

Mikko Helin

PIENTALOJEN KOSTEUS- JA HOMEONGELMAT  
ILMANVAIHDOSSA

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
2014

## PIENTALOJEN KOSTEUS- JA HOMEONGELMAT ILMANVAIHDOS- S- S- S-

Helin, Mikko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2014  
Ohjaaja: Uusitorppa, Mari  
Sivumäärä: 35

Asiasanat: ilmanvaihto, kosteus, home

---

Kosteus- ja homeongelmat ovat nykypäivän asumisessa valitettavan yleisiä. Vuotavat rakenteet, lämmitysjärjestelmät, vesivahingot ja monet muut rakennusvirheet saattavat johtaa kosteusvaurion syntymiseen. Tässä työssä keskityttiin tarkastelemaan virheellisesti tehdyn ilmanvaihdon osuutta. Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä oikein asennettuna ja käytettynä on tehokas ja toimiva ratkaisu sekä asumisviihtyvyyteen että kosteusongelmiin. Pyrkimyksellä poistaa riskitekijät, joita tässä työssä käsitellään, saadaan aikaan ilmanvaihto, joka ei aiheuta kosteusvaurioita asunnon rakenteisiin.

Työn toimeksiantajana toimi turkulainen ilmanvaihtoyritys M-Ventti Oy, jonka ammatillista tietotaitoa pyrittiin lisäämään. Kokoamalla eri lähteiden tutkimustuloksia ja voimassa olevia ohjeita sekä määräyksiä, päädyttiin sovelluksiin, joiden avulla kosteus- ja homeongelmat ovat ratkaistavissa. Työssä ei varsinaisesti tuotettu uusia tutkimustuloksia, vaan yhteistyössä toimeksiantajan kanssa pyrittiin soveltamaan olemassa olevaa tietoa ja ratkaisemaan mahdollisia ongelmakohtia. Asennustyöt on tehtävä huolellisesti ja tarkoin määräyksiä noudattaen. Tarve selvittää asiakkaalle toimimattoman ilmanvaihdon riskitekijät on ilmeinen. Asumisvaurioita on myös kerrottava velvollisuuksista, joita ilmanvaihdon huoltotoimenpiteet aiheuttavat.

Kylmän ulkoilman ja lämpimän sisäilman lämpötilaerosta aiheutuva kondensio on eliminoitava lämpöeristyksillä sekä tiiviillä rakentamisella. Oikeilla painesuhteilla sekä ilmanvaihtoventtiilien oikeaoppisella sijoittamisella saadaan aikaan terve ja hengittävä pientalo, jossa mikrobikasvusto ei viihdy.

# MOISTURE AND MOLD PROBLEMS IN SMALL HOUSE VENTILATION

Helin, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology

April 2014

Supervisor: Uusitorppa, Mari

Number of pages: 35

Keywords: ventilation, moisture, mold

---

In today's living, moisture and mold problems are unfortunately common. Leaking structures, heating systems, water damages and other construction errors can lead to moisture damage. In this thesis, however, only the share of faulty made ventilation was examined. Ventilation system, when installed and used properly, is an efficient and effective solution to add to the comfort of living as well as to prevent humidity problems. Through efforts to reduce risks that are discussed in this thesis, ventilation that does not create moisture damages to the structures of construction is achieved.

The purpose for this work was an assignment from a ventilation company called M-Ventti ltd., whose professional know-how was aimed to be increased. By combining results from different sources, solutions that help solve moisture and mold problems, were found.

The study did not actually produce new research findings but applying available information to solve known problems was tried through cooperating with the company. Installation work must be done carefully and strictly in accordance with the regulations and the need to clarify risks caused by inoperative ventilation to the end-user is obvious. What is also needed is to tell and explain the obligations regarding maintenance activities to the ventilation system.

The cold outside air and the warm inside air temperature difference is causing condensation, which needs to be eliminated with heat insulation and tight construction. With the right pressure ratios, as well as the right placing for ventilation valves, a healthy and breathable small house where a microbial flora does not thrive is achieved.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Käsitteet .....	6
2	HOMEEN MUODOSTUMINEN .....	7
2.1	Mikrobit ja niiden kasvuston kehittyminen .....	7
2.2	Homesienten käyttäytyminen.....	8
3	PIENTALOJEN TULO- POISTOILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ.....	9
3.1	Ilman kosteus .....	10
4	KOSTEUDEN MUODOSTUMINEN ILMANVAIHDOSSA.....	13
4.1	Kosteuslisä .....	13
4.1.1	Kosteuslisän hallinta.....	14
4.2	Pientalojen rakenteellinen tiiviys .....	15
4.3	Höyrynsulku rakenteissa.....	16
4.3.1	Oikeaoppisen höyrynsulun asentaminen .....	17
4.4	Mittaus ja säätö .....	18
4.4.1	Mittauksen ja säädön oikeaoppinen toteutus .....	19
4.5	Yläpohjan tuuletus .....	19
4.5.1	Yläpohjan toteutus.....	20
4.6	Alapohjan tuuletus .....	21
4.6.1	Alapohjan toteutus.....	22
4.7	Ilmanvaihtokanavien eristäminen .....	22
4.7.1	Eristyksessä huomioitavat asiat .....	23
4.8	Ilmanvaihtokoneen kondenssiveden hallinta .....	25
4.8.1	Kondenssiyhteeseen ja putkistoihin liittyvät riskitekijät.....	25
4.9	Liesikuvun poistohormin perhospelti .....	26
4.9.1	Ratkaisut liesikuvun ja -tuulettimen toimintaan.....	26
5	TYÖN LAATU SEKÄ VASTUUKYSYMYKSET .....	28
5.1	Työn laatu .....	28
5.2	Käyttäjän ja urakoitsijan vastuu ja velvollisuudet .....	28
6	YHTEENVETO .....	31
	LÄHTEET.....	32

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aihe valikoitui omien käytännön työssä kohtaamieni haasteiden johdosta. Olen työskennellyt ilmanvaihdon parissa jo kohta kaksikymmentä vuotta. Viimeisin työnantajani M-Ventti Oy tarjosi minulle mahdollisuutta tehdä heidän yritykselleen katsauksen ilmanvaihdon kosteus- ja homeongelmiin sekä niiden ehkäisemiseen, ja näin lisätä heidän tietotaitoaan kyseisestä haitasta.

Esimerkiksi Eduskunnan tarkastusvaliokunnan mietinnön (2013, 8, 11) mukaan kosteus- ja homeongelmat ovat lisääntyneet monissa uudisrakennuksissa sekä korjausrakennuskohteissa. Mietinnössä todetaan, että jopa noin 500 000 suomalaista asuu tällä hetkellä kosteus- ja homekorjausta vaativassa kerros-, rivi- tai omakotitalossa. Homeen terveyshaitat ovat yleisesti tiedostettuja. Tämä on tärkeä syy miksi kosteusongelmiin pyritään löytämään ratkaisuja. Valiokunnan arvion mukaan rakentamisen laadun heikkeneminen on osaltaan vaikuttanut terveysongelmien esiintymisen yleistymiseen. Ilmanvaihto on osa tätä ongelmavyöhytää, johon tosin liittyy muitakin osatekijöitä. Merkittävimpiä rakennustekniikkaan vaikuttavia kosteuden lähteitä ovat muun muassa ilman kosteus, rakennuskosteus, maaperän kosteus, talotekniset putkitukset (esim. vesijohdot ja viemärit), rakennusten ympärille kerääntyvät sade-, pinta- ja sulamisvedet sekä vedenkäyttö pesutiloissa (Pientalon kosteustekniikka 1989, 4).

Tässä tutkimuksessa paneudutaan kuitenkin koneellisen tulo- poistoilmanvaihtojärjestelmän osuuteen, sen aiheuttamiin kosteushaittoihin ja niiden ehkäisemiseen. Tämä työ ei paneudu niinkään terveyshaittoihin, vaan pyrkii löytämään ratkaisuja, jolloin hometta ei pääsisi syntymään. Kaiken kaikkiaan koneellinen tulo- poistoilmanvaihtojärjestelmä on hyvin toimiva ratkaisu, kunhan työ tehdään huolellisesti riskitiedostaen sekä tunnistuen ja eliminoiden mahdolliset kosteushaitat.

## 1.1 Käsitteet

### **Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä**

Koneellisella tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa raikas ulkoilma tuotetaan asuntoon koneellisesti tulopuhaltimen avulla. Asunnon poistoilma poistetaan koneellisesti jäteilmahormin kautta takaisin asunnon ulkopuolelle. (Ikäheimo 2003, 8.)

### **Mikrobi**

Mikrobilajeja on valtava määrä, mutta tässä työssä käsitellään mikrobilajistoja, jotka aiheuttavat homehtumista asunnon rakenteisiin. Niin sanottuja kuivaitiöisiä indikaattoreita ovat muun muassa *Aspergillus vericolor* ja *Paecilomyces variotii*. Märkäitiöisiä indikaattoreita ovat mm. *Stachybotrys*, *Acremonium* ja *Trichoderma*. Edellä mainitut itiölajit ovat siis homeen muodostumiselle ominaisia. (Reijula ym. 2012, 81.)

### **Mikrobikasvusto**

Rakennuksen sisäpinnalla tai rakenteen sisällä kasvava mikrobeista koostuva rihmas-to, joka pyrkii leviämään. Mikrobikasvusto todetaan rakenteen ulkoisilla muutoksilla tai mikrobinäytteiden avulla. (Leivo 1998, 7.)

### **Kondensoituminen**

Ilmassa esiintyvä vesihöyry on kaasumaisessa olomuodossa, mikäli ilman kosteus ei ylitä 100 %. Kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 100 %, tiivistyy ilmassa oleva ylimääräinen vesihöyry vedeksi. Tämä raja-arvo on nimeltään kastepiste, jonka jälkeen vesihöyry kondensoituu. (LVI 00-10476 2011, 11.)

### **Alipaineisuus ja painesuhde**

Tuloilman ja poistoilman välinen suhde, joka saadaan kun lasketaan asuntoon tulevan tuloilman ja asunnosta lähtevän poistoilman välinen erotus. Asunnon säätäminen alipaineiseksi tarkoittaa siis asuntoon tulevan ilman määrän säätämistä poistettavaa ilmaa pienemmäksi. (Oy Pamon Ab 2014.)

## 2 HOMEEN MUODOSTUMINEN

### 2.1 Mikrobit ja niiden kasvuston kehittyminen

Mikrobit ovat maapallolla elämisen ehto, joita ilman emme tule toimeen. Mikrobien tehtävänä maapallon kiertokulussa on olla hajottamassa kuollutta eliöperää. Jotkin mikrobilajit ovat kuitenkin taudin aiheuttajia, joista me ihmiset saamme oireita (Seuri & Reiman 1996, 18). Näistä mikrobeista on laadittu Baarnin lista, johon on koottu terveydelle haitalliset sienikasvustot (Reijula ym. 2012, 81).

”Sisäilman mikrobipitoisuuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten mikrobikasvuun liittyvät tekijät, vaurion sijainti rakennuksessa, painesuhteet, rakenteiden tiiveys, tilojen käyttäjien liikkuminen tilassa (pölyn irtoaminen ilmaan), materiaalien käsittely tilassa tai ulkoilman vaikutus sulan maan aikana” (Reijula ym. 2012, 81). Näin ollen terveydelle haitallisten mikrobien toteaminen vaatii erityisosaamista. Kosteus- ja homevaurioista kärsineen rakennuksen vaurioiden tunnistaminen perustuu rakennustekniseen kuntotutkimukseen. Tutkimus sisältää arvion rakennuksen kosteusriskeistä, niiden toteutumisen todennäköisyyden, kosteuslähteiden tunnistamisen ja mikrobien kulkureitit. Tutkimuksessa sisäilmanlaadusta otetaan muun muassa mikrobi-, kuitusekä asbestinäytteitä, jotka analysoidaan ja josta mahdollisia terveysongelmia aiheuttavat mikrobit tunnistetaan. Lisäksi tarkastetaan ilmanvaihtokanaviston puhtaus. (Leivo 1998, 73.)

Itiöitä on käytännössä aina ilmassa, kesäisin jopa kymmenentuhatkertainen määrä talviaikaan verrattuna. Näin ollen itiöitä ei pystytä poistamaan sisäilmasta, vaan tavoitteena on saada aikaan kasvuympäristö, jolla homeitiöiden liiallinen kasvu saadaan pysäytettyä. Kosteusvauriorakennuksessa mikrobikasvuston pitoisuudet voivat siis olla samalla tasolla kuin normaalissa, terveessä rakennuksessa. (Seuri & Reiman 1996, 18.)

## 2.2 Homesienten käyttäytyminen

Homesienet ovat mikrobeihin kuuluva alalaji, jotka levittävät nukkamaista rihmastoja, jossa oikeissa olosuhteissa sieni-itiöt kasvavat. Kasvaakseen homesienet tarvitsevat riittävän määrän kosteutta, lämpöä ja ravintoa. Koska asuinhuoneiston normaali lämpötila (18–24 °C) on sopiva kasvulämpötila homeelle ja ravinnoksi riittää huoneilmaan kerääntyvä pöly, voimme pyrkiä poistamaan viimeisen tärkeän tekijän eli kosteuden. Mikäli ilman suhteellinen kosteus on alle 30 %, homesienet eivät kasva. Mikäli suhteellinen kosteus ylittää 70 %, homesienten kasvu on todennäköistä. (Leivo 1998, 45.) Normaali huoneilman kosteusprosentti vaihtelee 35–45% välillä (Sepänen & Forss 2002, 5). Tällöin huoneilma ei ole liian kuivaa, (joka aiheuttaa muun muassa limakalvojen kuivumista) mutta ei myöskään liian kostea homesienten kasvamiselle.

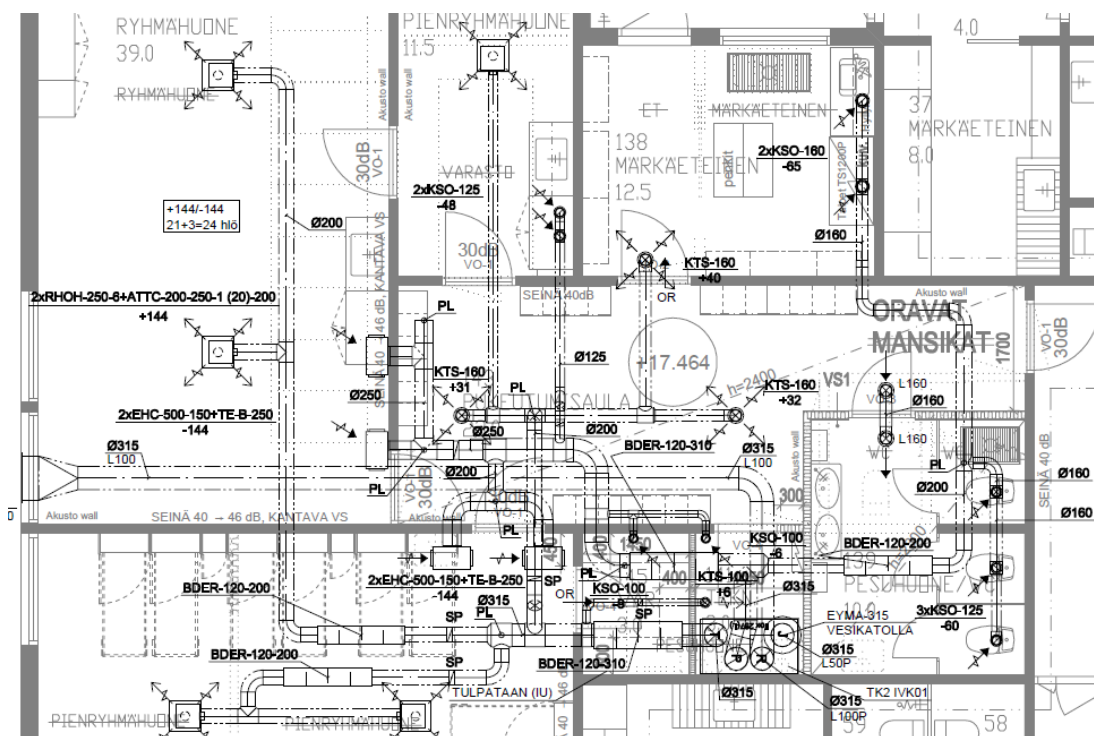
Homesieni vaatii siis riittävän kosteuden elääkseen. Sieni kasvattaa rihmastoja, joka pyrkii saamaan elintilaa ja leviämään laajalle alueelle. Sienirihmaston yläosiin muodostuu suvuttomasti lisääntyviä itiöitä, jotka pysyvät kiinni rihmastossa, mikäli elinolosuhteet ovat otolliset. Kun hometta aletaan kuivattamaan, itiöt irtoavat rihmastosta ja pyrkivät leviämään ilmapirran mukana uuteen, parempaan kasvuympäristöön. (Pessi henkilökohtainen tiedonanto 18.3.2014.) Näin ollen homesienten kuivatuksen yhteydessä on estettävä itiöiden leviäminen asunnon muihin osiin esimerkiksi muovittamalla kuivatettava tila. Samaa menetelmää käytetään esimerkiksi asbestin purkamisessa.



### 3 PIENTALOJEN TULO- POISTOILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ

Pientalojen koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä koostuu lämmöntalteenottokennon sisältämästä ilmanvaihtokoneesta, kanavistosta, niiden eristyksistä sekä pääte-elimistä Suomen rakennusmääräyskokoelman osan D2 (2012) mukaisesti. D2 -asetus vaatii, että ilmanvaihdon poistoilmasta on otettava lämpöä talteen määrä, joka vastaa vähintään 30 % ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä. Tämä siis käytännössä tarkoittaa, että ilmanvaihtokoneessa on oltava lämmöntalteenotto (LTO). Nykyään laitevalmistajat pyrkivät tuottamaan ilmanvaihtokoneita, joiden LTO-kennon lämpöhyötysuhde on 50 - 60 %. Suurempaan lämpöhyötysuhteeseen ei kannata pyrkiä, koska lämmin poistoilma tiivistyy tällöin LTO-kennon alumiinilevyille, joka talvella jäätyy. (Matilainen 2009.) Suurempaan, jopa 90 % hyötysuhteeseen päästään pyörivillä LTO-kennoilla ja kaksoisristivirtakennoilla mutta niiden hinta on huomattavasti kalliimpi.

Ilmanvaihdon kanavisto on rakennettava Suomen rakennusmääräyskokoelman osassa D2 (2012) esitettyjen ohjeiden ja määräysten mukaisesti tiiviiksi ja vuotamattomaksi, mikä todetaan tiiveyskokeella. Kanavisto rakennetaan yleisimmin eristämättömästä peltikanavasta. Ilmanvaihtokone voidaan sijoittaa haluttuun paikkaan, mutta yleisesti koneen sijoituspaikkana toimii joko kodinhoituhuone, kylpyhuone tai tekninen tila. Ilmanvaihtokoneelle tuodaan raikasta ulkoilmaa, ”raitisilmaa”, joka tulopuhallinmoottorin avulla kuljetetaan ilmanvaihtokanavistossa haluttuihin tiloihin. Asuinhuoneistoon tulevan tuloilman on tarkoitus huuhdella huoneisto, jonka jälkeen kostea tai likainen ilmavirta kulkeutuu poistoventtiilien kautta ilmanvaihtokanavistoa pitkin takaisin ilmanvaihtokoneelle. Poistoventtiilit sijaitsevat huoneissa, joissa ilman vaihtuvuus tulee olla tehokasta hajujen tai kosteiden tilojen vuoksi. Näitä ovat muun muassa WC, kylpyhuone, vaatehuone ja sauna. Ennen kuin likainen jäteilma poistuu jäteilmakanavistoa pitkin ulkoilmaan, otetaan ilmaan sitoutunut lämpöenergia talteen. Kuvassa 1 on esitetty rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä, josta ilmenee ilmanvaihtojärjestelmässä käytettävät osat sekä halutut ilmamäärät eri huonetiloissa.



Kuva 1. Ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaate

### 3.1 Ilman kosteus

Kostea ilma on kaasumainen seos, joka muodostuu kuivasta ilmasta ja vesihöyrystä, joka on sitoutunut ilmaan. Vesihöyryn pitoisuus ilmaistaan joko vesihöyryn osapaineella ( $Pa$ ) tai vesihöyryn pitoisuutena ( $g/m^3$ ). Lämmin ilma pystyy sitomaan kosteutta enemmän kuin kylmä ilma eli lämpimän ilman kastepiste on suurempi. Mikäli sama vesihöyry määrä siirtyy kylmempään ilmaan, tiivistyy ylijäävä vesihöyry kosteudeksi. Ulkoilman kosteutta mitataan vesihöyryn pitoisuutena ( $g/m^3$ ) tai suhteellisenä kosteutena (RH-arvo). RH-arvo ilmoittaa prosenttilukuna, paljonko kyseisen ilman sisältämä kosteus on sen kyllästymiskosteudesta. Kun RH-arvo on 100 %, on kyseinen ilma kyllästynyt vesihöyryä, eikä voi sitoa vesihöyryä enempää. Ilman suhteellinen kosteus määritellään seuraavasti:

$$\mu = \frac{p_v}{p_{kv}} \quad (3.1)$$

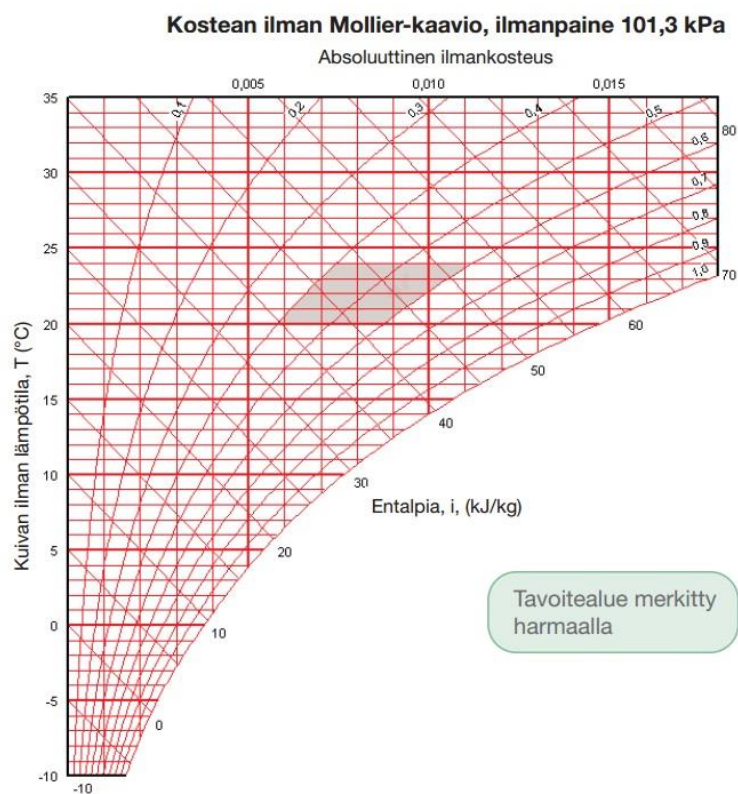
missä:

$\mu$	=	ilman suhteellinen kosteus (%)
$p_v$	=	vesihöyryn osapaine ( <i>mbar</i> )
$p_{kv}$	=	kylläisen vesihöyryn paine lämpötilassa $x$ ( <i>mbar</i> )

Kesäisin ilman vesihöyryn pitoisuus on suurempaa kuin talvella, vaikka RH-arvo on pienempi. Tämä johtuu lämpimämmän ilman kyvystä sitoa vesihöyryä enemmän. (Korkeamäki 2014.)

Ilman kykyyn sitoa vesihöyryä on laadittu Mollier-diagrammi, jonka perusteella pystytään tutkimaan lämpötilan ja vesihöyryn suhdetta. Kuva 2 esittää Mollier-diagrammin, jossa esiintyy ilman olotilat välillä -10 ja +35 °C missä:

$t$	=	kuivan ilman lämpötila °C
$\varphi$	=	ilman suhteellinen kosteus %
$x$	=	absoluuttinen ilmankosteus <i>kg/kg</i>
$i$	=	entalpia (lämpösisältö) <i>kJ/kg</i>



Kuva 2. Mollier-kaavio, jonka avulla pystytään määrittelemään ilman lämpötilan suhdetta ilman kosteuteen (Intervent Oy 2014, 15).

Ilman entalpia eli lämpösisältö määrittelee energiamäärän kilogrammaa kohden. Entalpia on esitetty 10 kJ:n/kg välein lineaarisilla suorilla kastepistekäyrältä vasemmalta yläviistoon. Entalpiakäyrästä saadaan hyvin selville, miten ilman kylmeneminen vaikuttaa suorasti ilman kykyyn sitoa vesihöyryä.

## 4 KOSTEUDEN MUODOSTUMINEN ILMANVAIHDOS- S A

Kosteutta muodostuu monin eri tavoin. Kosteiden tilojen (kylpyhuone, WC, sauna) ilmanvaihto tulee olla riittävän korkealla tasolla, jotta kostea ilma poistuu ilmanvaihtokanavistoon ennen kuin se ehtii imeytyä esimerkiksi puupintoihin aiheuttaen homeelle sopivan kasvuympäristön (Suomen RakMK D2 2012, 6). Kosteiden tilojen ilmanvaihto on säädetty erikseen D2 asetuksissa. Kosteuden lisäksi myös huonelämpötilalla on siis merkittävä rooli kosteusvaurion syntymiselle. Näin ollen, mikäli mahdollista, olisi esimerkiksi saunan lämpötilaa sen käytön ja kuivattamisen jälkeen syytä tarkastaa ja mahdollisesti säätää lämmityslaitteen termostaatti normaalia huoneilmaa viileämmäksi.

Kosteusvaurio on mahdollisesti tapahtunut, mikäli asunnossa esiintyy seuraavia muutoksia:

- tummuneet kosteusläiskät asunnon sisäpinnoissa
- tapetti, keraaminen laatta, muovimatto, maali tai muu sisustusmateriaali irtoilee
- levyrakenteiset seinät tai kaapistojen sokkelit turpoavat tai kupruilevat
- parketti tummuu
- sokkelin tai kellarinseinien sisäpintojen maali irtoaa paikoitellen. (hilseilee)
- ikkunat ovat jatkuvasti huurussa tai vesihöyry tiivistyy muille pinnoille
- kylpyhuone on pitkään kosteana suihkun jälkeen
- tiiliverhous on paikoin valkoinen vielä keskikesällä (Leivo 1998, 11.)

### 4.1 Kosteuslisä

Kosteuslisällä tarkoitetaan huoneistossa olevan normaalin ilmankosteuden lisäksi erilaisten kosteuskuormien tuottamaa kosteutta. Näitä ovat esimerkiksi pyykin kuivaaminen, saunominen ja keittiössä tapahtuva toiminta. Kosteuslisä on erityisen huomioitavaa talviaikaan, jolloin ulkoilman absoluuttinen kosteus on pieni ja näin ollen ilmankosteus kosteuslisän myötä sisätiloissa kasvaa. Talvisin myös monet kotityöt sijoittuvat sisätiloihin, eikä tuuletusta ikkunoiden kautta ole mahdollista kylmän

ilman vuoksi toteuttaa. Näin ollen koneellisen ilmanvaihdon tärkeys korostuu talvi-aikaan. Tämä on tutkimusten perusteella paradoksi, koska ilmanvaihdon käyttöaste pyritään asukkaiden toimesta säätämään pienelle teholle, jotta välttyään viileän ilman tuottamasta vedon tunteesta sekä äänihaitasta, jonka ilmanvaihtokone aiheuttaa (Vinha ym. 2005, 59).

Kosteuslisää on tutkittu hyvin harvakseltaan, eikä esimerkiksi D2-standardi ohjeista asiasta mitenkään. Tampereen teknillisen yliopiston teettämän tutkimuksen mukaan kosteuslisän mitoitusarvoksi puurunkoisille pientaloille saatiin talvella  $4,0\text{g}/\text{m}^3$  ja kesällä  $1,5\text{g}/\text{m}^3$ . (Vinha ym. 2005, 47.) Kosteuslisä tulee ottaa myös huomioon jo talon rakennusvaiheessa, jolloin eri rakentamismenetelmät saattavat tuottaa varsinkin talvella huomattavia, jopa  $6,0\text{g}/\text{m}^3$  kosteuskuormia (Knauf Oy 2014, 13). Tästä syystä rakennusvaiheessa on rakennusmateriaalien kuivaketjun säilyttävä valmistajalta käyttäjälle katkeamattomana. Materiaalien suojaus kosteudelta on varmistettava valmistusvaiheessa, kuljetuksessa, varastoinnissa sekä asennusvaiheessa.

#### 4.1.1 Kosteuslisän hallinta

Koska ihmisen elintavat aiheuttavat suurimman kosteuslisäriskin, voidaan asukkaan omalla toiminnalla ehkäistä liiallisen kosteuslisän muodostumista. Mikäli pyykin kuivatus suoritetaan sisätiloissa, tulee se toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti ilmastoidussa tilassa. Makuuhuoneissa sekä olohuoneissa on usein ainoastaan tuloilmaventtiilit, jolloin kostean pyykin kuivatus vastaavassa tilassa aiheuttaa kosteuden siirtymisen muualle asuntoon, joka näin ollen lisää kosteuslisän tuottoa. Pesutilat ovat sen sijaan varustettu poistoilmaventtiileillä, jolloin pyykkien tuoma kostea ilma poistuu tehokkaasti poistokanaviston kautta ulos. Paras vaihtoehto tosin on suositella asunnon käyttäjälle pyykin kuivatusta ulkotiloissa.

Keittiössä tapahtuva toiminta aiheuttaa toisen suuren kosteuslisän. Astianpesukoneesta, ruuan laitosta sekä tiskaamisesta tuleva vesihöyry voi pahimmillaan aiheuttaa kosteutta rakenteisiin, mikäli vesihöyryä ei poisteta ilmanvaihdolla sekä esimerkiksi astianpesukoneen sijainti antaa vesihöyrylle mahdollisuuden imeytyä puupintoihin. Keittiön ilmanvaihto on usein ainoastaan liesikuvun varassa. Liesikupu kytketään

yleensä päälle ainoastaan ruoanlaiton yhteydessä, joten muun toiminnan aikana koneellista ilmanvaihtoa ei keittiössä ole lainkaan. Tästä syystä on jo suunnitteluvaiheessa otettava huomioon keittiön yleinen ilmanvaihto ja asennettava poistoilma-venttiili vesihöyryn muodostumisen kannalta tärkeään paikkaan.

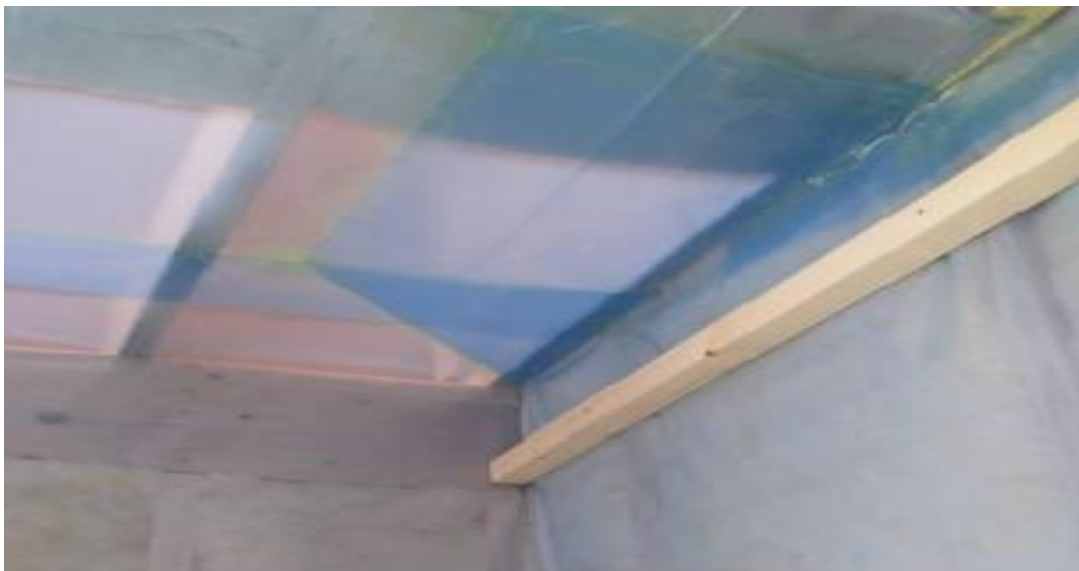
#### 4.2 Pientalojen rakenteellinen tiiviys

Vaikka tässä tutkimuksessa ei paneuduta rakennusmateriaaleihin tai niiden mahdollisiin ongelmakohtiin, on ilmanvaihdon kannalta tärkeää tarkastella rakennusten tiiveyttä ulko- ja sisäilman painesuhteiden huomioimiseksi. Koneellisen ilmastoinnin kannalta on hyvin tärkeää, että rakenteet olisivat mahdollisimman tiiviitä, jolloin ilmanvaihtojärjestelmä toimisi halutulla tavalla. Mikäli asunnon rakenteet vuotavat suuresti, on lähes mahdotonta saada asunto haluttuun paine-eroon koneellisesti. Rakennukset pyritään säätämään ilmanvaihtojärjestelmän avulla hieman alipaineisiksi (Suomen RakMK D2 2012, 19), jolloin konvektiovirtaus ei aiheuta rakenteisiin kosteusongelmaa. Konvektiovirtaus aiheutuu, kun lämmin sisäilma kohtaa kylmän rakenteen, jolloin lämpimässä ilmassa sitoutunut vesihöyry tiivistyy rakenteisiin. Näitä ongelmia aiheutuu yleensä erilaisiin liitoksiin ja suurten pintojen epäjatkuvuuskohtiin: seinien, lattioiden ja kattojen liitoskohtiin, läpivienteihin sekä ovien ja ikkunoiden liitoksiin. (Rantala & Leivo 14.3.2014.)

Pientalorakentamisessa on siis ilmanvaihdon kannalta tärkeää saada rakennus riittävän tiiviiksi. Rakennusvaiheessa talojen kaikkien rakenteiden tiivistäminen on tärkeää jo pelkästään lämmityskustannusten vuoksi. Talvisin vuotokohdista asuntoihin tuleva kylmä ilma aiheuttaa lämmityskuormaa sekä vaikeuttaa ilmanvaihdon toimivuutta. Ikkunan karmien välistä tuleva kylmä ilma aiheuttaa kosteuden tiivistymisen ikkunaan ja sen puihin karmeihin, mikä taas edesauttaa homeen leviämistä. Mikäli ikkunapintoja on paljon, voidaan kylmän ilman tuomaa vedon tunnetta hallita erilisillä lämmittimillä, jotka asennetaan ikkunoiden alapuolelle. Tarvittaessa on mahdollista asentaa myös sähkölämmitteiset ikkunat. (LVI 05-10417 2007, 10.)

### 4.3 Höyrynsulku rakenteissa

Yksi merkittävä kosteuden lähde ovat puutteelliset tai rikkoutuneet höyrynsulut. Höyrynsulkujen tehtävänä on estää mahdollisen tiivistyneen veden pääsy rakenteisiin tai eristeisiin. Höyrynsulku valmistetaan vettä läpäisemättömästä materiaalista, usein muovista. Asuinrakennuksessa höyrynsulkumuovi sijaitsee ulkoseinässä sekä ala- ja yläpohjassa lämpöeristeen sisäpinnassa. Sulku voidaan asentaa myös lämpöeristeen väliin, mikäli lämpöeristeen ja höyrynsulun ulkopuolelle jää vähintään 75 % eristevahvuudesta. (Isopahkala 2011) Kuvassa 3 on esitetty höyrynsulku rakennusvaiheessa.

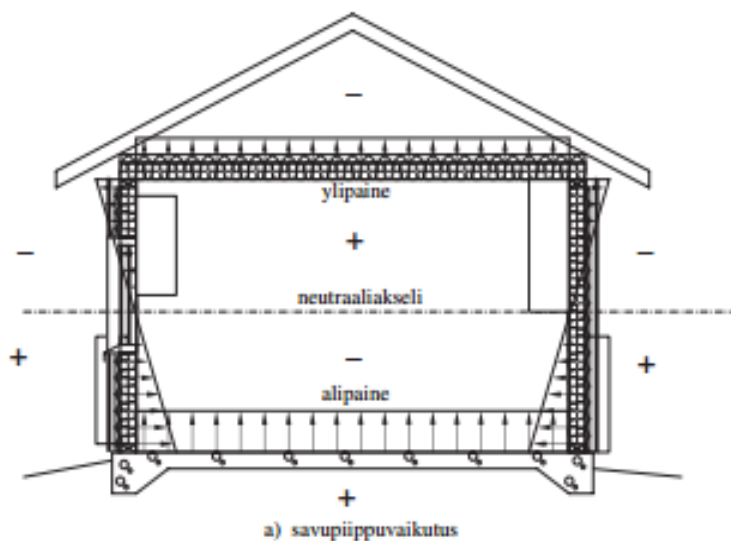


Kuva 3. Höyrynsulku rakennusvaiheessa (Isopahkala 2011)

Ilmanvaihtokanavien sijoittuminen usein ullakolle aiheuttaa monissa tapauksissa vaatimuksen rikkoa höyrynsulku ilmanvaihtoputken alas viemiseksi. Käytännön työssä olen nähnyt, että usein höyrynsulku rikotaan tekemällä muoviin ristiviilto, jonka läpi ilmanvaihtokanava johdetaan. Hyvin monesti rikkoutunut höyrynsulku jää korjaamatta, joka näin ollen aiheuttaa mahdollisen kosteusongelman. Varsinkin talvella on otettava huomioon ulko- ja sisälämpötilojen vaihtelut. Savupiippuilmioiksi (kuva 4) kutsutaan tilannetta, jolloin lämmin ilma pyrkii nousemaan ylöspäin aiheuttaen mahdollisen ylipaineen katon tai ullakon rakenteisiin. Näin ollen lämmin ilma tunkeutuu ylipaineen johdosta höyrynsulkua vasten. Mikäli eristys ja höyrynsulku ovat puutteellisia, tiivistyy konvektion seurauksena kosteutta yläpohjaan. Tästä ilmiöstä johtu-



en asunnot pyritään säätämään alipaineiseksi koneellisen ilmanvaihdon avulla (Suomen RakMK C2 1998, 4).



Kuva 4. Savupiippuvaikutus pientaloissa (Rantala & Leivo 13.2.2014).

Päinvastoin ajateltuna sama ilmiö toistuu lattiatasolla. Kun asunto on mitoitettu alipaineiseksi, pyrkii kylmä ulkoilma tunkeutumaan asuntoon rakenteiden läpi ja puutteelliset höyrynsulut yhdistettynä heikkoon eristykseen aiheuttavat lattian tai alapohjan rakenteisiin kosteusvaurioita. Yksi muistettava ilmanvaihtoon liittyvä kanavointi, jossa höyrynsulku joudutaan puhkaisemaan sekä ala- että yläpohjassa, on radonputkiston jätehormin asennus, joka johdetaan omana horminaan asunnon katolle.

#### 4.3.1 Oikeaoppisen höyrynsulun asentaminen

Höyrynsulku on siis rakennuksen toiminnan kannalta hyvin merkittävä rakennustekninen elementti, jonka asentamiseen on käytettävä aikaa ja työ tehtävä huolellisesti. Höyrynsulun tulee olla yhtenäinen ja mikäli sulku joudutaan puhkaisemaan, on sen tiivistäminen tehtävä tarkasti. Pienikin vuoto saattaa aiheuttaa mahdollisen kosteus- ja homevaurion, eikä kyseisen vaurion toteaminen tapahdu välttämättä ennen kuin vaurio on levinnyt laajalti rakenteisiin. Höyrynsulku tulee asentaa siten, että muovikalvon reunat ovat limittäin vähintään 200mm leveydeltä. Liitoskohdan on tiivistettävä asianmukaisella teipillä ja mahdollisten läpivientien kohdalla on kalvoon saata-

villa läpivientiin tarkoitettuja asennuspaloja. Tarvittaessa ilmanvaihtokanava voidaan tiivistää liimamassalla. (Isopahkala 2011.) Kuva 5 esittää alas lasketun ilmanvaihtokanavan kohdalta oikeaoppisen höyrynsulun asentamisen.



Kuva 5. Ilmanvaihtokanavan tiivistäminen höyrynsulkua vasten (Isopahkala 2011).

#### 4.4 Mittaus ja säätö

Asunnot suunnitellaan ja säädetään usein alipaineisiksi, jotta kosteus ei pääse tiivistymään rakenteisiin. Alipaine ei kuitenkaan saa olla yli 30 Pa (Suomen RakMK D2 2012, 14). Ilmanvaihtojärjestelmän mittaus ja säätö tapahtuu neliportaisen IV-koneen käyttökytkimen ollessa asennossa kaksi sekä täydellä teholla (Suomen RakMK D2 2012, 19). Usein käy kuitenkin niin, että käyttäjä asettaa ilmanvaihtokoneen käymään pienimmällä poissaoloteholla ilmanvaihdon aiheuttaman meluhaitan vuoksi (Vinha ym. 2005, 73). Tästä johtuen asuntojen paine-erot saattavat vaihdella säätö- ja mittaushetkestä. Pienemmällä teholla käyvä ilmanvaihtokone ei poista ilmaa yhtä tehokkaasti ja sen lisäksi yhdistettynä vuotaviin rakenteisiin voi asuntoon muodostua ylipainetilanne, jolloin rakenteen kosteusriski kasvaa.

#### 4.4.1 Mittauksen ja säädön oikeaoppinen toteutus

Mittaus ja säätö tapahtuvat rakennusvaiheen päätyttyä. Mittaustilanteessa asunnon ulko-ovi ja ikkunat on suljettava, jolloin asunnossa vallitsee haluttu ilmanpainetila. Ilmanvaihtojärjestelmä säädetään tulo- ja poistoventtiileitä säätämällä. Koska ilman painehäviö kasvaa ilmanvaihtokoneesta lähettäessä, on asunnon säätäminen aloitettava suurimmalla etäisyydellä koneeseen nähden olevasta venttiilistä. Näin ollen lähemmäs ilmanvaihtokonetta siirryttäessä lähellä konetta olevien venttiileiden säätö ei vaikuta suuresti kaukana olevien venttiileiden paine-eroon. Kuitenkin säätövaiheen päätyttyä on kaikkien venttiileiden paine-erot tarkistettava ja tehtävä mahdollisia muutoksia. Usein aikataulu on niin kireä, että riittävän monia tarkistuksia ei ehditä tekemään, jolloin pöytäkirjassa olevat säätöarvot eivät vastaa todellisuutta. Liian suurella alipaineella olevassa asunnossa on riskitekijöinä lämmityskustannusten nousu (johtuen paineen tasauksesta kylmän ulkoilman toimiessa korvausilmana) sekä mahdollisten hajuhaittojen esiintyminen (ryömintätilat, maaperän kostea ilma, WC). Koska ilma pyrkii liikkumaan aina ylipaineesta alipaineeseen ja mikäli asunto on liian alipaineinen, tulee korvausilma hallitsemattomista tiloista, kuten ala- tai yläpohjan rakenteiden läpi. Mikäli alapohjaan on muodostunut homeitiöitä, kulkeutuvat ne myös tällöin asuntoon.

Kosteusriskin kannalta suuremman ongelman tuo asunnon ylipaineisuus. Kuten todettua, ilma pyrkii liikkumaan ylipaineesta alipaineeseen. Mikäli asunto on säädetty ylipaineiseksi, tunkeutuu lämmin huoneilma asunnon rakenteisiin, joka talvella kondensoituu vedeksi ja jäätyy. Ulkoilman lämmitessä keväällä rakenteissa oleva vesi sulaa, jolloin homeelle syntyy edellytykset kasvaa. (Helin henkilökohtainen tiedonanto 3.3.2014.)

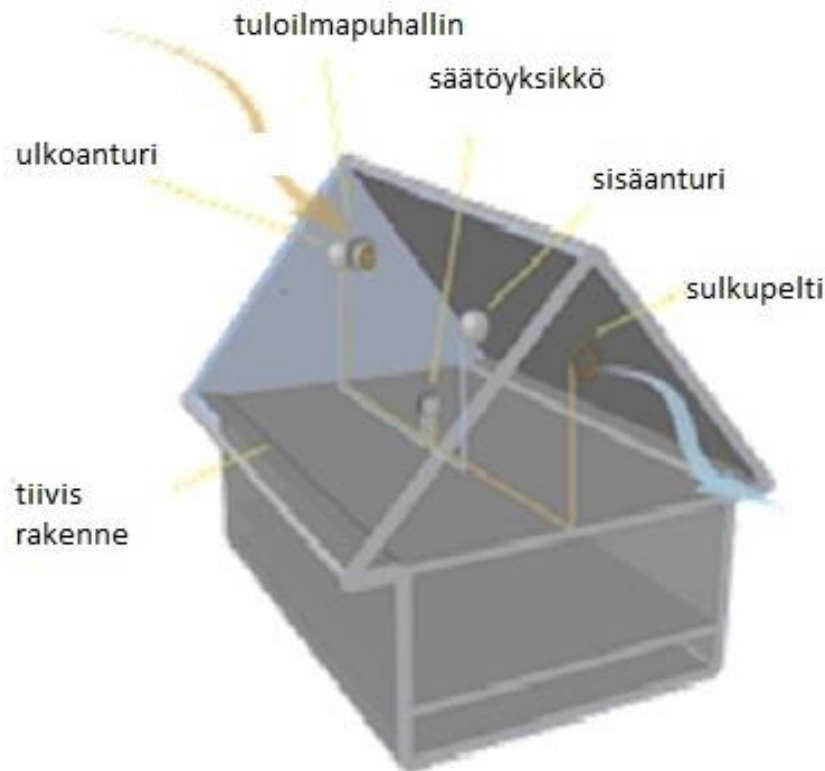
#### 4.5 Yläpohjan tuuletus

Merkittäviä kosteuden aiheuttajia rakennuksissa ovat ylä- ja alapohjat. Niiden tuuletus on otettava huomioon rakennusvaiheessa joko asentamalla korvausilmaventtiilit tai liittämällä tuuletus ilmanvaihtojärjestelmään.

Yläpohjan tuulettaminen on erittäin tärkeää, koska rakennusten yläpohja toimii eräänlaisena linkkinä huoneilman ja ulkoilman välillä. Höyrynsulkujen lisäksi on otettava huomioon mahdollinen kondensoituminen kattorakenteen alapuolelle, josta vesi pääsee valumaan rakenteisiin. Rakennusten yläpohjat ovat usein talvisin lämpimämpiä kuin ulkoilma, joka aiheuttaa vaillinaisella ilmanvaihdolla kosteuden tiivistymisen ja homevaurion.

#### 4.5.1 Yläpohjan toteutus

Yläpohjan ilmanvaihto suunnitellaan usein ristivetoiseksi eli käyttäen hyväksi ilman lämpötilasta ja tuulesta aiheutuvaa paine-eroa saadaan yläpohjan tuuletus toteutettua korvausventtiileillä. (Suomen RakMK C2 1998, 14). Yläpohjan eristämisen yhteydessä on otettava huomioon lämpöeristeen ja lämpötilan lisääntymisen aiheuttaman suhteellisen kosteuden lisääntymisen. Lämpimämpi yläpohja sitoo enemmän kosteutta ja näin ollen kosteaa ilmaa tulee vaihtaa useammin. Tämä siis käytännössä tarkoittaa, että mikäli käyttäjä lisää lämpöeristystä yläpohjan rakenteisiin, tulee samalla kasvattaa ilmanvaihtoa kyseisessä tilassa. Näin ollen koneellinen ilmanvaihto on suositeltavaa myös yläpohjan osalta. Mikäli ilmanvaihto toteutetaan erillisellä kanavoinnilla, on järjestelmään hyvä lisätä lämpötila- sekä kosteusanturit, jolla pystytään seuraamaan riittävän ilmanvaihdon tarvetta. (Vinha 2012.) Kuva 6 esittää ilmanvaihdon toteutuksen yläpohjassa Carl-Eric Hagentoftin mukaan. M-Ventissä käytyjen keskustelujen jälkeen tultiin siihen tulokseen, että yläpohjan erillinen ilmanvaihto on syytä toteuttaa poistoilmapuhaltimen avulla. Näin ollen vältetään mahdollisesta ylipaineesta, minkä tuloilmapuhallin voi aiheuttaa. Tällöin on kuitenkin muistettava asentaa sulkupellit molempiin raitisilmaventtiileihin. (Honkasalo henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2014.).



Kuva 6. Yläpohjan erillinen ilmanvaihtojärjestelmä Hagentoftin (2014) mukaan

#### 4.6 Alapohjan tuuletus

Alapohjan kosteuteen vaikuttavat oleellisesti kolme tekijää. Ne ovat maaperän kosteustuotto, alapohjan lämpöolosuhteet sekä ilmanvaihto. Alapohjan lämpötila on kriittinen tekijä kosteuden kannalta. Jos ryömintätila on merkittävästi kylmempi kuin ulkoilma, ryömintätilan kosteus on aina suuri vaikka ilmanvaihto ja maaperän eristys olisi tehty asianmukaisesti. Tästä johtuen ryömintätilan lämpö- ja kosteusolosuhteita on tarkasteltava kokonaisuutena. Maaperässä esiintyy monenlaista kosteutta muun muassa pintavetenä, pohjavetenä sekä maan huokosissa olevana vesihöyryinä. Salaojitus on tärkeässä asemassa, jolloin rakennuksen alapohja saadaan pysymään mahdollisimman kuivana. (Leivo 1998, 22.) Kuitenkaan kaikkea kosteutta ei saada poistettua. Aurinko ei pääse kuivattamaan maaperää, joten rakennuksen alla oleva ilma on suhteellisesti kosteampaa kuin muu ilma. Näin ollen alapohja tulee saada tuuletettua riittävästi. Alapohjan tuuletus tulee tapahtua kuitenkin riittävän maltillisesti. Liiallinen ilmanvaihto alapohjassa aiheuttaa varsinkin talvella suhteettoman suuren lämpötilavaihtelun, joka edesauttaa kosteuden muodostumista. Jo 2 l/h ilmavirran on

todettu aiheuttavan liiallisen lämpötilan muutoksen. Riittävä tuuletus saadaan aikaan jo 0,5 l/h ilmavirralla. (Kurnitski ym. 2009, 45.)

#### 4.6.1 Alapohjan toteutus

Alapohjan (l. ryömintätila) huolellinen valmistaminen rakenteellisesti on erittäin tärkeää kosteuden ehkäisemiseksi. Tällöin tulee huomioida ja laskea tarkoin miten lämpötila ja kosteus muuttuvat eri vuodenaikoina ja suhteuttaa ilmanvaihto vaadittuun ilman virtaamaan. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko painovoimaisesti, kanavapuhaltimen avulla tai koneellisesti. Helsingin yliopiston teknillisen korkeakoulun tekemän tutkimuksen mukaan alapohjan ilmanvaihdosta saadaan paras hyöty, jos ilmanvaihtokonetta tehostetaan kesällä. Mikäli lämmityskaudella ilma vaihtuu alapohjassa 0,5 l/h, tulee se nostaa kesällä 3-5 l/h:n. (Kurnitski ym. 2009, 57.)

Ryömintätilan venttiilit sijaitsevat rakennuksen ulkopinnassa lähellä maan tasaa, joten venttiileihin tarttuu helposti maa-ainesta sekä muuta tukkeutuvaa ainesta kuten puun lehtiä. Korvausilmaventtiileissä on valmistajan toimesta asennettu ohut verkko venttiilin takaosaan, jolla pyritään estämään muun muassa pienten eläimien kuten hiirien pääsyn venttiilin kautta rakenteisiin. Tämä verkko aiheuttaa kuitenkin jo hyvin lyhyessä ajassa tukkeumia venttiilin suuaukolle, joka näin ollen estää ilman virtaamisen tilaan. Tästä syystä venttiiliä asentaessa tulee poistaa mahdollinen verkko. Mikäli ryömintätilan tuuletus toteutetaan ilman koneellista ilmanvaihtoa, on ryömintätilan tuuletusaukkojen kokonaispinta-ala oltava vähintään 4 promillea ryömintätilan pinta-alasta (Suomen RakMK C2 1998, 9).

#### 4.7 Ilmanvaihtokanavien eristäminen

Ilmanvaihtojärjestelmän kanavisto toteutetaan lähes poikkeuksetta tyyppihyväksytystä peltikanavasta ja niiden osista. Joillakin valmistajilla on tarjolla myös muovikanavia, mutta niiden käyttö on vielä toistaiseksi harvinaista. Kanavat sijoitetaan usein ullakkotilaan tai muuhun huoneilmaa kylmempään tilaan, jolloin kanavassa kulkeutuva ilma on lämpimämpää kuin kanavan ulkopuolella oleva ilma. Sama ilmiö toteutuu päinvastoin raitisilmakanavassa, joka johdetaan ulkoilmaa lämpimämmän tilan

läpi, jolloin ilmanvaihtokanavan sisäpinta on ulkopuolista tilaa kylmempi. Mikäli kanavia ei eristetä, aiheutuu kosteuden tiivistymistä joko kanavan sisä- tai ulkopinnalle.

Ilmanvaihtokanavien eristysmateriaali vaihtelee sen tarkoituksen mukaan. Mikäli kanavisto aiheuttaa tulipaloriskin, on kanavat eristettävä tulipalon kestäväällä materiaalilla rakennusmääräyskokoelman osan E7 (2004) mukaisesti. Jos ilmanvaihtokanavistoon on sijoitettu palopellit määräysten mukaisesti, riittää kanaviin lämpöeriste. Kanavien lämpöeristys voidaan toteuttaa joko kivivillamatolla tai lämmöneristeeksi soveltuvalla kumimatolla. Kanavien eristyksessä on kiinnitettävä erityistä tarkkuutta saumojen ja liitoskohtien osalta. Kanavat tulee sijoittaa asennusvaiheessa siten, että eriste mahtuu kanavan ja rakenteen väliin. Kuten kosteussulkujen asentamisessa, myös eristämisessä on tärkeää, ettei esimerkiksi läpivienti ole liian ahdas eristeen mahtumiseksi kanavan ympäri.

#### 4.7.1 Eristyksessä huomioitavat asiat

Eristäminen on ehdottoman tärkeä toimenpide kosteusriskien hallintaan. Mikäli ilmanvaihtokanavisto sijaitsee kylmässä tilassa eristämättömänä ja kanavassa kulkee lämmin ilma, johtaa se suurella todennäköisyydellä kosteusvaurioon. Näin ollen kanaviston eristys on toteutettava erityisen huolellisesti (Suomen RakMK C4 2003, 7). Nykyään rakentamisessa toimitetaan usein valmiita elementtejä rakennustyömaalle, jotka kootaan paikan päällä. Elementtitehtaalta tulevissa elementeissä on valmiiksi tuotettuja läpivientejä LVIS-urakoitsijoille. Näiden läpivientien osalta on oltava erityisen huolellisia ja tarkoin annettava riittävät toleranssit elementtitehtaille, jotta reikien valmistuksessa huomioidaan myös eristysvara. Valitettavan usein elementeissä olevat reiät ovat mitoitettu liian pieniksi, jolloin eristeen saaminen raitisilmakanavan ympärille on vaikeaa tai lähes mahdotonta. Näin ollen kylmän raitisilmakanavan ja lämpimän rakenteen välille syntyy kylmäsilta, joka aiheuttaa kosteuden pääsyn rakenteisiin. Vastuu tämän ilmiön syntymiselle on pääasiassa ilmanvaihtourakoitsijalla. Muita huomioon otettavia kylmäsiltoja ilmenee varsinkin jäteilmakanavassa, joka johdetaan katolle.

Ahtaissa tiloissa olevien kanavien eristys on usein hyvinkin vaikeaa, joissakin tapauksissa miltei mahdotonta. Työn helpottamiseksi on järkevä vaihtoehto eristää ilmanvaihtokanavaosat ja – putket etukäteen ja asentaa kanavisto valmiiksi eristettynä. Näin ollen voidaan varmistua riittävästä lämpöeristyksestä. Yhteistyö eristys- ja ilmanvaihtourakoitsijan välillä ahtaiden tilojen osalta on oltava tiivistä ja saumatonta. Se vaatii usein myönnytyksiä molemmilta osapuolilta, mutta on välttämätöntä halutun lopputuloksen aikaan saamiseksi.

Lämmöneristysmateriaalina käytetään joko kivivillaeristettä tai solukumia. Kivivillaeristeellä eristettäessä ilmanvaihtokanaviston ympärille asennetaan eristematosta leikkattuja paloja, jotka tiivistetään eristysteipillä. Kuvassa 7 on esitetty kivivillan eristepaksuudet putken ja lämmönvaihtelun mukaan, missä:

$\Delta t =$  lämpötilaero kanavan ulko- ja sisälämpötilojen välillä  
 $mm =$  kanavan halkaisija

Pyöreän kanavan lämmöneristyspaksuus**)				
Kanavan halkaisija mm	Nimellinen eristepaksuus, mm			
	$\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 30^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 40^{\circ}\text{C}$	$\Delta t = 50^{\circ}\text{C}$
63	40	50	60	80
80	40	50	60	80
100	50	60	80	100
125	50	60	80	100
160	50	60	80	100
200	60	80	100	120
250	60	80	100	120
315	60	80	100	120
400	80	100	100	160
500	80	100	120	160
630	80	100	120	160
800	100	120	120	160
1000	100	120	160	180
1250	100	120	160	180

Kuva 7. Ohjeelliset kivivillan eristepaksuudet ilmanvaihtokanaville (Paroc Oy 2011, 9)

Läpivientien aukkojen määrittämisessä on huomioitava eristepaksuuden vaikuttavan kaksinkertaisesti ilmanvaihtokanavan ulkohalkaisijaan. Jos esimerkiksi 160mm ka-



nava eristetään 50mm paksulla lämpöeristeellä, kasvaa kanavan ulkohalkaisija 100mm. Tästä syystä 19mm kumimatto on suosittu eristysmateriaali, sillä sen lämmöneristävyys on samaa luokkaa kuin 50mm kivivillamatto (Honkasalo henkilökohtainen tiedonanto 25.3.2014). Yksi hyvä ratkaisu on eristää elementissä oleva kanavansa keskeltä kumimatolla ja jättää kanavan molemmat päät paljaaksi noin viiden senttimetrin matkalta. Näin ollen mikäli palomääräykset vaativat, voidaan palomassalla eristää kanavan päät, jolloin palomassa toimii myös lämpöeristeenä. (Honkasalo henkilökohtainen tiedonanto 7.4.2014).

#### 4.8 Ilmanvaihtokoneen kondenssiveden hallinta

Ilmanvaihtokoneessa tapahtuu suuria lämmönvaihteluita, kun kuuma ja kylmä ilma kohtaavat toisensa koneen sisällä. Virtauskennon läpi kulkee kylmää ulkoilmaa sekä huoneesta poistettua lämmintä sisäilmaa. Näin ollen kennon pintaan kondensoituu kosteutta, joka päätyy ilmastointikoneen pohjalle. Mikäli tätä kondenssivettä ei poisteta ilmanvaihtokoneesta, alkaa koneen pohjalle muodostunut vesi vuotamaan rakenteisiin. Lähes kaikissa ilmanvaihtokoneissa on koneen pohjaan integroitu kondenssiveden poistoventtiili, jota kautta vesi saadaan poistettua koneesta aiheuttamatta kosteusongelmaa. Kondenssivedelle on rakennettava putkisto, joka johdetaan viemäriverkostoon tai muuten asianmukaisesti asunnon ulkopuolelle. Tämän putkiston mahdollinen eristäminen on myös hyvin tärkeää, jotta putki ei pääse jäätymään tai reagoimaan muutoin ulkoisen lämpötilan kanssa.

##### 4.8.1 Kondenssiyhteesen ja putkistoihin liittyvät riskitekijät

Kondenssiyhteen asennus tapahtuu ilmanvaihtokoneen pohjassa olevan yhteen liittämisellä viemäriverkostoon. Koska kyseessä on viemäriputkitus, on syytä antaa asennuttaa putkisto ammattitaitoisella putkimiehellä. Kylmän ja lämpimän ilman kondensio on otettava huomioon ja tarvittaessa putkisto on lämpöeristettävä. Mikäli putkitus on tehty väärin tai huolimattomasti, vuotaa kondenssivesi tilaan, jossa ilmanvaihtokone sijaitsee. Mikäli kondenssiyhdetä ei ole liitetty, aiheuttaa se koneen pohjalle vettä joka talvella saattaa jäätyä, mikäli ilmanvaihtokone on jostain syystä pois päältä.

#### 4.9 Liesikuvun poistohormin perhospelti

Ruuan valmistuksessa aiheutuvat epäpuhtaudet poistetaan liesikuvun kautta omana jäteilmakanavana katon kautta ulkoilmaan. Koska liesikupu ei ole aina käytössä, on kanavaan asennettu perhospelti, jonka tarkoitus on estää kylmän ulkoilman valuminen poistohormia pitkin asuntoon. Pelti toimii mekaanisesti ilmavirtauksen johdosta eli kun katolla oleva huippuimuri on toiminnassa, pellin siivet avautuvat ja jäteilma pääsee poistumaan ulos. Kun huippuimuri pysähtyy, perhospellin siivekkeet sulkevat kanavan. Koska useimmat pellit eivät ole varustettuja moottorilla on pellin toimivuutta tarkkailtava säännöllisesti. Rasvan ja muiden epäpuhtauksien vuoksi ilmanvaihtokanavaan saattaa kerääntyä likaa, joka kerrostuessaan saattaa aiheuttaa siivekkeiden toimimattomuutta. Tällöin kylmä ilma valuu kanavaa pitkin alaspäin ja lämpimän ilman kohdatessa kondensoituu kanavistoon. Koska jäteilmakanavisto on asennettu rakenteisiin, aiheuttaa tämä ilmiö kosteusvaurion, jonka todentaminen vie kauan aikaa. Perhospellin toimimattomuuden toteaminen on kuitenkin yksinkertaista. Mikäli asukas tuntee kylmän ilman keittiössä, kun liesikupu ei ole toiminnassa, on asiaan puututtava välittömästi.

Vaihtoehto liesikuvulle on asentaa erillinen liesituuletin, joka toiminnaltaan on lähes samanlainen kuin liesikupu. Erona on tuulettimen oma puhallin, jonka tehtävänä on poistaa ruuanlaitossa aiheutunut käry. Epäpuhtaudet johdetaan jäteilmakanavistoa pitkin katolle, jossa ulospuhallushajottaja sekoittaa jäteilman ulkoilmaan. Liesituulettimessa on perhospelti valmiiksi asennettuna, jolloin katon rajassa peltiä ei enää käytetä. Tämä saattaa aiheuttaa kosteusriskin, koska kanavassa oleva perhospelti sijaitsee huoneilmassa lieden välittömässä läheisyydessä. Näin ollen jäteilmakanavaan valuu koko matkalta kylmää ilmaa, joka tiivistyy kanavan sisäpintaan ja talvella jäätyy. Aiheutunut jää estää perhospellin toiminnan, joka mahdollistaa kosteusvaurion synnyn. (Helin henkilökohtainen tiedonanto 14.3.2014.)

##### 4.9.1 Ratkaisut liesikuvun ja -tuulettimen toimintaan

Ainoa keino välttyä liesikuvun tuomalta kosteusvauriolta, on minimoida riskit. Ilmanvaihtokanavien säännöllinen puhdistus on yksinkertainen toimenpide, joka tulee

toteuttaa säännöllisin väliajoin. Ilmanvaihtokanaviston huollettavuudesta ja puhtaudesta on olemassa määräykset, joita tulee noudattaa (Suomen RakMK D2 2012, 19). Mikäli asuntoon asennetaan liesituuletin, olisi järkevää asentaa perhospelti myös jäteilmakanavan yläpäähän. Pelti tulisi sijoittaa siten, että kanavan puhdistuksen ajaksi pelti voidaan helposti poistaa. Pellin toiminta tulee nuohouksen aikana tarkistaa ja mahdollisesti puhdistaa pellin siivet. Rasvan aiheuttama tahmaisuus saattaa aiheuttaa siipien liimautumisen toisiinsa, jolloin pelti ei enää toimi halutulla tavalla. (Honkasa-lo henkilökohtainen tiedonanto 3.2.2014).

Koska keittiön kanavisto likaantuu muita kanavia useammin, tulee se nuohota myös useammin. Nuohous tapahtuu manuaalisilla työkaluilla, joilla kanavan sisäpintaa harjataan. Harjan teräsosat kuluttavat kanavaa, joten kanava tulee valmistaa paksummasta 1,25mm teräksestä tavallisen 0,7mm peltikanavan sijaan. Näin ei usein pientaloissa ole, vaan asunnon koko ilmanvaihto toteutetaan 0,7mm paksusta kanavasta. Mikäli kuitenkin on tiedossa, että keittiössä tapahtuva toiminta rasvoittaa kanavaa normaalia herkemmin, tulisi myös tämä seikka ottaa huomioon.

## 5 TYÖN LAATU SEKÄ VASTUUKYSYMYKSET

### 5.1 Työn laatu

Ilmanvaihtojärjestelmien säätö ja mittaus on aikaa vievää työtä, koska pääte-elimien säätö aiheuttaa paineen muutosta muualla kanavistossa. Aikataulu rakennuttajan osalta on usein jo ennen rakennusvaiheen alkua liian lyhyt. Näin ollen urakoitsijat joutuvat tinkimään laadusta pysyäkseen aikataulussa. Muun muassa mittaus- ja säätötyö on ”näkymätöntä työtä”, jonka tuloksia on ilman mittareita vaikea todentaa. Näin ollen mittaukset kiireen vuoksi jää usein tavoitellusta laadusta, joka siis vaikuttaa koko asunnon ilmanvaihtoon ratkaisevalla tavalla. Väärät painesuhteet aiheuttavat merkittäviä rakenteellisia kosteusriskejä, jotka vasta pitkän ajan myötä tulevat esille.

Sama ilmiö toistuu kanavien eristämisessä. Uudisrakennukset suunnitellaan usein talotekniikan osalta mahdollisimman pieneen tilaan kustannuksien välttämiseksi ja käyttäjälle mahdollisimman korkean tilan saamiseksi. Pahimmassa tapauksessa kylpyhuoneen alas lasku betonielementin ja alakaton välillä on vain noin parikymmentä senttiä. Tähän minimaaliseen tilaan tulee mahtua ilmanvaihtokanavisto, sähkökaapelointi sekä vesijohdot. Usein kanavien eristäminen on käytännössä mahdotonta, jolloin kondensioriski on ilmeinen. Kylpyhuoneiden alakattojen materiaali on usein puu. Puun kyky imeä itseensä kosteutta suuria määriä hidastaa kosteusvaurion synnyn todentamisen. Näin ollen mikrobikasvustolla on hyvää aikaa levittäytyä laajalle alueelle rakenteissa.

### 5.2 Käyttäjän ja urakoitsijan vastuu ja velvollisuudet

Urakoitsijalla on sopimuksen mukaan takuu-aika, jolloin työn tehneen urakoitsijan on hoidettava vastuut ja velvollisuudet, jotka on määriteltävä. Ellei sopimuksessa toisin sanota, takuu-aika on kaksi vuotta. Tällöin urakoitsija on velvollinen korjaamaan mahdolliset viat, joita järjestelmään tulee. Takuuajan umpeuduttua urakoitsija on velvollinen korjaamaan törkeästä huolimattomuudesta työn toteutuksessa aiheutuneet virheet. Tällöin korvausvelvollisuuden takuu-aika on kymmenen vuotta. (YSE 1998,

§ 28, § 29.) Käyttäjän oma toiminta rakennusurakan päätyttyä on oltava sillä tasolla, ettei kosteushaittoja pääse syntymään. Ilmanvaihtourakoitsijan on perehdytettävä asukas ja esiteltävä ilmanvaihtolaitteisto sekä sen toimintaperiaatteet. Asukkaalle tulee luovuttaa huoltokirja, jossa kerrotaan yksityiskohtaisesti, mitkä toimenpiteet ovat asukkaan itsensä hoidettavia ja mitkä huoltotoimenpiteet tulee huollattaa asiantuntevalla ammattilaisella. Muun muassa vaihtamattomien suodattimien johdosta huoneilmaan leviää epäpuhtauksia. Myöskään riittävä ilmanvaihto ei tukkeutuneiden suodattimien takia toimi halutulla tavalla. Usein raitisilmaventtiilit sekä tuloilmasuodattimet tukkeutuvat poistoilmasuodatinta helpommin, joka aiheuttaa asuntoon liian suuren alipaineen. Suodattimien vaihto kuuluu asukkaalle, joka on tärkeää mainita huoltokirjassa. Huoltokirjaan merkitään suodattimien vaihtoväli, joka vaihtelee asunnon sijainnin (ydinkaupunki/puhdas maaseutumiljöö) ja ympäristön (metsäin/puistomainen) mukaan. Ilmanvaihtourakoitsijan on syytä takuuajan huoltotoimenpiteiden yhteydessä tarkastaa suodattimien puhtaus ja antaa asukkaalle suositus (yleensä kahdesti vuodessa) suodattimien vaihtoon. Suodattimien vaihto merkitään huoltokirjaan tai ilmanvaihtokoneen ovesa sijaitsevaan taulukkoon. Toisinaan voi olla, että ulkoilma on sisäilmaa puhtaampaa, jolloin sisäilman epäpuhtaudet (mattojen nukka, eläinten karvat tms.) aiheuttavat poistoilmasuodattimien tukkeutumista. Asukkaalla on vaikea todeta poistoilman toimimattomuutta ilman asianmukaisia varusteita. Yksi mahdollisuus, joskin hieman kallis toimenpide yksityisasuntoon, on asentaa painevahti, joka mittaa suodattimien puhtautta ja likaantumista.

Asukkaalle on hyvä kertoa kosteusriskeistä sekä mahdollisista toimenpiteistä kosteuden ehkäisemiseksi. Mahdollisia ilmanvaihdon toimimattomuuteen viittaavia tekijöitä ovat:

- kylpyhuoneen peilin pysyminen pitkään huurtuneena
- ikkunoiden huurtuminen
- ovien avaamisen vaikeus liiallisesta alipaineesta johtuen
- tunkkainen, epämiellyttävä haju
- pyykin pysyminen kosteana tavallista kauemmin
- ruuanlaitosta aiheutuneen käryn jääminen asuntoon

Edellä mainituista asioista on ilmoitettava ilmanvaihdon epäpuhtauksiin ja ongelmanratkaisuun erikoituneelle yritykselle, joka määrittää tarvittavat toimenpiteet. Kanavistossa tai ilmanvaihtokoneessa voi olla jonkinlainen häiriö, johon tulee viipymättä puuttua. Asukkaan omalla aktiivisuudella sekä toiminnalla on suuri merkitys asumisviihtyvyyteen sekä kosteusvaurioiden ehkäisemiseen.

## 6 YHTEENVETO

Tässä työssä oli tarkoitus selvittää virheellisesti tehdyn ilmanvaihdon aiheuttamia kosteus- ja homeongelmia. Työn kartoitus käytiin yhteistyössä tilaajan kanssa ja pohdimme yhteisesti näitä ongelmakohtia. Oma työni oli selvittää mahdollisia ratkaisuja ja soveltaa aiempia tutkimustuloksia ja lähteitä olemassa oleviin ongelmiin. Työn tekemisestä muodostui mielenkiintoinen ja antoisa. Sain olla yhteydessä niin LVI-asiantuntijan, alan ammattilaisen, erikoistutkijan kuin ilmanvaihdon opettajan kanssa. Kaikki nämä kontaktit, keräämieni lähteiden lisäksi, muodostivat minulle uuden näkökulman ilmanvaihtoon. Työssä löydettiin ratkaisuja erilaisiin ilmanvaihdon ongelmakohtiin ja saavutettiin mielestäni riittävän kattava, mutta kuitenkin tiivis yhteenveto työn aiheen määrittelemiini seikkoihin.

Kaiken kaikkiaan ilmanvaihdossa on otettava huomioon monia eri elementtejä kosteuden poistamiseen. Kosteuslisän huomioon ottaminen, oikeiden painesuhteiden saavuttaminen sekä tiiviillä asuntorakentamisella että mittaus- ja säätötyöllä, ylä- ja alapohjien oikeaoppinen tuulettaminen, lämpöeristäminen sekä liesikuvun perhospel-  
lin huomioiminen vaikuttavat kaikki omalta osaltaan ilmanvaihdossa kosteuden muodostumisen ehkäisemiseen.

Toivon, että tämä työ auttaa sekä urakoitsijoita että yksityisiä rakentajia, jotka joko rakentavat uudisrakennuksia tai suorittavat kunnostuskorjauksia.

## LÄHTEET

Hagentoft Carl-Eric. 2008. Intelligent ventilation minskar fuktskador på vindar. Viitattu 24.3.2014 <http://www.vvsforum.se/index.php3?use=publisher&id=3998>

Helin, H. 2014. LVI-asiantuntija, DI. Turun kaupungin kiinteistöliikelaitos. Turku. Haastattelu 3.3.2014 ja 14.3.2014. Haastattelijana Mikko Helin. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Honkasalo, M. 2014. Toimitusjohtaja. M-Ventti Oy. Turku. Haastattelu 3.2.2014, 25.3.2014 sekä 7.4.2014. Haastattelijana Mikko Helin. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Intervent Oy. 2014. Kylmä Aapinen. Tampere: Intervent oy. Viitattu 31.1.2014 <https://www.docfactory.com/smartshare/IVProdukt/-/repository/resource/content/sys.object.id/cf263179-94c8-82a0-d6f4-891c9966f40e/Suuria%20-%20Osaaminen,%20Ilmanvaihto,%20J%C3%A4hdytys.pdf>

Ikäheimo, M. 2003. Helsingin asuintaloyhtiöiden ilmanvaihto-ongelmista. Helsingin kaupunki: Ympäristökeskuksen julkaisuja. 6/2003.

Isopahkala, O., 2011 Runkovaiheen työt. Monimuotoisen opinpolun. Viitattu 3.3.2014 <http://moop.sedu.fi/loader.aspx?id=d9546065-4209-40b2-9964-e1749c1c1918>

Knauf Oy. 2014. Laastit ja lattiamassat-manuaali. Yleistä. Viitattu 31.1.2014 [http://www.knauf.fi/sites/default/files/laastimanuaali\\_net\\_yleista\\_.pdf](http://www.knauf.fi/sites/default/files/laastimanuaali_net_yleista_.pdf)

Korkeamäki, T. Rakennusfysiikkaa lämpökuvaajille. Kosteus. Hämeen Ammattikorkeakoulu: Rakennuslaboratorio. Viitattu 31.1.2014 <http://www.kuntoarviot.net/files/8047.pdf>



Kurnitski, J., Pasanen, P., Matilainen, M., Hyttinen M, & Asikainen, V. 1999. Ryömintätilan kosteus ja mikrobit. Kevytsora-, sepele- ja kuivauskoneratkaisu, Mikrobit ryömintätilassa ja asunnoissa. Teknillinen korkeakoulu Espoo: Konetekniikan osasto. LVI-tekniikan laboratorio. B.

Leivo, V. (toim.) 1998. Opas kosteusongelmiin. Tampere: Rakennustekniikan osasto.

LVI 05-10417. Rakennusten suunnitteluperusteet. 2007. Helsinki: Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto.

LVI 00-10476. SI-yksiköt rakennusallalla. 2011. Helsinki: Rakennustietosäätiö.

Matilainen, V. 2009. Ilmanvaihdon neljä tasoa ja energiatehokkuus. Rakenna oikein. Viitattu 19.4.2014 <http://www.rakenna oikein.fi/fi/artikkelit/ilmanvaihdon-nelj%C3%A4-tasoa-ja-energiatehokkuus>

Oy Pamon Ab. 2014. Ilmanvaihdon ABC. Viitattu 28.3.2014 <http://www.kair.fi/fi/ilmanvaihdon-abc>.

Paroc Oy. 2011. Tekniset esitteet. Talotekniikka. Helsinki. Viitattu 12.3.14 [https://www.rakentaja.fi/jasentukku/emat/4375\\_paroc\\_alpanta\\_aircoat\\_19mm\\_219mm/1\\_PAROC-Asennusopas.pdf](https://www.rakentaja.fi/jasentukku/emat/4375_paroc_alpanta_aircoat_19mm_219mm/1_PAROC-Asennusopas.pdf)

Pessi, A-M. 2014. FM, erikoistutkija, Turun yliopiston aerobiologian laitos. Turku. Puhelinhaastattelu 18.3.2014. Haastattelijana Mikko Helin. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Pientalon kosteustekniikka. Opasjulkaisu. 1:1989. Helsinki: Asuntohallitus.

Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Tarkastusvaliokunnan mietintö. 1/2013 vp. Helsinki: Tarkastusvaliokunta.

Rantala, J. & Leivo, V. Rakenteiden ja liitosten rakennusfysiikkaa.

[https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK070301\\$46\\$pdf/RK070301.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A$47$RK070301$46$pdf/RK070301.pdf)

Reijula, K., Ahonen, G., Alenius, H., Holopainen, R., Lappalainen, S., Palomäki, E., Reiman, M. 2012. Rakennusten kosteus- ja homeongelmat. Eduskunnan tarkastusvaliokunnan julkaisu 1/2012.

Seppänen, O. & Forss, P. 2002. Terveellisen asunnon ABC. Helsinki: Hengitysliitto Heli. Viitattu 30.3.2014

<http://www.sisailma.info/tiedostot/Oppaat/Terveellisen%20asunnon%20ABC%20ID.pdf>

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

Suomen RakMK C2. 1998. Kosteus. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK C4. 2003. Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö, Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Suomen RakMK E7. Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Ohjeet 2004. Helsinki: Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto.

Vinha, J., 2012. Kosteus rakentamisessa -luento. Rakentamisen teemapäivä 14.3.2012. Lahti.

Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Valovirta, I., Mikkilä, A., Jokisalo, J. 2005. Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolo-

suhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviys. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan osasto. Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 131.

Yleiset sopimusehdot. YSE 1998. Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Viitattu 12.3.2014. <http://www.spaa.fi/doc/YSE1998ehdot.pdf>