

# ASUINRAKENNUKSISTA ILMANPITÄVIÄ – UUDESTA OHJEKIRJASTA APUA SUUNNITTELUUN JA TOTEUTUKSEEN

Hanna Aho, diplomi-insinööri

Minna Korpi, diplomi-insinööri

Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos

Ilmanpitävien rakennusten suunnitteluun ja toteutukseen ohjataan muuttuneen rakentamista ja rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädännön avulla. Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksen ja Teknillisen korkeakoulun LVI-tekniikan laboratorion yhteistyöhankkeen tulokset paljastavat, että rakennusten ilmanpitävyydessä on vielä parannettavaa. Tutkimuksen yhtenä tulosteena julkaistaan ohjekirja, jossa on esitetty ilmanpitävyyden kannalta kriittiset liitoskohdat suunnittelu- ja työohjeineen.

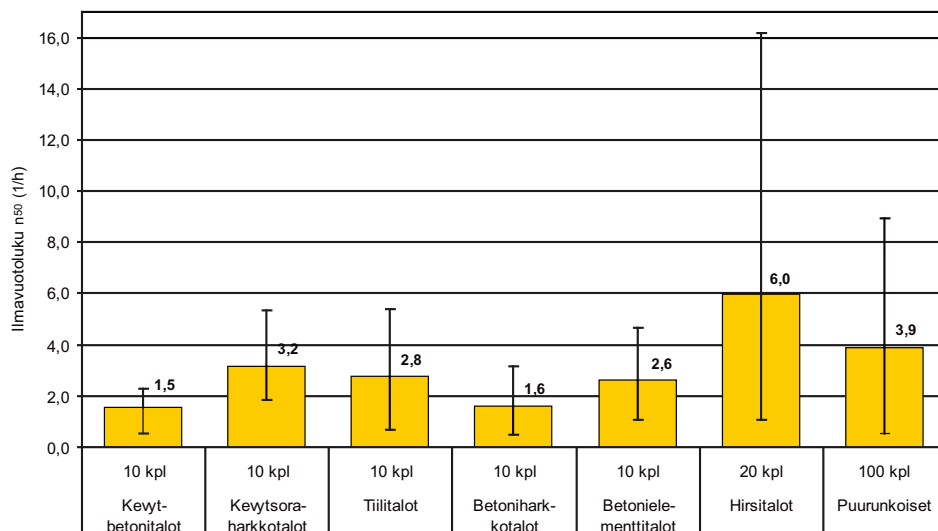
## AISE – TUTKIMUSHANKE

Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitos ja Teknillisen korkeakoulun LVI- tekniikan laboratorio tutkivat vuosina 2005 – 2008 yhteistyöprojektissään ”Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous” (AISE)kivi- ja hirsirakenteisten pientalojen ja kerrostaloasuntojen ilmanpitävyyttä, sisäilman olosuhteita ja ilmanvaihdon toimintaa. Kaiken kaikkiaan tutkittiin 20 hirsitaloa, 50 kivitaloa ja 59 kerrostaloasuntoa. Tutkimus liittyy läheisesti aiempaan (v. 2002 - 2004) tutkimukseen ”Kosteusvarma terve pientalo”, jossa vastaavat tutkimukset tehtiin 100 puurunkoisessa pientalossa. Tutkimusta rahoitti *laaja yritysryhmittymä ja TEKES*.

Yksi tutkimuksen keskeinen osa on ollut ilmanpitävien rakennedetaljien suunnitteluohjeiden laadinta ja koonti. Suunnitteluohjeiden laadinnassa on pyritty tuottamaan työteknisesti helposti toteutettavissa olevia ohjeita. Lisäksi AISE -hankkeessa on tehty laboratoriokokeita ja selvitetty laskennallisesti rakennuksen vuotoilmanvaihdon määrää ja sen perusteella vuotoilmanvaihdosta johtuvaa energiankulutusta. Tutkimuksesta tullaan julkaisemaan v. 2008 kaksi tutkimusraporttia, joista toisessa käsitellään mittaustuloksia (Vinha et al. 2008) ja toisessa esitellään ilmanpitäviä rakennedetaljeja (Aho & Korpi (toim.) 2008).

## NYKYISTEN ASUINRAKENNUSTEN ILMANPITÄVYYS

Painekokeella mitattujen uudehkojen pientalojen ilmavuotoluvut on esitetty kuvassa 1. Kivitaloilla päästiin keskimäärin pienempiin ilmavuotolukuihin kuin puutaloilla, mutta hajontaa esiintyi taloryhmi- en sisällä kaikissa talotyypeissä. Pääosassa kivitaloista oli puurakenteinen yläpohja. Kivitalot, joissa yläpohja oli kivrakenteinen, olivat ilmanpitävämpiä kuin puurunkoyläpohjaiset, joskin tilastollista



1 Pientalokoeobjektien ilmavuotolukujen n<sub>50</sub> keskiarvo ja tulosten vaihteluväli talotyypeittäin.

vertailua varten talojen määrä eri taloryhmissä oli liian pieni. Hirsitaloissa keskimäärin pienempiä ilmavuotolukuja saatiin taloissa, joissa saumaeristeinä oli käytetty uudempiaikaisia materiaaleja (solukumi, paisuvat saumaeristeet jne.) Puutaloilla elementtirakenteiset olivat paikalla rakennettuja keskimäärin ilmanpitävämpiä.

Mitattujen kerrostaloasuntojen ilmanpitävyys (ka. 1,6 l/h) oli pienempi kuin omakotitalojen. Etenkin betonirunkoisten kerrostaloasuntojen ilmanpitävyys oli hyvä, suurimmassa osassa ilmavuotoluvut olivat alle 1/h. Mutta hajontaa löytyy myös kerrostaloasuntojen ilmanpitävyydessä.

Tutkimuksen tuloksissa merkittävintä on se, että kaikilla talotyypeillä, rakentamistavoilla ja rakennevaihtoehdoilla on päästy hyvään ilmanpitävyyteen. Tämä vahvistaa päätelmää rakentamisen laadun merkityksestä ilmanpitävyyden saavuttamisessa. Kun halutaan tehdä ilmatiivis talo ja kiinnittää siihen huomiota niin rakennedetaljien suunnittelussa kuin itse työn suorituksessa, saadaan aikaan hyvä lopputulos.

## RAKENNUSTEN ILMAVUOTOPAIKAT

21 pientalossa ja 16 kerrostaloasunnossa tehtyjen mittausten perusteella suurin osa ilmavuoista pientaloissa sijaitsi joko yläpohjan ja ulkoseinän liitoksessa tai ikkunoissa tai ovissa tai niiden liitok-

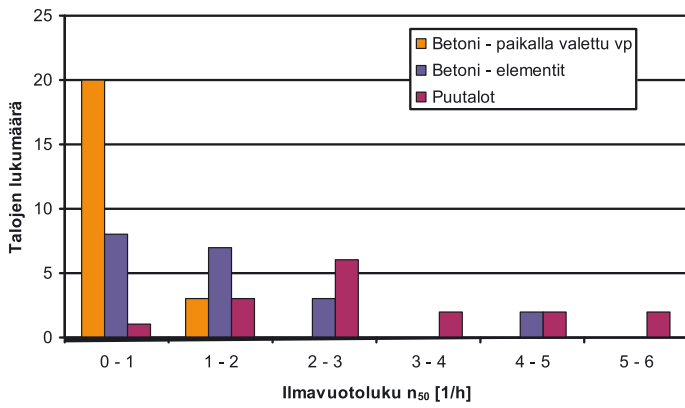
sesta ympäröivään rakenteeseen. Kerrostaloasunnoissa ylivoimaisesti eniten ulkovaipan ilmavutoja oli ikkunoissa ja ovissa ja niiden liitoksissa ulkoseinään. Kummassakin tapauksessa ilmavutoja ilmeni myös muissa rakenteiden liitoskohdissa (ulkoseinä – välipohja, ulkoseinä – alapohja, ulkoseinien nurkat) ja läpiviennissä. On huomattava, että jalkaumaan vaikuttaa onko mukana 1- ja useampikerroksia taloja tai esim. kerrostaloasuntoja, joissa ei ole ulkoseinä-yläpohja-liitosta lainkaan.

## SUUNNITTELUOHJEIDEN LAADINTA

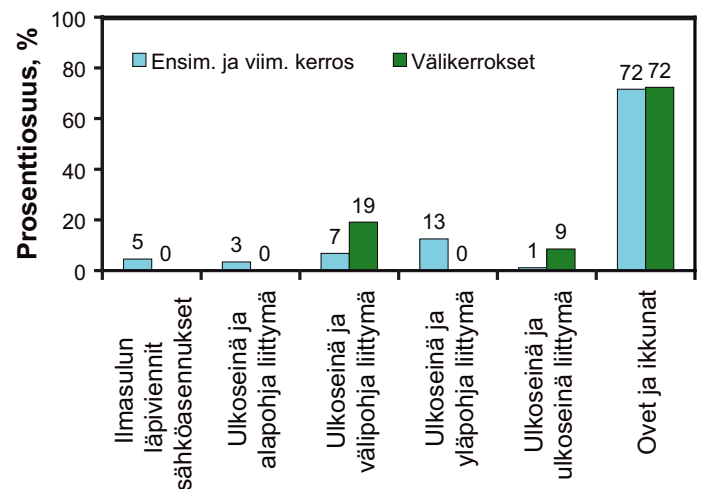
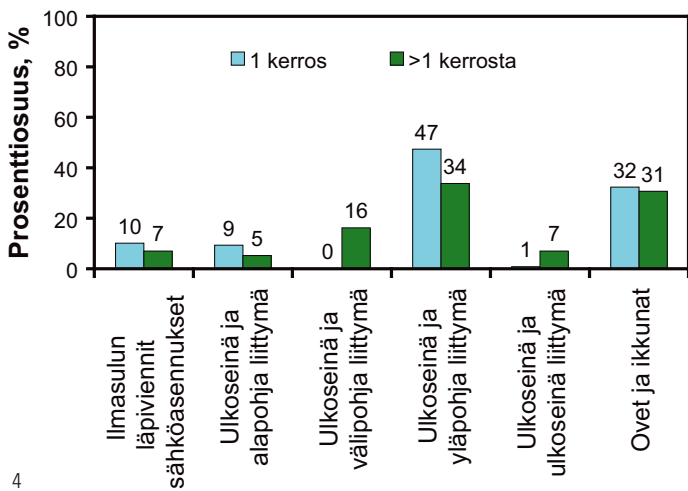
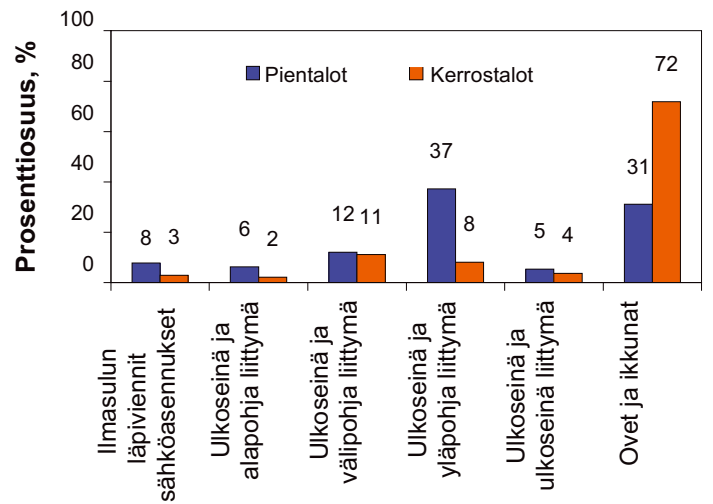
Ilmanpitävien rakennedetaljien suunnitteluohjeet koottiin pääasiassa TTY:n rakennustekniikan laitoksen tutkijoiden muodostamassa työryhmässä. Ryhmään kuului tutkijoita rakennusfysiikan, korjausrakentamisen, palotekniikan sekä kantavien rakenteiden suunnittelun tutkimusryhmistä. Valmiita rakennedetaljeja kommentoivat myös AISE-tutkimushankkeen johtoryhmän jäsenet.

Ohjekirja jäsentyy siten, että alussa selvitetään ilmanpitävyyden merkitystä sekä rakenteen rakennusfysikaalisen toimivuuden että energiankulutuksen kannalta. Erillisissä luvuissa käsitellään seinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteiden ilmanpitävyyttä sekä näiden välisten liitosten toteutusta. Lisäksi märkätilojen, ikkuna- ja oviliitosten sekä läpivientien toteutusohjeille on omat lukunsa. Jokaisessa

2  
Kerrostaloasuntojen ilmapuotolukujen jakauma.

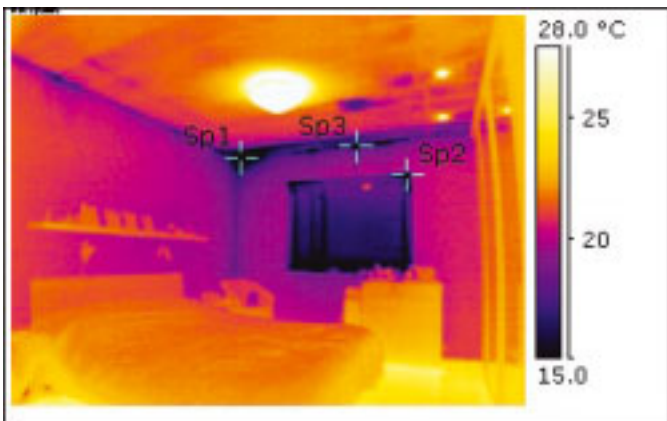


3  
Havaittujen ilmapuotokohtien jakauma pientaloissa ja kerrostaloasunnoissa.



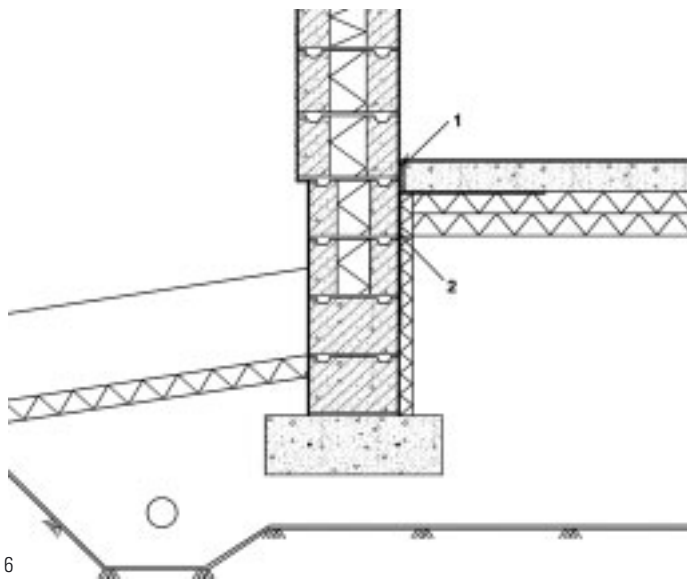
4

4  
Ilmapuotokohtien jakauma kerrosten mukaan pientaloissa (vasen) ja kerrostaloasunnoissa (oikea).

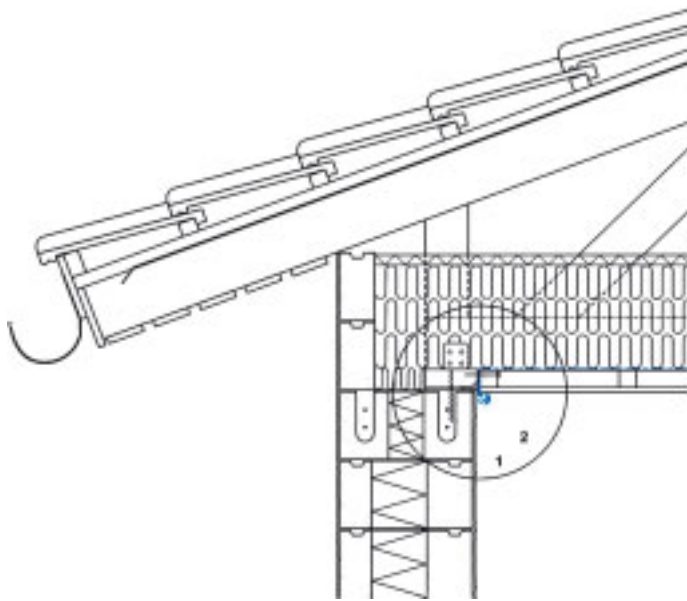


5

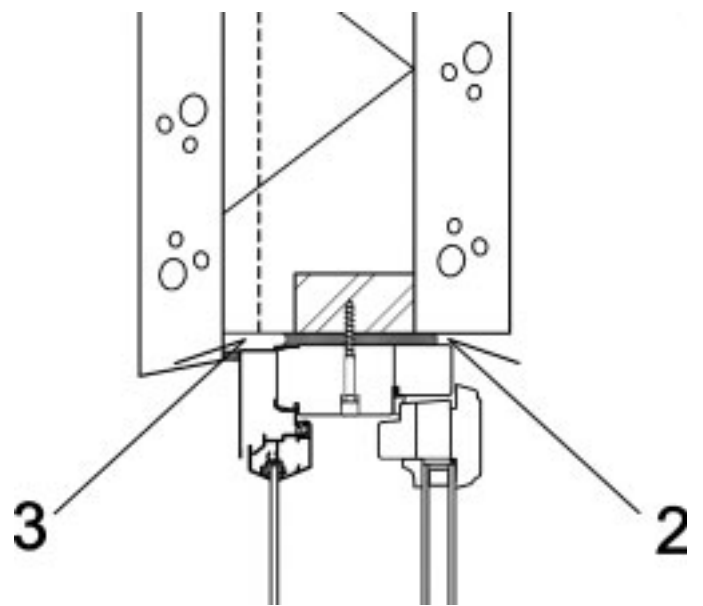
5  
Ilmapuotoja yhden betoniharkkotalon ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohdassa ja ikkunaliitoksessa.



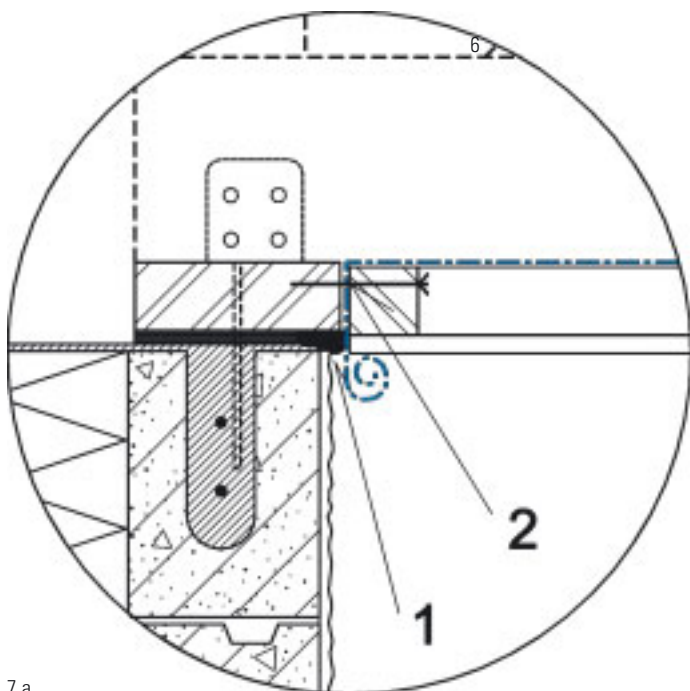
6



7



8



7 a

6  
Esimerkki alapohjan ja ulkoseinän välisen liitoksen tiivistämisestä kumibitumikermikaistalla (2) ja elastisella kitillä (1). Bitumikermi estää myös radonin ja mikrobin pääsyn sisäilmaan. Sokkeliharkot tulee tasoittaa molemmilta puolilta anturaan saakka, jotta ilma ei pääse virtaamaan harkoissa tai niiden välisissä saumoissa.

7  
Esimerkki puurakenteisen yläpohjan ja kivirakenteisen ulkoseinän välisen liitoksen tiivistämisestä PU-vaahdolla (1) ja puristusliitoksella (2), kun yläpohjan ilmansulkuna on kalvo. Detalji 1 koskee tapauksia, joissa kattoristikon korkeusasema on tasattu yläjuoksupuun alta.

8  
Ikkunaliitoksissa tiivistystyön huolellisuus on erityisen tärkeää, koska nykyiset tiivistysmateriaalit ja menetelmät ovat jo hyvin ilmanpitäviä. Ikkunat tiivistetään PU-vaahdolla (2). Vaahdolla ei täytetä koko väliä, vaan ulkoreunaan tulee jättää tuuletusrako (3). Karmin ulkoreunassa osa tiivistetilasta voidaan täyttää myös mineraalivilva-kaistalla.

luvussa on selvitetty kyseisen rakenneosan ilmanpitävyyden merkitystä sekä esitetty ongelmallisiksi todettuihin kohtiin ohjeita rakennekuvilla ja tekstimuodossa. Rakenteita, joiden nykyiset yleisesti käytössä olevat toteutus- ja liitostavat on tutkimuksessa todettu ilmanpitäviksi, ei ole esitetty erikseen detaljikuvina julkaisussa. Ohjekirjassa ei ole käsitelty kaikkia rakennevariaatioita, vaan ohjeen periaatteet on tarkoitettu sovellettavaksi. Jokaisessa rakennuskohteessa tarvitaan lisäksi yksityiskohtainen, kohteen ominaisuudet huomioon ottava suunnitelma.

## PERIAATTEET ILMANPITÄVYYDEN VARMISTAMISEKSI

Ilmanpitävän kerroksen tulee jatkaa yhtenäisenä koko rakennuksen vaipan ympäri, joten eri rakenneosien ilmansulkujen tulee liittyä tiiviisti toisiinsa. Rakenteen ilmatiiviyys toteutetaan yleensä erillisellä ilmansulkukerroksella, joka kerroksellisissa rakenteissa toimii usein samalla myös höyrynsulkuna. Massiivisissa rakenteissa ei välttämättä tarvita erillistä ilmansulkukerrosta, mikäli rakenteen ilmatiiviyys itsessään on riittävä. Tällöinkin on kiinnitettävä huomiota rakenneosien välisiin liitoskohtiin.

Ilmanpitävyyden toteuttamiseen käytettyjen ratkaisujen ja materiaalien tulee säilyä ilmanpitävinä koko rakennuksen käyttöajan ajan. Rakenteiden ja niiden liittymien tulee kestää pieniä muodonmuutoksia ilman merkittäviä halkeamia tai muita haitallisia muutoksia. Erityisesti rakenneosien välisissä liitoksissa ja muissa piiloon jäävissä ratkaisuissa tulee pyrkiä varmistamaan pitkäaikaiskestävyys, koska myöhemmin ratkaisujen parantaminen edellyttää rakenteiden avaamista.

Kalvomaisten ilmansulkukerrosten jatkokset saadaan ilmanpitäviksi liittämällä vierekkäiset kalvot ja puristamalla limityskohta kahden puun väliin, esimerkiksi runkotolpan ja sisäpuolisen pystykoolauksen avulla. Vaihtoehtoisesti limitykset voidaan teipata riittävän pitkäaikaiskestävyyden omaavalla ja tarkoitukseen sopivalla teipillä. Varmen vaihtoehto on yhdistelmä, jossa jatkokset sekä teipataan että puristetaan.

Joillakin harkkoseinillä sekä tiiliseinillä harkko itsessään tai sen saumat eivät ole sellaisenaan riittävän ilmanpitäviä, joten rakenteen ilmanpitävyys perustuu pintakäsittelyihin. Tällaisen ulkoseinän molemmat pinnat tulee käsitellä rappaamalla tai tasoittamalla. Pinnoitteen tulee liittyä toimivasti muiden rakennusosien sekä ikkunoiden ja ovien il-

manpitäviin kerroksiin sekä ulottua seinän ylä- ja alareunaan saakka, myös kiintokalusteiden ja alaslaskettujen kattojen taakse.

Betonielementti on yksittäisenä rakenneosana ilmanpitävä, kunhan suurten halkeamien syntyminen on estetty riittävän tiheällä raudoituksella. Koko rakennuksen ilmanpitävyys riippuu suurelta osin elementtien välisistä liitoksista sekä ikkuna- ja oviaukkojen tiivistyksestä. Seinäelementtien väliset saumat tehdään juotosvaluilla tai joustavien elastisten saumojen avulla, esimerkiksi kittaamalla. Juotosvalujen ilmanpitävyyden varmistamisessa olennaisin osuus on työn suorituksella. Yläpohjissa elementtien väliset saumat on ilmanpitävyyden ja kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi tiivistettävä erikseen. Saumavaluihin tulee käytännössä aina halkeamia ja tiivistämättömistä elementtisaumoista pääsee tällöin konvektion mukana yläpohjan lämmöneristekerrokseen helposti suuria määriä kosteutta, koska rakennuksen yläosa on pääsääntöisesti ylipaineinen.

## LÄHTEET

- Aho, H. ja Korpi, M. (toim.). (julkaistaan v. 2008) Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tutkimusraportti 141. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Kalamees, T., Korpi, M., Eskola, L., Kurnitski, J. ja Vinha, J.. (2007). Kylmäsiltojen ja ilmapuotokohtien jakauma suomalaisissa pientaloissa ja kerrostaloasunnoissa. Rakennusfysiikka 2007. Seminaarijulkaisu 1. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. s. 295 - 302.
- Korpi, M., Vinha, J. ja Kurnitski J. (2007). Pientalojen ja kerrostaloasuntojen ilmanpitävyys. Rakennusfysiikka 2007. Seminaarijulkaisu 1. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. s. 253 - 260.
- Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Valovirta, I., Mikkilä, A. ja Jokisalo, J. (2005) Puurunkoisten pientalojen kosteus- ja lämpötilaolosuhteet, ilmanvaihto ja ilmatiiviyys. Tutkimusraportti 131. Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikan laboratorio.
- Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Salminen, K., Aho, H. ja Salminen, M. (julkaistaan v. 2008) Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tutkimusraportti 140. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.

## GUIDE ON AIR PERMEABILITY OF RESIDENTIAL BUILDINGS

*Legislation on building and the energy efficiency of buildings has been amended to support the design and implementation of air-impermeable buildings. The result of a cooperation project conducted by the Department of Construction Engineering of the Tampere University of Technology and the Laboratory of HVAC Technology of the Helsinki Technical University show that a lot remains to be desired in terms of the air permeability of buildings. The project has produced a Guide that identifies the joints, which are critical in terms of air permeability. Design and work instructions are also provided in this Guide.*

*A total of 20 log houses, 50 stone houses and 59 apartments were studied in the AISE research project (Air permeability, indoor climate and energy economy of residential buildings). The air leak numbers were on average lower in stone houses than in wooden houses, but the results varied within each building type group. The top floor was of wooden construction in most of the stone houses. Air permeability was lower in houses where the top floor was also of stone construction. In log houses, lower air leak numbers were on average achieved in houses where more modern materials had been used as joint insulation. Prefabricated wooden houses yielded better results on average than wooden houses built on the site.*

*The measured air permeability values were better in the apartments than in the low-rise houses. Apartment buildings with a concrete frame, in particular, showed good air permeability results.*

*The most significant aspect of the results is that good air permeability properties had been achieved with all building types, construction methods and structural alternatives. This confirms the conclusion drawn about the importance of the quality of construction in terms of air permeability. If the objective is an airtight building, and attention is paid to this both in the design of structural details and in the implementation of the building work, a good end-result is achieved.*