan Keskusliiton mukaan Suomessa oli vuotovahinkoja vuonna 1990 noin 27 000 kappaletta, joista maksettiin korvauksia noin 50 miljoonaa euroa. Vastavasti vuonna 2010 vuotovahinkoja oli noin 40 000 kappaletta ja korvauksia maksettiin noin 150 miljoonaa euroa. Vuotovahinkojen määrä on kahdessakymmenessä vuodessa kasvanut noin 48 %. Vuotovahingoista aiheutuvien rakennusten kosteus- ja homeongelmien määrän ei ole ilmoitettu kasvaneen.

Ilman on vaihduttava rakennuksen sisätilojen lisäksi tuuletetuissa ala- ja yläpohjissa sekä ulkoverhouksen ilmaraossa, jotta näissä syntyvä tai niihin kulkeutuva kosteus saadaan poistetuksi. Rakennuksen on oltava ulkoilmaan nähden alipaineinen ja vaiipan tiivis, jotta sisäilman kosteus ei pääse kulkeutumaan rakenteisiin. Rakennuksen ala- ja yläpohjien tiiviyys on erityisen tärkeää, jotta alapohjan kosteus ja epäpuhtaudet eivät siirry rakennuksen sisätiloihin eikä sisätilojen kosteus rakennuksen yläpohjan ilmatilaan. Kirjallisuuden mukaan ala- ja yläpohjatilojen kuivana pitäminen saattaa tulevaisuudessa edellyttää tuuletuksen lisäksi joko kesäaikaista lämmitystä tai koneellista kuivausta.

Rakennuksen sisätilojen lämmityksellä estetään vesijohtoja jäätymästä ja siten aiheuttamasta vesivahinkoa rakennukseen. Lisäksi lämmityksellä estetään sisäilman lämpötilaa jäähtymästä liikaa ja ilman suhteellista kosteutta kohoamasta haitallisen korkeaksi. Vesijohtojen jäätyneen ja ilmassa olevan vesihöyryn tiivistymisen estämisen kannalta rakennusten lämmitys voidaan toteuttaa esimerkiksi perus- tai kuivanapitolämmityksellä.

Rakennusten lämmitys-, vesi- ja viemäri-, ilmanvaihto-, jäähdytys- sekä rakennusautomaatiojärjestelmien oikea käyttö ja kunnossapito ehkäisevät järjestelmistä aiheutuvia vesivahinkoja ja kosteusvaurioita sekä niistä mahdollisesti aiheutuvia sisäilmaongelmia.

ABSTRACT

Most moisture damage to buildings is caused by a combination of heat and humidity. Dick Björkholtz estimated in his building physics book, published in 1987, that the annual economic loss of moisture damage was about 3–4% of the investment costs of building construction. Most moisture damage could be prevented by correct design, careful construction and maintenance, as well as the correct use of the building and its systems.

Buildings' technical systems may cause water and moisture damage through pipe and equipment leaks, sewer blockages, exceeding sewer capacity, non-insulated pipes and ducts, regulation and control errors in building automation systems, inadequate ventilation, air leakages of building envelopes and overpressure of building spaces. Incorrect use of building systems can also cause moisture damage.

According to the Federation of Finnish Financial Services, the number of leakage damage cases was about 27 000 in 1990, and about 50 million euros was paid in compensation. In 2010, the number was about 40 000, and the compensation paid was about 150 million euros. Although the amount of leakage damage has increased by approximately 48% in twenty years, the number of moisture and mould problems due to leakage damage has not increased, according to the reports.

Ventilation has to be efficient enough to remove excess moisture from indoor air, the base floor and roof air spaces as well as from the wall air gaps of a building. Building spaces have to be underpressured, whereas the atmosphere and building envelope has to be tight enough to prevent moisture transmission into the envelope. It is important to prevent moisture and contaminant transmission from the base floor space into indoor air and from indoor air into the roof air space. According to the literature, base floor and roof air spaces may need additional heating or drying in summer time in the future, due to climate change and energy efficient construction.

Heating building spaces prevents water pipes from freezing and causing water damage to buildings. It also prevents water vapour condensation from the air onto cool surfaces. This may be carried out using either basic or demand control heating systems.

The correct use and maintenance of automation systems for space heating, water and the sewage systems, ventilation, cooling, and building prevent moisture damage and indoor air problems in buildings.

SISÄLLYSLUETTELO

ESIPUHE	3
TII VI STELMÄ.....	4
ABSTRACT	5
SI SÄLLYSLUETTELO	6
1 JOHDANTO.....	7
2 ILMASTONMUUTOS	10
3 ENERGIATEHOKKUUS	12
4 KÄYTTÖ, HUOLTO JA KUNNOSSAPITO	15
5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	17
6 VESI - JA VI EMÄRI JÄRJESTELMÄT	19
7 ILMANVAIHTO- JA ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄT	22
8 JÄÄHDYTYS- JA KYLMÄTEKNISET JÄRJESTELMÄT	25
9 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT	27
10 TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA	28
10.1 Ilmastonmuutos	28
10.2 Energiatehokkuus	28
10.3 Järjestelmien käyttö, huolto ja kunnossapito	28
10.4 Lämmitysjärjestelmät	29
10.5 Vesi- ja viemärijärjestelmät	29
10.6 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät	29
10.7 Jäähdytys- ja kylmätekniset järjestelmät	30
10.8 Rakennusautomaatiojärjestelmät	30
11 JOHTOPÄÄTÖKSET	31
KIRJALLI SUUS	33

1 JOHDANTO

Viimeisten vuosikymmenten aikana on tehty lukuisia tutkimuksia sisäilmaongelmien vähentämiseksi. Tutkimukset ovat käsitelleet sisäilmaongelmien taustalla olevia syitä ja niistä mahdollisesti aiheutuvia terveyshaittoja (esimerkiksi Finnegan et al. 1984, Jaakkola ja Miettinen 1995, Ruotsalainen 1995, Seppänen et al. 1999). Tutkimuksissa ja niiden pohjalta tehdyissä raporteissa, oppaissa ja artikkeleissa on annettu toimenpide-ehdotuksia sisäilmaongelmien vähentämiseksi (esimerkiksi Kääriä ja Salmela 1965, Tuomola ja Siitonen 1965, Tuomola ja Siitonen 1970, Aittomäki 1971, SITRA 1977, STM 1978, KTM 1986, Seppänen ja Ruotsalainen 1996, Säteri 1996, Haahtela ja Reijula 1997, Ruotsalainen ym. 1997, Leivo 1998, YM 1998a, YM 1998b, Rakennuslehti 2002, STM 2003, Tekes 2003, Saarela ym. 2005, Hekkanen 2006, Tekes 2006, Harju ja Matilainen 2007, Pietiläinen ym. 2007, Asikainen ja Peltola 2008, Heli 2008, SIY 2008a, SIY 2008b, WHO 2009, RIL 250-2011, Salonen ym. 2011, Kosteus- ja hometalkoot 2012). Tehdyistä tutkimuksista ja toimenpide-ehdotuksista huolimatta sisäilmaongelmien vähentämisessä on vielä paljon parannettavaa.

Huomattava osassa Suomen rakennuskannassa on kosteus- ja homeongelmia (Hautajärvi 2011). Syynä niihin ovat muun muassa 1960-luvulta lähtien yleistyneet kosteusvauriolle alttiit rakenteet ja materiaalit sekä suunnittelu- ja rakentamisprosessin pirstaleisuus, huolimattomuus, rakennusvirheet sekä työmaasuojauksen puutteellisuus. Lisäksi rakennusten vääränlainen käyttö ja kunnossapidon laiminlyönti aiheuttavat rakennuksiin kosteusvaurioita. Hautajärven mukaan alan ongelmia ei saada ratkaistua teettämällä rakennuksille kalliita, standardeihimme huonosti soveltuvia ulkomaisia sertifiointeja. Käsitykset rakentamisesta sekä suunnittelu- ja toteutusprosesseista pitäisi uudistaa kokonaan. Tämä vaatii myös koulutuksen uudistamista. Koulutuksessa on painotettava alusta lähtien ammattiyhdistyksen pohjautuvaa yritteliäisyyttä ja erikoistumista. Rakennus- ja kiinteistöalan ammattiteissa on tulevaisuudessa korostettava myös energia- ja ympäristötietoisuutta (Seppänen 2012).

Kuntaliitto teetti vuosina 2000 ja 2005 kyselytutkimukseen perustuvan selvityksen kosteus- ja homevaurioiden määristä ja syistä kuntien julkisissa rakennuksissa (Ruokojoki 2006). Vuonna 2005 kosteus- ja homekorjausten syitä olivat (osuus prosentteina) suunnitteluvirheet (42 %), rakentamisvirheet (28 %), huoltovirheet (12 %), käytötapavirheet (4 %) ja energiansäästövirheet (1 %). Muiden syiden osuus kosteus- ja homekorjauksiin oli 13 %. 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.

Vuosina 1998–2002 Hengitysliitto Helin korjausneuvontatoiminnan tarkastettaviksi tulleissa pientaloissa (n=429) mikrobivauriota esiintyi yleisimmin alapohjarakenteissa, pesutiloissa ja kellareissa (Pirinen 2006). Suurin osa vaurioista oli aiheutunut veden valumisesta tai kapillaarisuuden takia rakenteisiin siirtyneestä kosteudesta. Taloissa oli vain muutama ilmanvaihdon puutteellisuudesta aiheutunut vaurio. Aineistossa ei ollut yhtään vauriota, joka olisi aiheutunut rakennusmuovien käytöstä höyrünsulkuna. Mikrobivauriot olivat usein rakenteiden sisällä hankalasti löydettävissä siten, että niistä ei ollut näkyvissä silmin havaittavia merkkejä. Pientalojen omistajilta puuttuvat usein talon käyttöohjeet, huolto- ja kunnossapitosuunnitelmat sekä dokumentit tehtyjen korjausten ajankohdasta (YM 2006).

Suomalaisten koulurakennusten sisäilman laatua tutkittiin jo vuosina 1963–1969 laajassa kenttäselvityksessä (Tuomola ja Siitonen 1965, Tuomola ja Siitonen 1970). Jo tuolloin havaittiin koulujen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien käytössä ja kunnossa olevan puutteita, joita voitaisiin vähentää sekä asianmukaisen huollon että riittävän selväpiirteisten ja velvoittavien käyttöohjeiden avulla. Sisäilman laadun parantamiseksi koulujen sisäilmastolle ehdotettiin tavoitteiden määrittelyä ja vastaanottotarkastukset ehdotettiin tehtäväksi luotettavilla mittauksilla.

Suuren osan rakennusten sisäilmasto-ongelmista on arvioitu johtuvan ilmanvaihtolaitteiden puutteellisesta käytöstä ja huollon laiminlyömisestä (Seppänen ja Ruotsalainen 1996). Talotekniikkajärjestelmien käytön ja huollon on arvioitu tulevan entistä tärkeämmiksi energiatehokkaissa rakennuksissa (LVI Talotekniikkateollisuus 2012). Järjestelmien käytöstä on olemassa kansantajuisia ohjeita (esimerkiksi Heli 2008, Motiva 2012a, Motiva 2012b) ja niitä olisi hyödynnettävä nykyistä enemmän.

Vedenkäyttö on muuttunut rakennuksissa vuosikymmenten aikana (Leppänen 2011). Esimerkiksi rintamamiestaloissa ei ollut alun perin vesijohtoja, ei vesi-WC:tä, ei suihkuja, ei saunaa eikä pyykin- tai astianpesukonetta. Pyykki pestiin ulkona tai ulkosaunassa, jossa myös peseydyttiin. Veden tarve ruoanlaittoon ja astioiden pesuun oli vähäistä ja tarvittava vesi tuotiin rakennukseen ämpäreissä kantamalla. Nykyinen vedenkäyttömme, joka on noin 100–300 dm³/(vrk,hlö) (Motiva 2012b), aiheuttaa näissä rakennuksissa moninkertaisen kosteuskuormituksen alkuperäiseen käyttöön verrattuna.

Rakennusten tuuletettujen alapohjien (ryömintätilojen) kuivana pitämistä tutkittiin Suomessa 1990- ja 2000 luvuilla (Kurnitski ym. 1999, Kurnitski 2000, Rakennuslehti 2002, Airaksinen 2003, TTY 2008). Alapohjien kosteusongelmien syitä olivat alustatiloihin valuneet katto- ja pintavedet, kosteuden tiivistyminen sekä virheellisten tuuletus- ja pohjaratkaisujen käyttö. Alapohjan kuivana pitämistä voidaan parantaa suunnittelemalla alapohjatilojen rakenteet oikein sekä huolehtimalla rakennustöiden siisteydestä ja alapohjien jatkuvasta ilmanvaihdosta (Kurnitski 2000, Björkholtz 2010). Kevytsoraeristyksellä voidaan tasoittaa alapohjatilan kosteusvaihteluita ja estää näin homeongelmien syntyminen (Airaksinen 2003). Alapohjan suhteellisen kosteuden kohoamista haitallisen korkeaksi voidaan estää myös koneellisella kuivauksella ja kesäaikaisella lämmityksellä (Kurnitski 1999, TTY 2008, Airaksinen 2011).

Rakennusten tuuletettujen yläpohjien toimintaa on selvitetty FRAME-hankkeessa (FRAME-hanke 2011, Laukkarinen 2011). Yläpohjien lämpötilaa ja suhteellista kosteutta mitattiin kuudessa vuosina 1983–2010 valmistuneessa pientalon yläpohjassa. Mittausten aikana ilmatila oli keskimäärin 0–4 °C:tta ulkoilmaa lämpimämpi. Vuorokauden aikana esiintyi tilanteita, jolloin yläpohjan lämpötila oli ulkoilman lämpötilaa matalampi. Tutkimuksen mukaan yläpohjan kuivana pitäminen edellyttää ilmanvaihdon tarpeenmukaista käyttöä. Yläpohjan lisäeristäminen viilentää tuuletustilaa ja nostaa sen suhteellista kosteutta. Sisäilmasta yläpohjaan siirtyvää kosteuden määrää voidaan vähentää ilmatiiviillä yläpohjalla (Björkholtz 2010, Laukkarinen 2011). Ilmastonmuutoksen on arvioitu kasvattavan kosteusrasitusta rakennusten tuuletetuissa ala- ja yläpohjissa (TTY 2008).

Rakennuksissa on aina esiintynyt erilaisia lämmön ja kosteuden aiheuttamia vaurioita (Kaila 1997, YM 1998b, Björkholtz 2010). On myös tyypillistä, että Suomen ilmastossa ulkoilman kanssa kosketuksissa olevissa puupinnoissa saattaa esiintyä alkavaa homeen kasvua syksyisin, kun ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus ovat pitkäaikaisesti korkeita (Kokko ym. 1999). Björkholtz (2010) arvioi kosteusvaurioista aiheutuvan taloudellisen menetyksen olevan vuosittain noin 3–4 % talonrakennuksen investoinneista. Suurin osa vaurioista on turhia ja ne voitaisiin estää rakenteiden oikealla suunnittelulla ja materiaalivalinnoilla sekä huolellisella rakentamisella ja kunnossapidolla (RIL 155 1984, Kaila 1997, Kokko ym. 1999, Rakennuslehti 2002, Vinha ym. 2005, Björkholtz 2010).

Rakennusten kosteus- ja homeongelmien korjausurakka on suuri. Korjauksia tehdään sekä peruskorjauksina että kiireellisinä homekorjauksina (Orkoneva 2010). Sisäilmaongelmaisen rakennuksen korjaaminen vaatii perusteellista kuntotutkimusta, hyvää korjaussuunnittelua ja tiedonsiirron hallintaa (Asikainen ja Peltola 2008). Keskeisimmät kosteusvaurioita ehkäisevät toimenpiteet ovat suunnittelun ja rakentamisen laadun parantaminen (Nieminen 2009). Aikataulujen lyheneminen ja urakoiden pilkkominen pieniin osiin ovat aiheuttaneet kovia haasteita rakentamisen laadun ylläpitämiselle (Hautajärvi 2011). Tekijöiden ammattitaito ja asenne sekä työn valvonta ovat avainasemassa, kun halutaan parantaa rakentamisen laatua (Rakennuslehti 2011a, Rakennuslehti 2011b).

2 ILMASTONMUUTOS

Ilmastonmuutos on yksi aikamme suurimmista haasteista. Ympäristöongelmien lisäksi se tulee aiheuttamaan merkittäviä taloudellisia, sosiaalisia ja yhteiskunnallisia vaikutuksia. Ilmastonmuutoksen aiheuttavat kasvihuonekaasut, joita ovat muun muassa hiilidioksidi, metaani, vesihöyry ja otsoni sekä synteettiset kemikaalit, kuten kloorifluoratut hiilivedyt ja fluoriyhdisteet (Ilmatieteenlaitos 2012a). Ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasut syntyvät lähinnä fossiilisten polttoaineiden tuotannosta ja kulutuksesta sekä liikenteen, teollisuuden ja maatalouden päästöistä. Hiilidioksidi on merkittävin ihmisen toiminnasta aiheutuva kasvihuonekaasu.

Suomen keskilämpötila on noussut viimeisen sadan vuoden aikana noin yhden asteen. Ilmastonmuutoksen seurauksena keskilämpötilan on ennustettu jatkavan nousuaan, ja sateisuuden ja tuulisuuden on ennustettu voimistuvan. Kasvihuonekaasujen päästöjen jatkuva maailmanlaajuinen kasvu voi nostaa Suomen keskilämpötiloja ennen vuosisadan loppua 5–6 °C (Ilmatieteenlaitos 2012a). Jos päästöjä saadaan rajoitettua suunnitellulla tavalla, lämpötilan nousu voi jäädä noin 3 °C:seen.

Ilmaston lämpeneminen vaikuttaa rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutukseen. Energiankulutuksen laskentaa varten on tehty uusi testivuosi TRY2012 sääaineisto, joka korvaa aiemmin käytetyn testivuoden 1979 sääaineiston (Ilmatieteenlaitos 2012b, Jylhä 2012). Testivuoden TRY2012 tunnitaiset sääaineistot perustuvat Vantaalla, Jyväskylässä ja Sodankylässä tehtyihin säähavaintoihin vuosina 1980–2009. Tulevaisuuden muuttuvaa ilmastoa varten on tehty sääaineistot myös testivuosille TRY2030, TRY2050 ja TRY2100, jotka on tarkoitettu käytettäväksi arviointaessa rakennusten energiankulutuksen muuttumista tämän vuosisadan aikana.

Maan kohoaminen on ollut viime vuosisadan aikana meren pinnan nousua voimakkaampaa koko Suomen rannikolla. Viime aikoina ja erityisesti tulevaisuudessa meren pinnan nousun kiihtyminen saattaa muuttaa tilannetta (Ilmatieteenlaitos 2012a). Uusimpien ennusteiden mukaan näyttää siltä, että Suomen etelärannikolla keskimääräinen vedenkorkeus lähtee nousuun maan suhteen, mikä on otettava huomioon rakentamisessa. Ilmastonmuutos saattaa vaikuttaa myös merenpinnan korkeuden vaihteluihin ja vaihtelujen maksimiarvoihin.

Ilmastonmuutoksen huomioiminen rakentamisessa aina alueiden käytön suunnittelusta rakennusten sijoitteluun, rakentamiseen ja elinkaaren aikaiseen ylläpitoon asti on tärkeää, jotta ilmastonmuutoksen haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää. Ilmastonmuutoksen vaikutukset lisäävät muun muassa rakentamisen vaatimusten ja rakennusten ylläpidon tarvetta. Ilmastonmuutoksen myötä esimerkiksi rakennusten ulkoverhoilu kuormittuu kosteudesta ja tuulesta huomattavasti nykyistä enemmän. Sateisuuden lisääntyminen kasvattaa saderasitusta 20–50 %:lla ja tuulisella säällä viistosateet kastelevat rakennusten julkisivuja aikaisempaa useammin (Ilmatieteenlaitos 2012a). Rakenteiden kuivumisjakso jää tällöin lyhemmäksi ja rakennuksen

ulkopinnat jäävät pitemmäksi aikaa märäksi. Tämä saattaa johtaa muun muassa siihen, että ulkopintojen käyttöaika tai huoltoväli lyhenee tulevaisuudessa.

3 ENERGIATEHOKKUUS

Öljykriisin vuoksi 1970-luvulla alettiin maailmanlaajuisesti tutkia, kuinka rakennusten energian kulutusta voitaisiin vähentää ja uusia energialähteitä kehittää. Tämän lisäksi haluttiin parantaa LVI-järjestelmien ja -laitteiden energiatehokkuutta (Aittomäki 2005). Tuolloin rakentamismääräyksiä muutettiin nopeasti, ikkunoita pienennettiin ja sekä uusiin että vanhoihin taloihin lisättiin eristeitä ja höyrynsulkumuoveja. Lisäksi ilmanvaihtoa pienennettiin. Toimenpiteiden seurauksena pelkästään Suomessa oli tuhansittain sisäilmaongelmaisia rakennuksia (Hahtela 2009, Pekkarinen-Kanerva 2010, Hautajärvi 2011).

Rakennusten lämmitysenergian kulutuksessa on arvioitu olevan suuria säästömahdollisuuksia (Rakennustaito 2001a, Rakennustaito 2001b). Rakennuksen energiankulutukseen vaikuttavat muun muassa ulkoiset olosuhteet, rakennus- ja talotekniikkajärjestelmät ja niiden energiatehokkuus sekä tilojen käyttäjien käyttötottumukset. Pientaloissa käyttötottumukset saattavat aiheuttaa moninkertaisia eroja energiankulutukseen (Lindberg 2012). Käyttötottumukset saattavat siten olla myös yksi syy siihen, että laskennallisesti arvioidut energiankulutukset ovat uusissa rakennuksissa pienempiä ja vanhemmissa rakennuksissa suurempia toteutuneisiin kulutustietoihin nähden (Kaila 1997, Lindberg 2012).

Heinäkuun 2012 alusta tulivat voimaan uudet energiamääräykset. Määräysten tavoitteena on parantaa uusien rakennusten energiankäytön kokonaistehokkuutta noin 20 % aikaisempaan määräystasoon verrattuna (YM 2011). Keskeiset toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi ovat rakennuksen vaipan lämmöneristyksen ja tiiviyn parantaminen sekä lämmön talteenoton tehostaminen. Määräyksillä pyritään täyttämään Suomen EU:lle antamat sitoumukset sovitun mukaisesti. Tavoitteista näyttää toteutuvan kuitenkin vain puolet, jos energiapolitiikka ja energiankäytön tehostaminen jatkuvat vuoden 2011 tasolla (Kurnitski 2012, Seppänen 2012).

Laajasti ollaan yhtä mieltä siitä, että energiatehokasta rakentamista tarvitaan. Näkemykset siitä, miten pitkälle energiatehokkuudessa tulee mennä ja lisäävätkö tulevat toimenpiteet rakennuksien kosteus- ja homeongelmia, poikkeavat asiantuntijoilakin (esimerkiksi Rakennustaito 2008, TTY 2008, VTT 2008, Rakennuslehti 2011c). Laskennallisesti on arvioitu, että rakennusten lämmöneristyksen parantaminen nykyisestä määräystasosta paremmaksi kasvattaa kesäaikaista jäähdytysenergian tarvetta ja pienentää näin lämmöneristyksellä saavutettavaa hyötyä (FRAME-hanke 2011, Jokisalo 2012).

Uudet energiamääräykset edellyttävät, että rakennuksen ostoenergiankulutus laskeaan määräyksissä esitetyillä sisäilmasto-olosuhteiden, rakennuksen ja sen järjestelmien käyttö- ja käyntiaikojen sekä sisäisten lämpökuormien lähtöarvoilla sekä ulkoilman säätiedoilla (RakMK D3 2011). Uudet määräykset edellyttävät myös rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen (E-luvun) laskemista. E-luku on energia-

muotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergiankulutus rakennustyypin standardikäytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden.

Rakennuksen vaippaan kuuluvan seinän, yläpohjan ja alapohjan tai puolilämpimään tilaan rajoittuvan rakennusosan lämmönläpäisykerroin saa olla enintään $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ (RakMK D3 2011). Rakennuksen lämmöneristyksen suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota rakennusosien oikeaan lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Rakennusosien lämpö- ja kosteustekninen toiminta on erityisen tärkeää silloin, kun rakennusosien lämmönläpäisykertoimina käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 kohdassa 2.5.4 esitettyjä vertailuarvoja pienempiä lämmönläpäisykertoimia.

Rakennuksen vaipan pinta-alaan suhteutettu ilmavuotoluku q_{50} saa olla uusissa rakennuksissa enintään $4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (RakMK D3 2011). Ilmavuotoluku q_{50} korvaa aikaisemmin ilmavuotolukuna käytetyn n_{50} -luvun, joka oli suhteutettu rakennuksen tilavuuteen [1/h]. Vaipan ilmatiivyyden parantamisella pyritään vähentämään vuotoilmanvaihdon määrää sekä ohjaamaan tulo- ja poistoilmavirrat lämmön talteenoton kautta (Rakennustaito 2001a, Rakennustaito 2001b, TTY 2008, Motiva 2012a, Rakennuslehti 2012a). Rakennusten tiiviysmittausten ja lämpökamerakuvausten tekemisestä ja tulosten tulkinnasta on olemassa oppaita (esimerkiksi Paloniitty ja Kauppinen 2011, Paloniitty 2012).

Ilmanvaihdon energiatehokkuus on varmistettava rakennuksen käytön kannalta tarkoituksenmukaisilla keinoilla. Rakennuksen ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen lämpömäärä, joka vastaa vähintään 45 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä (RakMK D3 2011). Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään $2,0 \text{ kW/m}^3\text{s}$.

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 ja lämmitysjärjestelmien energiatehokkuuden tarkastusta joko lakisäätöisenä tarkastusmenettelynä tai vaihtoehtoisesti neuvontamenettelynä. Ympäristöministeriö (YM) on ehdottanut energiatodistusta koskevassa esitysluonnoksessaan, että Suomessa otettaisiin käyttöön ilmastointi- ja lämmitys-järjestelmien osalta vapaaehtoinen neuvontamenettely (YM 2012a).

Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan myös korjausrakentamista koskevia energiamääräyksiä (YM 2012b). Korjausrakentamisen määräykset ovat tarpeen, koska uudisrakennusta koskevien energiavaatimusten ulottamisen vanhoihin rakennuksiin on epäilty tuhoavan 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 vähim-

mäisvaatimuksia, kun kyse on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisen järjestelmän korjaamisesta. Lausuntokierroksella (9.7.2012 asti) olevassa luonnoksessa ei vaadita, että esimerkiksi putkiremontin yhteydessä olisi tehtävä julkisivuremontti tai harkittava ikkunoiden vaihtoa (Rakennuslehti 2012b).

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) on tukenut palvelu- ja teollisuusrakennusten ja tuotantoprosessien energiakatselmustoimintaa vuodesta 1992 alkaen (Motiva 2011a). Energiakatselmustoiminnan tavoitteena on selvittää rakennusten kokonaisenergian käyttö ja energiansäästömahdollisuudet sekä mahdollisuudet uusiutuvien energiamuotojen käyttöön. Katselmusraportissa esitetään säästötoimenpiteet kannattavuuslaskelmineen ja toimenpiteiden vaikutus hiilidioksidipäästöihin. Ehdotettavien investointien takaisinmaksuaika ei saa yleensä olla kymmenen vuotta suurempi. Motiva ylläpitää energiakatselmustoiminnan seurantajärjestelmää, johon kootaan tiedot kaikista energiakatselmuksista. Lisäksi Motiva valvoo energiakatselmusraporttien laatua.

4 KÄYTTÖ, HUOLTO JA KUNNOSSAPITO

Talotekniikkajärjestelmien oikea käyttö, huolto ja kunnossapito varmistavat sen, että järjestelmät ja laitteet toimivat suunnitellulla tavalla ja kestävät tavanomaisissa käyttöolosuhteissa niille suunnitellun teknisen käyttöiän ajan (LVI 01-10424, Pietiläinen ym. 2007). Lisäksi näillä toimenpiteillä estetään järjestelmiä aiheuttamasta vesivahinkoa tai kosteusvauriota rakennukseen. Talotekniikkajärjestelmien käytöstä, tarkastuksesta ja huollosta on olemassa tarkastuspainotteisia yleisohjeita (esimerkiksi Heli 2008 ja LVI 01-10259). Tarkastusvälien tulee olla sellaiset, että tarkastettava järjestelmä pysyy kunnossa tarkastusten välisen ajan.

Pientalojen kiinteistön huoltotyöt tehdään usein omana työnään. Taloteknisten laitteiden huolto saattaa jäädä vähemmälle huomiolle, jos talossa ei ole rakennus- tai talotekniikkaan perehtynyttä henkilöä. Lisäksi korjaustoimenpiteisiin ryhdytään vasta laitevian, putkivuodon tai muun vastaavan ongelman sattuessa. Korjaustöitä tehdään myös omana työnään, mikä vaikuttaa työn laatuun (Rautio 2010).

Laaja huoltosopimus ja huoltokirjan käyttö eivät takaa sitä, että talotekniset laitteet on huollettu huolto-ohjeiden mukaan. Kiinteistöjen huoltoyhtiöitä kilpailutetaan, mikä saattaa johtaa myös huoltoyhtiöiden vaihtumiseen. Huoltoyhtiön vaihtuessa perehdytykseen ei yleensä varata riittävästi aikaa, jolloin osa huoltotöistä jää tekemättä. Kiinteistöhuollon kilpailuttaminen saattaa johtaa myös siihen, että kaikkia tarjouksen mukaisia töitä ei ehditä tekemään käytettävissä olevilla resursseilla. Tehtyjen huolto- ja korjaustöiden dokumentointia olisi parannettava, koska osa näistä tiedoista puuttuu kokonaan 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 tarjouksissa esitettyjen hintojen vertailuun. Lisäksi työn valvontaa olisi parannettava, sillä työnlaadussa on yleisesti puutteita, jotka pahimmillaan saattavat aiheuttaa vakavia vesivahinkoja ja kosteusvaurioita rakennukseen.

Hyvään kiinteistön ylläpitoon kuuluu säännöllisin väliajoin tehtävä kiinteistöjen kuntoarvio. Kuntoarviosta annetaan ohjeita KH-, LVI- ja RT-korteissa (esimerkiksi LVI 01-10278 ja LVI 01-10481, jotka on julkaistu myös KH- ja RT-kortteina). Kuntoarvio tehdään ensimmäisen kerran, kun rakennuksen valmistumisesta on kulunut enintään kymmenen vuotta (LVI 01-10481). Tämän jälkeen kuntoarvio päivitetään viiden vuoden välein. Kuntoarvion tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva järjestelmien teknisestä kunnosta ja energiataloudesta, minkä jälkeen kunnossapitotoimet voidaan kohdistaa oikein (LVI 01-10481).

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.

5 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Rakennuksen lämmitysjärjestelmien toiminnalla on keskeinen merkitys sisäilmaan ja energiatalouteen (Seppänen ja Seppänen 1996, Seppänen 2001). Lämmityskauden aikana on vältettävä tarpeettoman korkeita huonelämpötiloja, koska ilmaa lämmitettäessä sen suhteellinen kosteus pienenee. Lämmitysjärjestelmien oikea toiminta edistää terveyttä, parantaa viihtyisyyttä sekä vähentää ilman tunkkaisuutta ja kuivuutta.

Rakennusten lämmitykseen käytetään muun muassa vesikiertoista keskuslämmitystä, sähkölämmitystä, ilmalämmitystä, lämpöpumppuja ja tulisijoja (Seppänen 2001, Motiva 2009). Vesikiertoisissa keskuslämmitysjärjestelmissä vuodot saattavat aiheuttaa rakennukseen kosteusvaurioita, mutta yleensä järjestelmien putkistovuodot ovat helposti havaittavissa. Laajoissa järjestelmissä on pienten vesivuotojen havaitseminen kuitenkin vaikeaa. Mikäli verkostoon joudutaan lisäämään vettä, syynä voi olla putkistovuoto.

Ilmanvaihtolämmitys tulee todennäköisesti yleistymään matalaenergiarakentamisen yleistyessä (Pietarinen ja Saari 1999). Ilmanvaihtolämmityksen etuna on erillisen lämmitysjärjestelmän jääminen rakennuksesta pois, koska tarvittava lämmitysteho tuodaan huonetiloihin ilmanvaihdon mukana. Ilmanvaihtolämmityksen toteuttaminen vaatii rakennuksen ominaisuuksilta paljon toimiakseen parhaalla mahdollisella tavalla kovan pakkasjakson aikana (Kurkela 2011). Ilmanvaihtokanavisto on eristettävä riittävän hyvin lämpöhäviöiden ja kondenssin välttämiseksi.

Energian hinnan noustessa maa- ja ilmalämpöpumppuja on asennettu erityisesti pientaloihin aikaisempaa enemmän (Motiva 2011b). Ilmalämpöpumput tulivat Suomeen ensimmäisen kerran öljykriisin aikaan 1970-luvulla, mutta niiden käyttö jäi tuolloin vähäiseksi (AX-Suunnittelu 2003). Hyvänkin ilmalämpöpumpun säästämöhdollisuudet voi menettää sisä- ja ulkoyksikön väärällä sijoittelulla ja väärillä käyttötottumuksilla (Motiva 2011b). Ilmalämpöpumppu ja varsinainen lämmitysjärjestelmä on säädettävä siten, että lämpöpumppu toimii ensisijaisena lämmittimenä. Rakennuksen alapohjan lämmön hyödyntämistä lämpöpumpulla sisätilojen lämmitykseen on tutkittu koeluonteisesti (Hietala 2011). Tämä järjestelmä saattaa lisätä alapohjan ja -rakenteiden kosteutta (Lehtonen 2011). Lämpöpumpun kondenssivettä ei saa viemäroidä rakennuksen alapohjatilaan tai siten, että se aiheuttaa haittaa rakennukselle tai ympäristölle.

Suomen vapaa-ajan asunnoista noin kaksi kolmasosaa on sähköistettyjä, noin joka kuudennessa on pyykinpesukone. Sisäkäymälä ja astianpesukonekin kuuluvat lähes joka kymmenennen vapaa-ajan asunnon varustukseen (YM 2010). Mukavuustason noustessa vapaa-ajan asunnon käyttö on laajennut pelkästä kesämökistä myös muiden vuodenaikojen aikana tapahtuvaan käyttöön, jolloin mökkejä lämmitetään yhä enemmän ympäri vuoden, vaikka käyttö jäisikin vähäiseksi. Sisätilojen peruslämmityksellä estetään vesijohtoja ja pesukoneita jäätymästä ja aiheuttamasta ve-

sivahinkoa rakennukseen. Lisäksi sisätilojen lämmityksellä estetään sisäilman suhteellista kosteutta kohoamasta haitallisen korkeaksi. Lämmitys voidaan toteuttaa vapaa-ajan asunnoissa peruslämmityksellä tai joissakin tapauksissa kuivanapito-lämmityksellä (Piironen 2010).

Suomessa on paljon lämmittämättömiä rakennuksia, joita ei ole tarkoitettu jatkuvaan oleskeluun ja joita ei ole tarkoituksellisesti lämmitetty. Lämmittämättömiä tiloja ovat esimerkiksi lasitetut parvekkeet, ulkonevat kuistit sekä lämmittämättömät autotallit (RakMK C3 2008). Lämmittämättömän tilan sisälämpötila seuraa lämmityskaudella yleensä ulkoilman lämpötilää. Rakenteiden lämpötila muuttuu suuremman lämpökapasiteetin vuoksi ilman lämpötilää hitaammin. Tämä saattaa aiheuttaa tietyissä säävaihteluissa ilmassa olevan kosteuden tiivistymisen rakenteiden pinnoille.

Tuuletettu alapohja on yleinen alapohjarakenne suomalaisissa rakennuksissa. Tuuletetun alapohjan suhteellinen kosteus saattaa olla kesäaikana pitkäaikaisesti 80–100 % (Kurnitski ym. 1999, Kurnitski 2000, Airaksinen 2003). Rakennusten energiatehokkuuden parantuessa lämpöhäviöt ovat uusien rakennusten alapohjan läpi pienemmät kuin vanhemmissa rakennuksissa. Tämän vuoksi uusien rakennusten alapohjat ovat vanhempia rakennuksia kylmempiä ja suhteellinen kosteus on niissä korkeampi. Maapohjan lämmöneristys alentaa kesäaikana alapohjan suhteellista kosteutta (RakMK C2 1998). Alapohjan ilmatilan lämmittämisellä voidaan varmistaa alapohjan pysyminen riittävän kuivana lämpimän ja kostean jakson aikana (Airaksinen 2011). Alapohjan lämmitys edellyttää jatkuvaa lämmityksen seuranta ja valvontaa. Lisäksi on valvottava, että alapohjaan ei pääse ylimääräistä kosteutta maaperästä tai valumavetenä.

6 VESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

Rakennusten vesi- ja viemäriverkostojen vuodot aiheuttavat rakennukseen kosteus- ja epäpuhtauskuormitusta, joista saattaa aiheutua merkittävää haittaa tilojen käyttäjille (esimerkiksi Pajuriutta 2012). Putkistojen ikääntyminen ja astianpesukoneet ovat lisänneet kotitalouksissa tapahtuvia vuotovahinkoja (Pailokari 2007). Putkiremontteja tehdään tarpeeseen nähden liian vähän ja niiden määrän on arvioitu kasvavan lähivuosina (Tekniikka & Talous 2012). Putkiremonteissa tapahtuu asennusvirheitä, joita voitaisiin vähentää käyttämällä ammattitaitoista työvoimaa (Merimaa 2012).

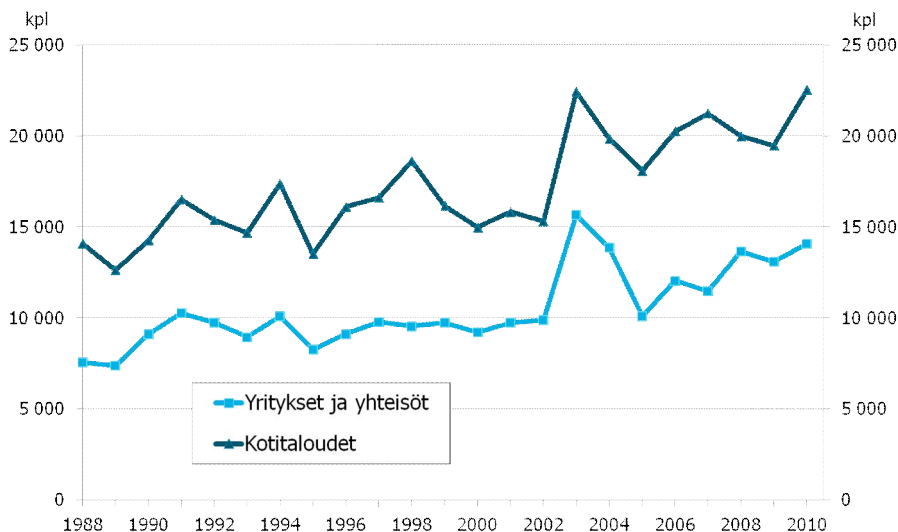
Putkistoja korjataan eri menetelmillä ja vaihtoehtoiset menetelmät ovat jo osittain korvanneet perinteistä linjasaneerausta (Merkelin-Rantala ja Rautiainen 2008, Paiho ym. 2009, Pekkinen 2011, Huotari 2012). Putkistojen korjausmenetelmistä, erityisesti pinnoituksesta ja sen kestoikästä, on erilaisia näkemyksiä (Seppälä 2010). Osa vakuutusyhtiöistä suhtautuu varauksella pinnoittamalla korjattuihin putkistoihin (Paiho ym. 2009, Seppälä 2012).

Putkiostovuodoista aiheutuvien vahinkojen osuus rakennusten kosteusvaurioista on merkittävä (Rakennuslehti 2010a). Vuotovahinkojen osuus on asuinrakennuksissa jo useita vuosia muodostanut palovahinkoja suuremman korvausmenon (Pelto-Huikko ja Kaunisto 2012). Vakuutuksenottajat eivät useinkaan saa täysimääräisenä vuotovahingoista korvauksia vakuutusyhtiöiltä, sillä ikävähennykset laskevat korvausmäärää. Omavastuun merkitys on vuotovahingoissa suurempi, koska vuotovahinkojen keskikoko on palovahinkojen keskikokoa pienempi. Tästä syystä rakennusten omistajilla pitäisi olla hyvä peruste teettää putkiremontti ennen kuin vuotavien putkistojen korjauskustannukset rasittavat vakuutuksenottajan taloutta kohtuuttomasti.

Finanssialan keskusliitto teetti vuosina 2002–2003 selvityksen putkistovuotojen aiheuttajista ja vuotopaikoista (Finanssialan keskusliitto 2009a). Selvitys tehtiin uudelleen vuosina 2008–2009. Oleellisin muutos oli se, että viemärivuodot ja -tukkeutumiset sekä astianpesukonevuodot olivat lisääntyneet verrattuna vuosina 2002–2003 tehtyyn selvitykseen. Viemäreiden tukkeutumisten lisääntyminen oli johtunut osittain niiden ikääntymisestä (Pelto-Huikko ja Kaunisto 2012). Myös asennustyön laadussa on parannettavaa, sillä jo 2000-luvulla asennetuissa putkistoissa oli vuotoja. Vuoto- ja kosteusvaurioiden välttämiseksi on laadittu ohjeet (Finanssialan Keskusliitto 2009b).

Vuotovahinkojen määrä ja vahingoista maksetut korvaukset ovat kasvaneet aina 1980-luvulta alkaen (kuva 1). Vuonna 1990 vuotovahinkoja (sisältää yritykset, yhteisöt ja kotitaloudet) oli noin 27 000 kappaletta, joista maksettiin korvauksia noin 50 miljoonaa euroa. Vastaavasti vuonna 2010 vuotovahinkoja oli noin 40 000 kappaletta ja korvauksia maksettiin noin 150 miljoonaa euroa (Finanssialan Keskusliitto 2009a, Lehto 2012).

Vuotovahingot 1988-2010



Kuva 1. Vuotovahinkojen määrä Suomessa vuosina 1988–2010 (Lehto 2012).

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C2 mukaan rakennusten vesi- ja viemärlaitteistot niihin liittyvine laitteineen on suunniteltava, rakennettava ja varustettava siten, että mahdollinen vesivuoto voidaan havaita niin aikaisin, ettei vesivuoto ehdi aiheuttaa laajaa vesi- tai kosteusvahinkoa rakennukseen (RakMK C2 1998). Putkistot ja laitteet on sijoitettava, eristettävä tai varustettava siten, ettei putkistoissa oleva vesi jäädy ja ettei putkien tai laitteiden pinnoille tiivisty haitallisessa määrin vettä. Jos putkien ja laitteiden pinnoille tiivistyy vettä, on vesi johdettava pois haittaa aiheuttamatta.

Rakennuksen sisäpuolisten putkistovuotojen aiheuttamien kosteusvaurioiden havaitseminen on vaikeaa, jos vesivuoto on rakenteen takana. Piilevät kosteusvauriot tulevat usein esille vasta rakenteen purkamisen yhteydessä. Putkivuotoja voidaan ennalta ehkäistä 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 varmoja menetelmiä.

Rakennusten sadevesiviemärit mitoitetaan viettoviemärinä (RakMK D1 2007). Vaakaviemärit mitoitetaan täyden putken virtaamille ja pystyviemärit täyttösuhteella 1/3. Sadeveden mitoitusvirtaama lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 annetun kaavan (1) mukaan. Sadevesiviemärit on sijoitettava rakennukseen siten, että ne voidaan helposti korjata tai vaihtaa. Sadevesiputkistojen vuotoja voidaan ennaltaehkäistä pitämällä kattokaivot ja räystäskourut puhtaina ja sulina 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.

Vanhoissa kaupunkien keskustoissa on edelleen sekavesiviemäroityjä alueita. 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 (Suomen ympäristökeskus 2008, Jylhä 2012). Tämän vuoksi viemäriverkostojen tulvan hallintaan, hulevesien poisjohtamiseen, padotuskorkeuteen ja verkostojen takaisinvirtauksen estämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tulvariskin ja tulvimisen aiheuttaminen haittojen takia sekavesiviemäreistä tulee yleisesti pyrkiä eroon (Ranta-Pere 2009, Kuntaliitto 2012).

Putkistojen ja siihen liittyvien laitteiden kunto on tarkastettava säännöllisesti laitteiden huolto-ohjeiden mukaan. Putkistojen ensimmäinen kuntoarvio olisi tehtävä rakennuksen kuntoarvion yhteydessä viimeistään kymmenen vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisen tai putkiston uusimisen jälkeen. Putkiston ensimmäinen kuntotutkimus on tehtävä viimeistään 15 vuoden kuluttua rakennuksen valmistumisesta tai putkistojen uusimisesta, tai kun putkistossa on ollut havaittuja vesivuotoja yli kolme kappaletta tai yksi vakava vesivuoto viimeisen kahden vuoden aikana (Helenius ym. 1998).

Putkistoille ei tarvitse tehdä kuntotutkimusta vaan putkistot uusitaan kokonaisuudessaan, jos asennuksesta tai uusimisesta on kulunut yli 40 vuotta ja putkistoissa on ollut havaittuja vesivuotoja yli viisi kappaletta viimeisen kahden vuoden aikana ja näistä vuodoista vähintään kaksi on ollut vakavia vesivuotoja (Helenius ym. 1998). Rakennuksen kiinteässä putkiverkossa olevan vesivuodon katsotaan olevan vakava, jos se on annettu vakuutusyhtiön korvattavaksi. Jos kiinteistöllä ei ole vakuutusta, voidaan vesivahinko katsoa vakavaksi, jos se on aiheuttanut huomattavia taloudellisia kustannuksia.

7 ILMANVAIHTO- JA ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄT

Rakennusten ilmanvaihtojärjestelmiä syytetään usein rakennusten sisäilmaongelmien aiheuttajiksi (Seppänen ja Ruotsalainen 1996). Syy ei ole välttämättä itse ilmanvaihtojärjestelmässä vaan huollon ja kunnossapidon laiminlyönnistä tai tilan käyttötarkoitukseen nähden riittämättömästä ilmanvaihdosta. Tästä on esimerkkinä koulun luokkahuone, jossa saattaa olla oppilaita ajoittain huomattavasti enemmän kuin mihin luokkahuoneen ilmanvaihto on mitoitettu. Riittämätön ilmanvaihto kohottaa sisätilojen ja tuuletettujen tilojen kosteutta ja saattaa johtaa pahimmillaan rakenteiden kosteusvaurioihin.

Ilman tulee vaihtua rakennuksen sisätilojen lisäksi tuuletetuissa ala- ja yläpohjatiiloissa sekä seinien tuuletusraoissa (Seppänen 1996, Säteri 1998, Seppänen 1999, SIY 2008b, Björkholtz 2010). Kosteuden hallinnan kannalta ilmanvaihdolla pyritään siihen, että ilmanvaihto kuljettaa rakennuksessa syntyvän liiallisen kosteuden pois. Lisäksi ilmanvaihdolla pyritään muuttamaan rakennuksen paine-eroja siten, ettei kostea sisäilma pääse rakenteisiin. Hyvä ilmanvaihto edistää myös kylpyhuoneiden ja muiden märkätilojen kuivana pysymistä. Kosteuden hallinnan kannalta vaativia kohteita ovat märkätilat, kuten kylpylät ja uimahallit, joissa ilman lämpötila ja kosteus ovat korkeita (Björkholtz 2010, LVI 06-10451).

Sisäilman kosteus ei saa olla jatkuvasti haitallisen korkea eikä kosteus saa tiivistyä rakenteisiin, niiden pinnoille tai ilmanvaihtojärjestelmään siten, että se aiheuttaa kosteusvaurioita tai muuta haittaa rakenteille ja tilojen käyttäjille (RakMK D2 2011). Jos sisäilman kosteus ylittää arvon $7 \text{ g H}_2\text{O/kg}$ kuivaa ilmaa, kostutetaan huoneilmaa vain painavista syistä. Arvo $7 \text{ g H}_2\text{O/kg}$ kuivaa ilmaa vastaa olosuhdetta, jossa suhteellinen kosteus on 45 %, kun huonelämpötila on 21 °C ja ilmanpaine on $101,3 \text{ kPa}$. Matalasta sisäilman suhteellisesta kosteudesta aiheutuvien haittojen vähentämiseksi on lämmityskauden aikana vältettävä tarpeettoman korkeita huonelämpötiloja. Mikäli ilmaa kostutetaan, on ilman kostutus ja kostutuslaitteiden vedenkäsittely suunniteltava ja toteutettava siten, että kostutus ei heikennä sisäilman laatua.

Huonetilojen ilmanvaihtoa on ohjattava tilojen käyttötarpeen mukaan siten, että ilmanvaihto täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 annetut ohjeet (RakMK D2 2011). Ilmavirrat on mitattava ja säädettävä ennen rakennuksen käyttöönottoa. Asuinrakennuksissa ilman on vaihdettava vähintään kerran kahdessa tunnissa (ulkoilmavirta vähintään $0,35 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$). Kun asunnossa ei oleskella ja käyttöajan ilmavirralla ei ole tarvetta, ilmanvaihtoa voidaan pienentää siten, että se on vähintään 60 % käyttöajan ilmavirrasta (ulkoilmavirta vähintään $0,2 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$). Muissa kuin asuinrakennuksissa ulkoilmavirran on oltava käyttöajan ulkopuolella vähintään $0,15 \text{ dm}^3/\text{sm}^2$, mikä vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,2 \text{ 1/h}$ tilassa, jonka korkeus on $2,5 \text{ m}$.

Rakennus suunnitellaan yleensä ulkoilmaan nähden hieman alipaineiseksi, jotta voitaisiin välttyä kosteusvaurioilta rakenteissa (Björkholtz 2010, Pellinen 2012, RakMK D2 2011). Rakennuksen alipaineisuuden on epäilty kuljettavan mikrobeja rakenteista ja ryömintätalasta huonetiloihin (esimerkiksi Airaksinen 2011, Päckilä 2012). Tämän vuoksi rakennuksen liiallista alipaineisuutta on vältettävä. Alipaine ei saa yleensä olla suurempi kuin 30 Pa (RakMK D2 2011).

Kosteuden ja epäpuhtauksien kulkeutuminen rakenteisiin ja muihin tiloihin on estetävää paine-eroilla ja rakenteiden ja niiden liitosten sekä läpivientien riittävällä tiiviydellä. Valittavan usein rakenteiden taakse piiloon jäävien talotekniikkalaitteiden läpivientien tiiviydessä on puutteita (YM 1998a). Lämpötilaeroista johtuva (termisen nosteen aiheuttama paine-ero) ilmavirtaus on huomioitava kulujen ja vastaavien tilojen suunnittelussa ja toteutuksessa. Termisen nosteen aiheuttamaa ilmavirtausta voidaan vähentää esimerkiksi kerroskohtaisilla läpivientikappaleilla.

Tuuletetun alapohjan rakenne on oltava ilmatiivis ja ilmatilan kunnollisesta tuuletuksesta on huolehdittava (RakMK C2 1998, Seppänen 1999, Kurnitski 2000, Rakennuslehti 2002, Airaksinen 2003, Björkholtz 2010, Lehtonen 2011). Tuuletus ei saa olla kuitenkaan liian voimakas (Björkholtz 2010, Laukkarinen 2011). Kesä ja syksy ovat alapohjan kuivana pysymisen kannalta vaikeimmin hallittavissa olevia vuodenaikoja (Björkholtz 2010, FRAME-hanke 2011). Alapohjan puuosat eivät saa lahota ja tämän vuoksi alapohjassa on harkittava painekyllästetyn puun käyttöä (Björkholtz 2010). Alapohjan ilmatila tuuletetaan yleensä sokkelin tuuletusaukkojen tai -putkien kautta ulkoilmaan. Alapohja voidaan tuulettaa myös koneellisesti tai painovoimaisesti esimerkiksi katolle vietävillä tuuletusputkilla. Alapohjaan ei saa muodostua umpinaisia, väliseinien tai palkkien erottamia tuulettumattomia tiloja. Alapohjan tuuletusaukkojen yhteispinta-alan tulee olla ainakin 4 % ryömintätilan pinta-alasta eli 40 cm² pinta-alan neliometriä kohden (RakMK C2 1998). Alapohjan tuuletusaukkoja ei saa missään tapauksessa sulkea kokonaan.

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

Ulkoverhouksen tausta on tuuletettava, jos kosteus ei pääse muulla tavalla 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. Esimerkiksi tiilistä muuratun ulkoverhouksen taakse joutuva haihtuva kosteus on tuuletettava vähintään 30 mm paksun tuuletusvälin kautta ulkoilmaan ja valuva vesi on ohjattava hallitusti ulkopuolelle. Ulkoseinän ilmaraon tuuletus on sitä tärkeämpää mitä huonommin ulkoverhous läpäisee vesihöyryä. Ilman pääsy ilmarakoon voi estyä rakoon tippuneen laastin tai muun mekaanisen syyn takia (Seppänen 1999).

Ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteisiin kertyy kosteutta muun muassa ulkoilman sisäänoton kautta, kondenssivetenä ja kostutuslaitteista. Lumen ja veden pääsyä ilmanvaihtojärjestelmään on vaikea estää kokonaan, mutta sitä voidaan vähentää sijoittamalla ulkoilma-aukko oikein, suurentamalla ulkoilmasäleikön otsapinta-alaa ja käyttämällä ulkoilma-aukossa veden ja lumenerottimia tai esilämmityspatteria. Jäähdytyspattereiden kondenssiveden poisjohtamisessa on usein puutteita, jotka johtuvat muun muassa kondenssivesialtaiden vääristä kallistuksista ja jäähdytyspattereiden liian suurista otsapintanopeuksista. Koneiden ja konehuoneiden vesilukkojen ja lattiakaivojen toiminta on tarkastettava säännöllisesti jäähdytys- ja lämmityskauden aikana. Ilmanvaihtokanavat on eristettävä tarvittavilta osin kondenssin välttämiseksi (RakMK C2 1998, TalotekniikkaRYL 2002).

Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmien puhtaus, toiminta ja kunto on tarkastettava säännöllisesti laitteiden huolto-ohjeiden mukaan. Tästä huolimatta ilmanvaihtojärjestelmien kunnossapidon ja puhdistuksen on arvioitu olevan täysin moitteetonta vain 5–10 % järjestelmistä (Korkala ja Laksola 2009). Tilannetta pahentaa se, että ilmavaihtojärjestelmien puhdistusta koskeva Sisäasianministeriön asetus 802/2001 on kumottu 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 puhdistus jää tekemättä, vaikka siihen olisi tarvetta.

Pelastuslaki 29.4.2011/379 määrää 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 mittausta ja tasapainotusta on tehtävä aina järjestelmien puhdistuksen jälkeen. Ilmavirtamittausten yhteydessä on tarkastettava, että rakennuksen tilat ovat hieman alipaineisia ulkoilmaan nähden.

8 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, AX-Suunnittelu 2003). Veden kondensoitumista esiintyy jäähdytysvesiputkistojen ja laitteiden pinnoilla, joiden lämpötila on niihin kosketuksessa olevan ilman kastepistelämpötilaa matalampi. Tämän vuoksi jäähdytys- ja kylmävesiputkistot ja niihin liittyvät laitteet on eristettävä lämpöhäviöiden ja kondenssin välttämiseksi. Lämmönsiirtopinnoille kondensoituva vesi on viemäroitävä pois haittaa aiheuttamatta.

Rakennusten ilmastoinnissa käytetään keskitettyjä ja hajautettuja jäähdytysjärjestelmiä (Seppänen ym. 2004). Keskitetyissä järjestelmissä ilmastointikoneen sisälle saattaa lämpimän ja kostean kesäjakson aikana lammikoitua vettä, jos jäähdytyspatterin otsapintanopeus on liian suuri, jäähdytyspatterista puuttuvat pisaranerotimet eikä kondenssiveden viemärointi toimi kunnolla. Joissakin tapauksissa ilmastointikoneen kammion pohja on asennusvirheen, kolhiintumisen tai muun syyn vuoksi kallistunut väärään suuntaan kondenssivesiviemäristä, jolloin kammioon päässyt vesi ei pääse viemäroitymään pois. Hajautettujen jäähdytyslaitteiden, kuten puhallinkonvektorin toiminta perustuu kierrätysilman jäähdyttämiseen ja ne vaativat tavanomaista enemmän huoltoa. Niiden puhtaudessa ja kondenssiveden poisjohtamisessa on havaittu olevan puutteita (Asikainen 2006).

Kylmälaitteita on käytetty pientalojen ala- ja yläpohjissa ilman kuivaamiseen (Kurnitski ym. 1999, TTY 2008, Helsingin Sanomat 2010, Airaksinen 2011). Alapohjiin asennettujen kuivaimien toiminnassa on ollut kuitenkin ongelmia (Rakennuslehti 2010b). Lisäksi joissakin rakennuksissa alapohjan ilmatilaa ei ole tuuletettu kuivaimia käytettäessä, vaikka Suomen rakentamismääräyskokoelman osa C2 edellyttää alapohjan tuulettamista (RakMK C2 1998, Aamulehti 2010). Kuivaimien käyttöä rakennuksen ala- ja yläpohjien kuivaamiseen tulisi välttää, kunnes niiden toiminta on osoitettu luotettavaksi. Mikäli rakennuksen ala- tai yläpohjien ilman kuivaamiseen käytetään kondensoivia kuivaimia, olisi niiden tarkastus tehtävä kylmälaitteiden vuototarkastuksen yhteydessä. Samalla tulee tarkastaa putkistoeristeiden kunto ja kondenssivesiviemäreiden toiminta. Kondenssivesi on viemäroitävä haittaa aiheuttamatta pois. Kondenssivettä ei saa johtaa esimerkiksi rakennuksen alapohjaltaan.

Elintarvikkeita säilytetään yleensä -2 – $+8$ °C lämpötilassa jääkaapeissa ja kylmätiloissa (MMM 2006, Huurre 2012). Pakastimien ja pakastetilojen lämpötila on yleensä -18 – -28 °C. Lämpimässä sisäilmassa olevan vesihöyryn osapaine on kylmä- ja pakastilojen vesihöyryn osapainetta suurempi (Björkholtz 2010). Tämän vuoksi vesihöyry pyrkii kulkemaan sisätiloista kylmä- ja pakkastiloihin. Kylmä- ja pakkastilojen seinärakenteiden on oltava tiiviit ja kestettävä kosteusrasitusta.

Rakennuksen omistajan on huolehdittava kylmälaitteiden vuoto- ja ilmastointijärjestelmien energiatehokkuustarkastusten teettämisestä (Finlex 2009, Finlex 2011). Kylmälaitteiden vuototarkastus on tehtävä kylmäaineen määrästä riippuen 3–12 kuukauden välein. Ilmastointijärjestelmien kylmälaitteiden energiantehokkuus on tarkastettava vähintään viiden vuoden välein. Järjestelmien säännöllisillä tarkastuksilla ylläpidetään laitteiston kuntoa ja vähennetään siten kylmäainevuotoja sekä ylimääräistä energiankulutusta ja turhia hiilidioksidipäästöjä. Energiatehokkuustarkastuksen yhteydessä kannattaa tehdä myös kylmälaitteiden vuototarkastukset, koska tarkastusten tekijät ovat samoja (Motiva 2011b).

9 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT

Rakennusautomaatiojärjestelmillä pyritään ohjaamaan talotekniikkajärjestelmiä siten, että rakennukseen saavutetaan suunnitelman mukaiset sisäilmasto-olosuhteet energiaa tuhlaamatta (Rakennusautomaatiojärjestelmät 1993). Rakennusautomaatiolla pyritään myös kondenssin hallintaan, kuten jäähdytyspalkkijärjestelmässä, jossa palkkien jäähdytysveden lämpötilaa voidaan säätää esimerkiksi ulkoilman kastepisteen mukaan. Säädestä huolimatta järjestelmissä esiintyy ajoittain kondenssia lämpimän ja kostean kesäjaksan aikana, jolloin huonetilojen jäähdytystarve on suuri (esimerkiksi Holopainen ym. 2010).

Rakennusautomaatiojärjestelmä on hyvä renki mutta huono isäntä. Rakennuksen ja taloteknisten järjestelmien huollon ja kunnossapidon seuranta ja ohjausta ei saa jättää pelkästään rakennusautomaation ja sen antamien hälytysten varaan. Rakennusautomaatio ei korvaa aistinvaraisesti tehtyjä havaintoja. Tämän vuoksi on välttämätöntä, että rakennuksen tiloissa tehdään säännöllisesti aistinvaraiseen havainnointiin perustuvia tarkastuskierroksia.

Rakennusautomaation hyödyntämisessä on parannettavaa (Paiho ym. 2000, Heikkilä 2003, Sahlsten 2005, Ihasalo 2012). Uusien energiamääräysten takia rakennusautomaation rooli tulee korostumaan entisestään (LVI Talotekniikkateollisuus 2012). Rakennusautomaation hyödyntämisen haasteena tulevat olemaan rakennusten entistä monimutkaisemmat tekniset laitteet (Ihasalo 2012). Rakennusautomaatiota olisi hyödynnettävä myös kosteusvaurioiden ja sisäilmaongelmien tunnistamisessa ja ennalta ehkäisyssä.

10 TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA

10.1 Ilmastonmuutos

Ilmastomallien pohjalta tehtyjen arvioiden mukaan ulkoilman keskilämpötila jatkaa nousuaan ja sateisuus, tuulisuus sekä rankkasateet voimistuvat Suomessa. Nämä muutokset on otettava huomioon rakennusten ja niiden teknisten järjestelmien suunnittelussa. Kesäajan keskimääräisen ulkoilman lämpötilan kohoaminen johtaa muun muassa rakennusten jäähdystarpeen kasvuun, jos sisäilmaston lämpötilan tavoitearvot pidetään nyky määräysten mukaisina. Sateisuuden ja rankkasateiden voimistuminen sekä vedenkorkeuden mahdollinen nousu on huomioitava muun muassa viemäreiden mitoituksessa ja padotuskorkeudessa sekä hulevesien poisjohtamisessa.

10.2 Energiatehokkuus

Heinäkuussa 2012 voimaan tulleiden energiamääräysten tavoitteena on parantaa uusien rakennusten energiankäytön kokonaistehokkuutta. Pelkät tekniset ratkaisut eivät yksin riitä asetettujen tavoitteiden savuttamiseen, koska energiatehokkaassakin rakennuksessa energiankulutus saadaan suureksi energiaa tuhlaavalla käytöllä. Tilojen käyttäjiä on tiedottava niistä keskeisistä tekijöistä, joilla käyttäjät voivat vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen. Heitä on myös koulutettava ja motivoitava tämän tiedon käyttämiseen arjen valinnoissa. Energian säästäminen ei saa johtaa sisäilman laadun heikkenemiseen esimerkiksi ilmanvaihdon määrää tai käyntiaikaa lyhentämällä. Energiatehokkuuden parantamisessa on vältettävä 1970-luvulla tehtyjä virheitä, jotka johtivat poikkeuksellisen laajoihin sisäilmaongelmiin. Rakennusten lämmityksessä ja jäähdytyksessä tulee ensisijaisesti hyödyntää passiivisia ratkaisuja, kuten rakenteiden massiivisuutta ja ikkunoiden aurinkosuojausta.

10.3 Järjestelmien käyttö, huolto ja kunnossapito

Rakennusta ja talotekniikkajärjestelmiä on käytettävä annettujen käyttöohjeiden mukaan. Käytön merkitys tulee korostumaan energiatehokkaissa rakennuksissa. Huollon ja kunnossapidon on oltava ennakoivaa toimintaa. Tavoitteena pitäisi olla järjestelmien ja laitteiden toiminnan varmistaminen ja korjaaminen ennen vikojen ilmenemistä. Huoltoa ja kunnossapitoa on kehitettävä ja laadun valvontaa on tehostettava.

Rakennuksen ja talotekniikkajärjestelmien kuntoarvio on tehtävä ensimmäisen keran, kun rakennuksen valmistumisesta on kulunut kymmenen vuotta. Tämän jälkeen kuntoarvio päivitetään viiden vuoden välein. Kuntoarvion perusteella harkitaan järjestelmien tarkemman kuntotutkimuksen tekemistä. On suositeltavaa, että rakennuksen kuntoarvion yhteydessä tehdään Motivan ja TEM:in ohjeiden mukainen energiakatselmus.

10.4 Lämmitysjärjestelmät

Rakennuksen sisätilojen lämmityksellä estetään sisäilman lämpötilaa jäähtymästä liikaa ja ilman suhteellista kosteutta kohoamasta haitallisen korkeaksi. Perus- ja kuivanaapitolämmityksellä voidaan estää vesijohtoja jäähtymästä pakkaskauden aikana ja aiheuttamasta vesivahinkoa rakennukseen. Vesikiertoisten lämmitysjärjestelmien vedenlisästarvetta on tarkkailtava vuotojen havaitsemiseksi.

10.5 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Putkistovuotojen määrä on ollut kahden viimeisen vuosikymmenen aikana kasvussa. Vuotovahingoista aiheutuvat korvaukset ovat kasvaneet asuinrakennuksissa palovahingoista maksettuja korvauksia suuremmiksi. Ikävähennyksien takia vakuutusentottajille jää usein osa vahingon määrästä vakuutuksesta saamatta. Rakennusten omistajilla pitäisi olla tästä syystä hyvä peruste teettää putkiremontti ennen kuin vuotavien putkistojen korjauskustannukset kasvavat liian suuriksi.

Putkistot ja laitteet on asennettava siten, että ne ovat helposti tarkastettavissa, huollettavissa ja vesivuodot havaittavissa. Vuotojen havainnointiin tulee käyttää varmoja menetelmiä. Vettä käyttävien laitteiden kuten astianpesukoneiden asennuksiin ja lattioiden kallistuksiin on kiinnitettävä aikaisempaa enemmän huomiota. Asennustyöhön on käytettävä aina ammattitaitoista työvoimaa.

Vanhojen kaupunkien keskustoissa on edelleen sekavesiviemäroityjä alueita. Tulvivat sekavesiviemärit voivat aiheuttaa huomattavaa vahinkoa rakennuksille. Tulvariskin ja tulvimisen aiheuttamien haittojen takia hulevesien poisjohtamista on parannettava ja sekavesiviemäreistä tulee yleisesti pyrkiä eroon.

10.6 Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Ilman tulee vaihtua rakennuksen kaikissa tiloissa, jotta rakennuksessa syntyvä liiallinen kosteus saadaan kuljetettua pois. Alapohjien tuuletuksesta on ehdottomasti huolehdittava. Kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin on estettävä paine-eroilla, rakenteiden ja niiden liitosten sekä läpivientien riittävällä tiiviydellä. Termisen nosteen aiheuttama paine-ero ja siitä aiheutuva ilmavirtaus on huomioitava kuilujen ja vastaavien tilojen suunnittelussa.

Teknisiin toimenpitein on huolehdittava siitä, ettei kosteutta kulkeudu ulkoilmasta ilmanvaihtojärjestelmään. Ulkoilman sisäänottoaukko on sijoitettava rakennukseen oikein sekä tarvittaessa varustettava veden- ja lumenerottimilla tai esilämmityspatterilla. Ulkoilmakammiossa on aina oltava vesilukollinen viemäri, jonka kautta kammiioon kulkeutunut lumi ja vesi poistuvat järjestelmästä. Kostutuslaitteiden ja ilmanvaihtojärjestelmän eri osissa kondensoituvan veden viemäroinnin toiminta on varmistettava säännöllisesti tehtävillä tarkastuksilla.

Ilmanvaihtojärjestelmiä on huollettava ja niiden puhtaus ja kunto on tarkastettava säännöllisesti. Ilmanvaihtokoneiden ja huonetilojen ilmavirrat on tarkastettava mittauksin puhtauden tarkastuksen yhteydessä. Järjestelmä- ja huonekohtaisten ilmavirtojen tulee olla helposti mitattavissa ja tasapainotettavissa tilan käyttötärpeen mukaiseksi. Ilmavirtamittausten yhteydessä tulee tarkastaa, että rakennuksen tilat ovat ulkoilmaan nähden hieman alipaineisia, jotta vältetään sisäilmassa olevan kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin.

10.7 Jäähdytys- ja kylmätekniiset järjestelmät

Jäähdytys- ja kylmälaitteiden määrä on kasvanut rakennuksissa. Lämpöpumppuja on asennettu erityisesti pientaloihin energian hinnan noustessa. Kylmälaitteita on käytetty myös rakennusten ala- ja yläpohjissa kuivaimina. Kuivaimien toiminnassa on ollut ongelmia. Kuivaimien käyttöä rakennuksen tuuletettujen ala- ja yläpohjien kuivaamiseen tulisi välttää, kunnes niiden toiminta on osoitettu luotettavaksi. Mikäli kosteuden hallintaan käytetään kuivaimia, on niiden toiminta varmistettava usein tehtävillä tarkastuksilla kosteusvaurioiden välttämiseksi. Alapohjan riittävästä tuuleuksesta on huolehdittava myös kuivaimia käytettäessä.

Jäähdytys- ja kylmävesiputkistojen eristyksen on oltava riittävä kondenssin välttämiseksi. Lämmönsiirtopinnoille kondensoituva vesi on viemäroitävä ja viemäroinnin toiminta on tarkastettava säännöllisesti. Rakennuksen omistajan on huolehdittava kylmälaitteiden vuoto- ja ilmastointijärjestelmien energiatehokkuustarkastusten teettämisestä.

10.8 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaatiojärjestelmiä on hyödynnettävä nykyistä paremmin kosteusvaurioiden ja sisäilmaongelmien ennalta ehkäisyssä. Järjestelmien käytettävyyttä on parannettava ja tarkastustoimintaa kehitettävä. Rakennusautomaation valvomo- ja kenttälaitteiden toiminta on tarkastettava ja mittausanturit kalibroitava säännöllisesti laitetoimittajien antamien tarkastus- ja huolto-ohjeiden mukaan. Tämä edellyttää tekijöiltä LVI-prosessien ja rakennusautomaatiojärjestelmien riittävää tuntemista ja teknistä osaamista järjestelmien toiminnasta.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET

Viimeisten vuosikymmenten aikana tehty tutkimustyö on osoittanut sen, että rakennusten kosteusvaurioista ja sisäilmaongelmista on vaikea päästä eroon. Jos kosteusvaurioiden ja sisäilmaongelmien määrää halutaan vähentää, on suunnittelun ja rakentamisen sekä rakennuksen käytön ja ylläpidon laatu saatava nykyistä paremmaksi. Esimerkiksi kunnossapidon tavoitteena tulee olla järjestelmien ja laitteiden kunnostaminen tai uusiminen ennen vikojen ilmenemistä. Laadun parantaminen edellyttää motivoituneen ja ammattitaitoisen työvoiman käyttöä sekä työn laadun jatkuvaa valvontaa. Rakennusta ja sen järjestelmiä on myös käytettävä oikein.

Talotekniikkajärjestelmät saattavat aiheuttaa rakennukseen vesivahinkoja ja kosteusvaurioita, jos järjestelmien oikeasta toiminnasta ja kunnosta ei pidetä huolta. Kosteusvauriot ovat joko järjestelmien suoraan aiheuttamia, kuten putkistovuodot tai vauriot ovat syntyneet epäsuorasti, kuten riittämättömän ilmanvaihdon vuoksi aiheutuneet vahingot. Putkistovuotojen määrä on kasvanut kahden viimeisen vuosikymmenen aikana Suomessa ja ne ovat siten osaltaan lisänneet rakennusten kosteusrasitusta. Sisätilojen lisäksi rakennusten tuuletettuihin ala- ja yläpohjiin sekä seinärakenteisiin kulkeutuvan kosteuden poistaminen edellyttää ilman riittävää vaihtumista. Tulvariskin ja tulvimisen aiheuttamien haittojen takia sekavesiviemäreistä on yleisesti pyrittävä eroon.

Talotekniikkajärjestelmistä aiheutuvia vesivahinkoja ja kosteusvaurioita voidaan vähentää muun muassa seuraavilla toimenpiteillä:

- Työn laatua on yleisesti parannettava lähtien järjestelmien suunnittelusta, asennuksesta ja huollosta aina järjestelmien korjaussuunnitteluun ja uusimiseen asti. Järjestelmien kuntoarvioiden ja -tutkimusten laatua on myös valvottava. Laadun parantaminen edellyttää muun muassa tiedottamista ja koulutusta, oikeaa asennetta sekä riittäviä resursseja työn suorittamiseen ja laadun valvontaan.
- Järjestelmät on suunniteltava siten, että ne ovat helposti tarkastettavissa, huollettavissa ja uusittavissa sekä vesivuodot helposti havaittavissa. Vuotojen havainnointiin on käytettävä varmatoimisia menetelmiä. Järjestelmät on eristettävä tarvittavilta osin lämpöhäviöiden ja kondenssin välttämiseksi. Kondensoituvaa vettä on viemäritävä pois haittaa aiheuttamatta. Sisäilman kosteuden kulkeutuminen rakenteisiin ja muihin tiloihin on estettävä paine-eroilla sekä rakenteiden ja niiden liitosten ja läpivientien riittävällä tiivyydellä. Järjestelmien suunnittelussa on vältettävä monimutkaisia ja usein huoltoa tarvitsevia järjestelmiä.
- Järjestelmät on asennettava tehtyjen suunnitelmien mukaan. Suunnittelijan on tarkastettava, että asennustyöt vastaavat suunnitelmia. Järjestelmien säätöön, viritykseen ja vastaanottoon on varatta riittävästi aikaa. Järjestelmien toiminnasta, huollosta ja käytöstä on annettava käytönopastus ja velvoittavat käyttö-

ohjeet rakennuksen omistajalle. Vastaanottotarkastus on tehtävä riittävän kattavilla ja luotettavilla mittauksilla.

- Järjestelmiä on käytettävä tilan käyttötarkoitukseen nähden oikealla tavalla. Järjestelmien toiminta on varmistettava säännöllisesti tehtävillä tarkastuksilla ja mittauksilla. Järjestelmät on huollettava laitetoimittajien antamien huolto-ohjeiden mukaan. Järjestelmissä havaitut laiteviat on korjattava viipymättä. Huollon ja kunnossapidon on oltava ennakoivaa toimintaa. Tehdyt korjaukset on dokumentoitava, jotta ne ovat tiedossa rakennuksen kuntoarviota tai -tutkimusta tehtäessä.
- Järjestelmät on uusittava viimeistään silloin, kun niiden tekninen käyttöikä on päättynyt. Järjestelmien uusimista ja korjauksia ei saa pitkittää. On vältettävä korjaustapoja ja -menetelmiä sekä materiaaleja, joiden kestoikästä ei ole varmuutta tai joiden laadussa on havaittu suurta vaihtelua.
- Järjestelmien ensimmäinen kuntoarvio on tehtävä rakennuksen kuntoarvioin yhteydessä viimeistään kymmenen vuoden kuluttua järjestelmien asentamisen jälkeen. Järjestelmien tarkempi kuntotutkimus tehdään niiltä osin, kun se kuntoarviossa katsotaan tarpeelliseksi. Putkiston kuntotutkimus on tehtävä viimeistään 15 vuoden kuluttua järjestelmien asentamisen tai uusimisen jälkeen. Kuntoarvion ja -tutkimusten tulokset on raportoitava selkeästi. Raportissa on oltava selvitys havaittujen kosteusvaurioiden syistä sekä arvio järjestelmien jäljellä olevasta teknisestä käyttöikästä.

KIRJALLISUUS

Aamulehti. Hometalot: "Kuivaimen käyttö oli riski". 15.8.2010.

<http://www2.aamulehti.fi/teema/kotijaasuminen/hometalot-kuivaimen-kaytto-oli-riski/187476> (4.7.2012).

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. <http://lib.tkk.fi/Diss/2003/isbn9512267756/> (5.7.2012).

Airaksinen M. Ryömintätilan kosteustekninen toimivuus. RY Rakennettu ympäristö. 2/2011. s. 27.

<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/lehti/62E6Jvlqa.html> (2.7.2012).

Aittomäki A (toim.), Alijoki T, Eerikäinen J, Hakala P, Kaappola E, Lahdenperä H, Rauno O, Seinälä A. Kylmätekniikka. Helsinki 1992.

Aittomäki A. Ilmavirtojen jakaantuminen ja perusasetus ilmastointikanavistossa. Osa II. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Lämpötekniillinen laboratorio. Tiedonanto n:o 7. Helsinki 1970.

Aittomäki A. LVI-tutkimuksen viime vuosikymmenet – mitä on opittu. SuLVI 75 vuotta 2005. Suomen LVI-liitto vuodesta 1930 vuoteen 2005. s. 73–78.

Asikainen V (toim.), Peltola S (toim.). Sisäongelmaisten koulurakennusten korjaaminen. Opetushallitus. Vammala 2008.

Asikainen V. Puhallinkonvektoreiden hygienia. Tekesin CUBE Talotekniikkateknologiaohjelma. Ilmanvaihdon modernit parannus- ja korjausratkaisut (MIV) -tutkimusprojekti. Kuopion yliopisto. Kuopio 2006.

AX-Suunnittelu. Talotekniikan valikoitu historia. EX AX LUX. Tampere 2003.

Björkholtz D. Lämpö ja kosteus. Rakennusfysiikka. 3. painos. Dick Björkholz ja Rakennustieto Oy 1997. Tampere 2010.

EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. Euroopan unionin virallinen lehti. 18.6.2010.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:FI:PDF> (8.6.2012).

Finanssialan Keskusliitto. Vuotovahinkojen ja kosteusvaurioiden torjunta. 2009b. http://www.fkl.fi/teemasivut/vahingontorjunta/Dokumentit/Kiinteistojen_vuotovahinko-ohje.pdf (4.7.2012).

Finanssialan Keskusliitto. Vuotovahinkoselvitys 2007–2008. Helsinki 2009a. 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. <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2011/20110120.pdf> (5.6.2012).

Finlex. Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattu- ja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta. Annettu Helsingissä 18.6.2009. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090452> (6.6.2012).

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

FRAME-hanke. Yleisöseminaarien 1–3 esitelmäkalvot. Helsinki 2011. <http://www.rakennusteollisuus.fi/frame> (28.5.2012).

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

Haahtela T. Sairaat rakennukset. Terveyskirjasto. Duodecim. 20.11.2009. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=alg00312 (2.7.2012).

Harju P, Matilainen V. LVI-tekniikka. Korjausrakentaminen. Opetushallitus, Suomen LVI-liitto. Vantaa 2007.

Hautajärvi H. Suomi tarvitsee kestäväen rakentamisen foorumin. Helsingin Sanomat. Pääkirjoitus. 4.3.2011. s. A 2. <http://www.hs.fi/paakirjoitus/artikkeli/Suomi+tarvitsee+kest%C3%A4v%C3%A4n+rakentamisen+foorumin/1135264258629> (26.6.2012).

Heikkilä P. Missä mennään rakennusautomaatioissa. AIR-IX Talotekniikka Oy. Esityskalvot. 2003. http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/Heikkila_Pekka_15.5.03.pdf (4.7.2012).

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

<http://shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/p060608140657T.pdf>
(28.5.2012).

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

Heli. Terveellisen asunnon ABC. Hengitysliitto Heli ry:n opas 4/08. http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Sisailma_ja_korjausoppaat/Terveellisen_asunnon_abc.pdf (1.7.2012).

Helsingin Sanomat. Kuivauslaitteiden uskotaan yleistyvän valmistalojen alapohjissa. Talous. 20.8.2010. <http://www.hs.fi/talous/artikkeli/Kuivauslaitteiden+uskotaan+yleistyv%C3%A4n+valmistalojen+alapohjissa/1135259477996> (10.6.2012).

Hietala P. Ilmalämpöpumppu ryömintätalossa. Maa tuottaa lämpöä, ilma toimii välittäjänä. TM Rakennusmaailma 11/2011. s. 24–30. <http://rakennusmaailma.fi/product?file=24rm111110.pdf> (20.7.2012).

Holopainen R, Salmi K, Hintikka E-L, Kekäläinen P, Kähkönen E, Lappalainen S, Niemelä R ja Reijula K, Työterveyslaitos, Laadukas sisäympäristö -teema, Asikainen V, Kalliokoski P ja Pasanen P, Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, Kakko L, Tampereen ammattikorkeakoulu: Ilmanvaihtojärjestelmien puhtaus ja puhdistaminen sairaaloiden vuodeosastoilla. Loppuraportti. Työterveyslaitos. Helsinki 2010. <http://www.ttl.fi/fi/verkkokirjat/Documents/Ilmanvaihtojarjestelmat.pdf> (17.7.2012).

Huotari P. Putkiremontti – näin se menee. Helsingin Sanomat. Kaupunki. 27.5.2012. s. A 13.

Huurre. Huurre kylmätilojen suunnitteluopas. 2012. <http://www.huurrefinland.fi/Suunnitteluopas.pdf> (3.7.2012).

Ihasalo H. Transforming building automation data into building performance metrics – design, implementation and evaluation of use of a performance monitoring and management system. Doctoral Dissertations. Aalto University. Department of Automation and Systems Technology. Helsinki 2012. <http://lib.tkk.fi/Diss/2012/isbn9789526045405/isbn9789526045405.pdf> (4.7.2012).

Ilmatieteenlaitos. Ilmasto-opas. 2012a. <http://ilmasto-opas.fi/fi/> (22.5.2012).

Ilmatieteenlaitos. Rakennusten energialaskennan ilmastolliset testivuodet. 8.5.2012b. <http://ilmatieteenlaitos.fi/rakennusten-energiaskennan-testivuosi> (2.7.2012).

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.

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).

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).

Kaila P. Talotohtori. Rakentajan pikkujättiläinen. Helsinki 1997.

Kokko E, Ojanen T, Salonvaara M, Hukka A, Viitanen H. Puurakenteiden kosteustekninen toiminta. Home kriteeristö, tarkastelutasot rakenneosittain. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 1991. Espoo 1999. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1991.pdf> (1.7.2012).

Korkala T, Laksola J. Ilmastointi. Hoito ja huolto. 4. uudistettu painos. Kiinteistöalan Kustannus Oy. Helsinki 2009.

Kosteus- ja hometalkoot. Odotettu opetusmateriaali pientalojen riskirakenteista valmis. 2012. <http://www.hometalkoot.fi/component/content/623/1124.html> (1.7.2012).

KTM. Rakennuksen sisäilmaston laatu ja ilmanvaihdon tarve. Kauppa- ja teollisuusministeriö. Energiaosasto. Sarja D:104. Teknillinen korkeakoulu. LVI-laboratorio. Helsinki 1986.

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

Kurkela J. Ilmanvaihtolämmitys ilmanvaihdon päätelaitteilla. Opinnäytetyö. Mikkelin ammattikorkeakoulu. Talotekniikka. Mikkeli 2011. http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/28131/kurkela_jani.pdf?sequence=1 (4.7.2012).

Kurnitski J, Pasanen P, Matilainen M, Hyttinen M, Asikainen V. Ryömintätilan kosteus ja mikrobit. Kevytsora-, sepeli-, kuivauskoneratkaisu. Mikrobit ryömintätilassa ja asunnoissa. Teknillinen korkeakoulu. Konetekniikan osasto. LVI-tekniikan laboratorio. Raportti B62. Espoo 1999. <http://www.malander.fi/assets/files/LVI-lab-raportti-B62.pdf> (2.7.2012).

Kurnitski J. Energiämääräykset 2012. Opas uudisrakennusten energiämääräysten soveltamiseen. Suomen Rakennusmedia Oy. Sastamala 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.

Kääriä H, Salmela A. Omakotitalon taloudellisesta lämmittämisestä. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Tiedotus. Sarja III – Rakennus. 84. Helsinki 1965.

Lahtinen K. Vanhaa taloa ei pidä kunnostaa pilalle. Helsingin Sanomat. Pääkirjoitus. 14.3.2011. s. A 2.

Laukkarinen A. Tuuletettujen yläpohjien toiminta. FRAME-projektin yleisöseminaari. 1.12.2011. Esityskalvot. Helsinki 2011.
<http://www.rakennusteollisuus.fi/download.aspx?intFileID=2766&intLinkedFromObjectID=13296> (11.7.2012).

Lehto R. Finanssialan Keskusliiton tilastot palo-, murto- ja vuotovahingoista. Raimo Lehdon lähettämä aineisto sähköpostitse Rauno Holopaiselle 8.3.2012.

Lehtonen A. Enro -Energiaa rossista. Mittausdatan analysointi. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere 2011.
http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/38166/Lehtonen_Arttu.pdf?sequence=1 (25.6.2012).

Leivo V (toim.). Opas kosteusongelmiin. Rakennustekninen, mikrobiologinen ja lääketieteellinen näkökulma. Julkaisu 95. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Talonrakennustekniikka. Rakennustekniikan osasto. Tampere 1998.
http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20783/leivo_opas_kosteusongelmiin.pdf?sequence=3 (29.6.2012).

Leppänen P. Rintamamiestalot eivät kestä nykyistä vedenkäyttöämme. Helsingin Sanomat. Mielipide. 21.6.2011. s. C 6.

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).

LVI 01-10259. Tarkastus-, hoito- ja huolto-ohjeet. Poikkeus- ja häiriötilanteiden ohjeet. Asuintalon huoltokirja. Julkaistu myös KH 90-00226 kottina. Rakennustietosäätiö ja LVI-Keskusliitto. 1996.

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 kunnossapitajakset. 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.

LVI 06-10451. Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-suunnittelu. Rakennustietosäätiö RTS. 2009.

LVI Talotekniikkateollisuus. Talotekniikkaopas. Perustietoa taloteknisistä järjestelmistä. Talotekniikka-Julkaisut Oy. 2012.

Merimaa J. Ei mennyt putkeen. Helsingin Sanomat. Kuluttaja. 18.7.2012. B 8.

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).

MMM. Maa- ja metsätalousministeriö. Maa- ja metsätalousministeriön asetus eläimistä saatavien elintarvikkeiden elintarvikehygieniasta. Asetus nro 37/EEO/2006. Dnro 480/01/2005. 5.9.2006. <http://wwwb.mmm.fi/el/laki/i/asetus%20el%E4imist%E4%20saatavien%20elintarvikkeiden%20jne.pdf> (3.7.2012).

Motiva. Energiakatselmustoiminta. 16.8.2011a. <http://www.motiva.fi/toimialueet/energiakatselmustoiminta> (11.7.2012).

Motiva. Energiatehokas ilmanvaihto. 2012a. http://www.motiva.fi/files/3180/Energiatehokas_ilmanvaihto.pdf (2.7.2012).

Motiva. Lämpöpumput. 2011b. 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. 2012b. http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus (28.5.2012).

Nieminen J. Lisääkö kasvava lämmöneristys kosteusvaurioita? TM Rakennusmaailma 5E/2009. s. 110–113.

<http://rakennusmaailma.fi/product?file=110rm5e0910.pdf> (20.7.2012).

Orkoneva O. Home- ja kosteusvaurioihin on monta syytä. Talotekniikka-lehti. 2/2010. s. 42–44.

Paiho S, Heimonen I, Kouhia I, Nykänen E, Nykänen V, Riihimäki M, Vainio T. Putki-remonttien uudet hankinta- ja palvelumallit. VTT Tiedotteita 2483. VTT 2009. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2483.pdf> (1.7.2012).

Paiho S, Leskinen M, Mustakallio P. Automaatiojärjestelmän hyödyntäminen rakennusten energiatietoisien käytön apuvälineenä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 2072. Espoo 2000.

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2072.pdf> (4.7.2012).

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

<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/9658/Pailokari.Harri.pdf?sequence=2> (5.6.2012).

Pajuriutta S. Teho-osaston vauvat evakkoon. Helsingin Sanomat. Oma kaupunki. 13.5.2012a. s. A 4.

http://omakaupunki.hs.fi/paakaupunkiseutu/uutiset/teho-osaston_vauvat_evakkoon/ (16.7.2012).

Paloniitty S, Kauppinen T. Lämpökuvaus. Rakennusteollisuus RT ry, Suomen Rakennusmedia Oy. Porvoo 2011.

Paloniitty S. Rakennusten tiiviysmittaus. Suomen Rakennusmedia Oy. Tampere 2012.

Pekkarinen-Kanerva P. Energiatehokkuus 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. Insinööritö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Espoo 2011.

<http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/33817/putkisto.pdf?sequence=1> (30.5.2012).

Pelastuslaki 29.4.2011/379.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379> (7.6.2012).

- Pellinen L. Ilmavuodon vaikutus vaipparakenteiden lämpö- ja kosteusolosuhteisiin. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Tekniikka Lappeenranta. Rakennustekniikka. Rakennesuunnittelu. Lappeenranta 2011.
http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/35412/Pellinen_Lauri.pdf?sequence=1 (25.6.2012).
- Pelto-Huikko A, Kaunisto T. Vesijohtojen saneerauspinnoitus. Vesi-Instituutti WANDER. Vesi-Instituutin raportteja 4. 16.2.2012. Rauma 2012.
<http://www.prizz.fi/linkkitiedosto.aspx?taso=2&id=878&sid=671> (25.6.2012).
- Pietarinen P, Saari M. Ilmanvaihtolämmityksen hajautettu automaatio matalaenergiataloissa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Tiedotteita 1950. Espoo 1999.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/1999/T1950.pdf> (4.7.2012).
- 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> (11.6.2012).
- Piironen J. Hirsirakenteisten kesämökkien kuivanapitolämmitys. Esityskalvot Puupäivillä 11.11.2010. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tampere 2010.
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/puupaiva-2010-seminariaineisto/hirsirakenteisten-kesamokkien-kuivanapitolammitys-piironen-jarkko.pdf> (13.6.2012).
- Pirinen J. Pientalojen mikrobivauriot. Lähtökohtana asukkaiden kokemat terveyshaitat. Väitöskirja. Tampereen teknillinen yliopisto. Tampere 2006. Hengitysliiton julkaisuja 19/2006. Hengitysliitto Heli ry.
http://www.heli.fi/content/Julkaisut_materiaalit/Sisailma_ ja_korjausoppaat/pientalolen_mikrobivauriot_vaitoskirja_pirinen.pdf (10.6.2012).
- Päkkilä T. Mikrobin kulkeutuminen sisäilmaan paine-eron vaikutuksesta. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Insinööritieteiden korkeakoulu. Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan koulutusohjelma. Espoo 2012.
- Rakennusautomaatiojärjestelmät. Sähkötekniset tietojärjestelmät -kirjasarja. Sähkötieto ry. Espoo 1993.
- Rakennuslehti. Finndomon gryndauskohde meni metsään. RT:n lakimies tyrmistyi Helsingin Myllykylässä sijaitsevan talonsa virhesumasta. 17.3.2011a. s. 4–5.
- Rakennuslehti. Ilmativiyden rooli rakentamisessa korostuu. 28.6.2012a. s. 16.
- Rakennuslehti. Korjausmääräykset lausunnolle. 7.6.2012b. s. 5.

Rakennuslehti. Pientaloissa toistetaan samoja virheitä. 12.9.2002.
<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/3362.html> (10.7.2012).

Rakennuslehti. Putkivuodot nousseet kalleimmaksi kotivahingoksi. 6.8.2010a.
<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/talous/22025.html> (24.5.2012).

Rakennuslehti. TTY:n varoitusta kannattaa vihdoin kuunnella. 24.11.2011c.
<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/26806.html> (1.7.2012).

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).

Rakennustaito. Rakennuksen lämmitysenergiankulutus määrää elinkaaren ympäristövaikutukset. 5/2001b. s. 32.
http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed_910.html
(2.7.2012).

Rakennustaito. Rakennusten lämmitysenergiankulutuksessa suuria säästömahdollisuuksia. 4/2001a. s. 20.
http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed_867.html
(2.7.2012).

Rakennustaito. Ruotsin virheitä ei haluta Suomeen. 4/2008. s. 48.
http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed_4181.html
(2.7.2012).

RakMK C2. Kosteus. Määräykset ja ohjeet 1998. C2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. Annettu Helsingissä 9.9.1998.
<http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf> (11.6.2012).

RakMK C3. Rakennusten lämmöneristys. Määräykset 2010. C3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. Annettu Helsingissä 22.12.2008.
http://www.finlex.fi/data/normit/34163-C3-2010_suomi_221208.pdf (14.6.2012).

RakMK D1. Ympäristöministeriön asetus kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistoista. D1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. Määräykset ja ohjeet 2007. Annettu Helsingissä 24.1.2007.
http://www.finlex.fi/data/normit/28208-D1_2007.pdf (20.7.2012).

RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön

osasto. Annettu Helsingissä 30.3.2011. http://www.finlex.fi/data/normit/37187-D2-2012_Suomi.pdf (5.6.2012).

RakMK D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Rakennetun ympäristön osasto. Annettu Helsingissä 30.3.2011. http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf (2.7.2012).

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. Pääkirjoitus. 9.9.2010. s. A 2. <http://www.hs.fi/paakirjoitus/artikkeli/Omakotiasuminen+luvanvaraiseksi/1135260002966> (28.6.2012).

RIL 155. Lämmön- ja kosteudeneristys. Suomen rakennusinsinöörien liitto. Helsinki 1984.

RIL 250-2011. Kosteuden hallinta ja homevaurioiden estäminen. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Saarijärvi 2011.

Ruokojoki J. Kosteus- ja homeongelmien määrä ja syyt kuntien rakennuksissa 2005. Kuntaliitto. Helsinki 2006. <http://shop.kunnat.net/download.php?filename=uploads/p060608140541D.pdf> (28.5.2012).

Ruotsalainen R, Palonen J, Jokiranta K, Seppänen O. Sisäilmaston kuntotutkimus. Suomen LVI-yhdistysten Liitto ry. Julkaisu 4. Helsinki 1997.

Ruotsalainen R. Ventilation, indoor air quality, and human health and comfort in dwellings and day-care centers. Helsinki University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Laboratory of Heating, Ventilating and Air Conditioning. Report A1. Espoo 1995.

Saarela M, Kähkönen E, Vähämäki K, Reijula K. Koulujen sisäilma ja työpaikkaselvitys. Opas työterveyshuollolle ja työsuojelulle. Uudenmaan aluetyöterveyslaitos, Helsingin kaupunki, Työterveyskeskus. Helsinki 2005.

Sahlsten T. Automaatio talotekniikassa – nettiratkaisut ja järjestelmien parempi hyödyntäminen. Rakennusautomaatiojärjestelmän tehostaminen. BAFF-seminaari 19.5.2005.

http://www.automaatioseura.fi/index/tiedostot/BAFF_Toivo_Sahlsten.pdf
(4.7.2012).

Salonen H, Lappalainen S, Lahtinen M, Holopainen R, Palomäki E, Koskela H, Backlund P, Niemelä R, Pasanen A-L, Reijula K. Toimiston sisäilmatutkiminen. Työterveyslaitos. Helsinki 2011.

Seppälä P. Tieto poistaa tuskaa. Asunto & Kiinteistö. Taloyhtiön hallituksen ja isännöitsijän ammattilehti. 6.9.2010.
<http://www.asuntokiinteisto.fi/lehti.php?sub=artikkeli&jid=53> (1.7.2012).

Seppälä P. Vakuutusyhtiöiden kanta kirjava. Asunto & Kiinteistö. Taloyhtiön hallituksen ja isännöitsijän ammattilehti. 2012.
<http://www.asuntokiinteisto.fi/lehti.php?sub=kainalo&kid=17&jid=53> (1.7.2012).

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. Forssa 2004.

Seppänen O (toim.), Säteri J (toim.), Lehtinen T (toim.), Nevalainen A (toim.). Taivoitteena Terve Talo. Sisäilmayhdistys ry. Teknologian kehittämiskeskus Tekes. Sisäilmayhdistys raportti 9. Saarijärvi 1997.

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, Ruotsalainen R. Rakennukset terveelliseksi. Lääketieteellinen Aikakausikirja Duodecim 1996. 112 (15), s. 1378.

Seppänen O, Seppänen M. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmayhdistys ry. Jyväskylä 1996.

Seppänen O. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. 1996.

Seppänen O. Mistä homehtumisessa oikein on kysymys. Suomen LVI-liiton vuosikirja 1999. s. 16–25.

Seppänen O. Rakennusten energiatehokkuus Euroopassa. Energiaohjelman päätöseminaari. 7.6.2012. Esityskalvot. SITRA. Helsinki 2012.
http://www.sitra.fi/sites/default/files/u489/olliseppanen_2012-6-7.pdf (4.7.2012).

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).

SITRA. Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän valinta toimistorakennuksessa. Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Sarja A. N:o 49. Helsinki 1977.

SIY. Helsingin, Espoon ja Vantaan Terveelliset tilat. Sisäilmayhdistys ry. Espoo 2008b. http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/terveysvaikutukset/sisailmaointi/ (17.4.2012).

SIY. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. LVI 05-10440, RT 07-10946, KH 27-00422 ja Ratu 437-T. Rakennustietosäätiö RTS. 2008a.

STM. Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1. Helsinki 2003. <http://pre20090115.stm.fi/pr1063357766490/passthru.pdf> (10.7.2012).

STM. Ilmastointinormitoimikunnan mietintö. Komiteamietintö 1978:54. Helsinki 1978.

Suomen ympäristökeskus. Ilmastonmuutos voimistaa rankkasateita. SYKE, Ilmatieteen laitos, Teknillinen korkeakoulu, YM ja MMM tiedottavat. Tiedote julkaistu 27.5.2008. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=281460> (28.6.2012).

Säteri J (toim.). LVI-tekniikan perusparannus. Hyvinvointia asuinkiinteistöihin. Suomen LVI-yhdistysten liitto ry. Julkaisu 3. Saarijärvi 1996.

Säteri J. Käytännön ilmanvaihto. Opas ilmanvaihdon oikeaan käyttöön ja kunnossapitoon. Suomen LVI-liitto ry. Julkaisu 9. Jyväskylä 1999.

TalotekniikkaRYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2002. Osat 1 ja 2. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry, Sähkötieto ry. Hämeenlinna 2003.

Tekes. Ilmanvaihdon modernit parannus- ja korjausratkaisut (MIV) -tutkimusprojekti. Tekesin CUBE Talotekniikkateknologiaohjelma 2002–2006. Helsinki 2006. <http://rakennetuymparisto.info/kehityshankkeet/project/86/?page=1&search=key%3Aprosessi> (26.6.2012).

Tekes. Terve talo -teknologiaohjelma 1998–2002. Teknologiaohjelmaraportti 9/2003. Helsinki 2003. www.tekes.fi/fi/document/43306/terve_talo_pdf (3.1.2012).

Tekniikka & Talous. Putkiremonttien määrä tuplaantuu ensi vuosikymmenellä. 22.5.2012.

<http://www.tekniikkatalous.fi/rakennus/putkiremonttien+maara+tuplaantuu+ensi+vuosikymmenella/a810049> (12.6.2012).

TTY. Matalaenergiarakenteiden toimivuus. Tutkimustuloksia ja suosituksia uusiin lämmöneristys- ja energiankulutusmääräyksiin ja -ohjeisiin. Loppuraportti. Tutkimusselostus Nro TRT/1706/2008. 31.10.2008.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=94366> (10.7.2012).

Tuomola T, Siitonen V. Koulujen lämmitys ja ilmanvaihto I. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Julkaisu 95. Helsinki 1965.

Tuomola T, Siitonen V. Koulujen lämmitys ja ilmanvaihto II. Valtion teknillinen tutkimuslaitos. Lämpöteknillinen laboratorio. Tiedonanto n:o 4. Helsinki 1970.

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).

Vinha J. Valovirta I, Korpi M, Mikkilä A, Käkelä P. Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden funktiona. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 129. Tampere 2005.

http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/16493/vinha_rakennusmateriaalien_rakennusfysikaaliset_ominaisuudet.pdf?sequence=1 (1.7.2012).

VTT. Lausunto rakenteiden energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksista rakenteiden kosteustekniseen toimivuuteen. Tutkimusselostus Nro VTT-S-10816-08. 10.12.2008.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=96145&lan=fi> (14.5.2012).

YM. Jokainen talo tarvitsee käyttö- ja huolto-ohjeen. 2006.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=201944&lan=FI> (24.5.2012).

YM. Korjausrakentamisen energiamääräykset. 2012b.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=136856&lan=fi> (5.6.2012).

YM. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Ympäristöministeriö. Helsinki 1997. 2. tarkastettu painos. Tampere 1998b.

YM. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Kuntotutkimuksen suunnittelu ja toteutus. Vaurioitumisen arviointiperusteet ja korjaustavan valinta. Ympäristöministeriö. Helsinki 1997. Tampere 1998a.

YM. Rakennuksen energiatodistuksesta annetun lainsäädännön uudistaminen. 2012a. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=187948> (5.6.2012).

YM. Uudet rakentamisen energiamääräykset annettu. Ympäristöministeriön tiedote. Julkaistu 20.3.2011. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=380479&lan=fi> (14.5.2012).

YM. Vapaa-ajan asumisen ekotehokkuus (VAPET). 14.7.2010. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=188097> (13.6.2012).

Lämpö ja kosteus aiheuttavat suurimman osan rakennusten kosteusvaurioista. Vauriot saattavat aiheuttaa sisäilmaongelmia, jos niitä ei korjata riittävän ajoissa. Suurin osa kosteusvaurioista voidaan välttää rakenteiden ja talotekniikkajärjestelmien oikealla suunnittelulla, huolellisella rakentamisella ja kunnossapidolla sekä rakennuksen ja sen järjestelmien oikealla käytöllä.

Talotekniikkajärjestelmät saattavat aiheuttaa rakennukseen kosteusvaurioita, jos järjestelmien oikeasta toiminnasta ja kunnosta ei pidetä huolta. Nämä kosteusvauriot ovat järjestelmien suoraan tai epäsuoraan aiheuttamia. Molemmat vaurioitumismekanismit on otettava huomioon kosteusvaurioiden välttämiseksi.

TYÖTERVEYSLAITOS

Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki

www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-252-6 (PDF)



Työterveyslaitos