

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitat

Kääriäinen, Hannu [1]

Kauppinen, Timo [1], Tulla Kauko [1], Hienonen Markku [1], Elina Yli-Luukko [1],

[1] Pohjois-Suomen Rakennusklusteri r.y., Oulu, Suomi

tkk@mutsal.fi (Timo Kauppinen),

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitat

Tiiveysmittauksen historiaa:

- Rakennusten tiiviysmittaus aloitettiin Suomessa 1980-luvun alussa. Ensimmäisiä mittausyksiköitä oli VTT:lle hankitut Blower Door –laitteistot (Espooseen ja Ouluun).
- Mittaus tehtiin tuottamalla rakennuksen sisälle 50 pascalin paine-ero. Tuloksena ilmoitettiin n_{50}-lukuarvo, joka ilmoittaa kuinka monta kertaa sisätilavuuden kokoinen ilmamassa vaihtuu yhden tunnin aikana (1/h).
- Aluksi mittauksia tehtiin tutkimushankkeissa, joissa tutkittiin tuon ajan uusien talojen ilmatiiviyttä ja myös korjauksella saatavaa tiiviyden paranemista ja yleensä ilmatiiviyden pysyvyyttä (Esim. VTT, tutkimuksia 422/1986).
- Rakentamismääräyskokoelman osaan C3/2003 esitettiin tiiviydelle tavoitearvoksi noin 1 1/h.
- Nykyään käytetään ilmanvuotolukua q50 joka kertoo vuotoilman määrän vaipan pinta-alaa kohti
- Rakennuksen ilmavuotoja todennetaan myös merkkisavuilla, merkkiainekokeilla sekä paikantaa lämpökameralla. Lämpökuvaus+tiiviysmittaus on vallitseva käytäntö.

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Terveysriskit rakennustekniikan kannalta:
Rakennuksen tiiveys vaikuttaa hallitsemattomiin ilmavuotoihin.

• Rakennuksen painesuhteet vaihtelevat ulkoilman olosuhteista(tuuli, lämpötila) ja ilmanvaihtojärjestelmä toiminnasta riippuen (painovoimainen, koneellinen poisto, koneellinen ilmanvaihto).

Ilmavuotojen kautta sisäilman terveysriskit kasvavat mikäli vuotoilman mukana pääsee:

- mikrobien itiöitä
- mikrobiperäisiä hiukkasia
- haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (MVOC)
- rakennusmateriaalien hajuja
- pölyä ja kuituja
- maaperästä peräisin olevia epäpuhtauksia
- radonpitoisuudet voivat kohota sisäilmassa.

• Rakennuksen sisällä vaikuttava ylipaine voi aiheuttaa kostean sisäilman kulkeutumista rakenteisiin, jossa se saattaa kondensoitua ja aiheuttaa kosteusvaurioita.

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Mitkä vaikuttaa ilmavuotoihin

- Ilmanvaihdon aiheuttama paine-ero rakennuksen sisällä
  - Yleensä säädetään IV-koneella välille 0-10 Pa:n alipaine ulkoilmaan verrattuna
- Ilman lämpötilan vaikutus lattian ja alakaton välissä
  - Yleensä noin 0,9 Pa kutakin nousevaa metriä kohti
- Tuulen aiheuttama paine-ero rakennuksen sisällä
  - Voidaan laskea esim. eurokoodin RIL 201-1-2027 ohjeen mukaan (suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat)
  - Tuulen vastaisella sivulla yleensä ylipaine ja suojan puoleisella sivulla alipaine

Rakennuksen sisällä vaikuttava paine lasketaan yhteensä näistä paineista

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

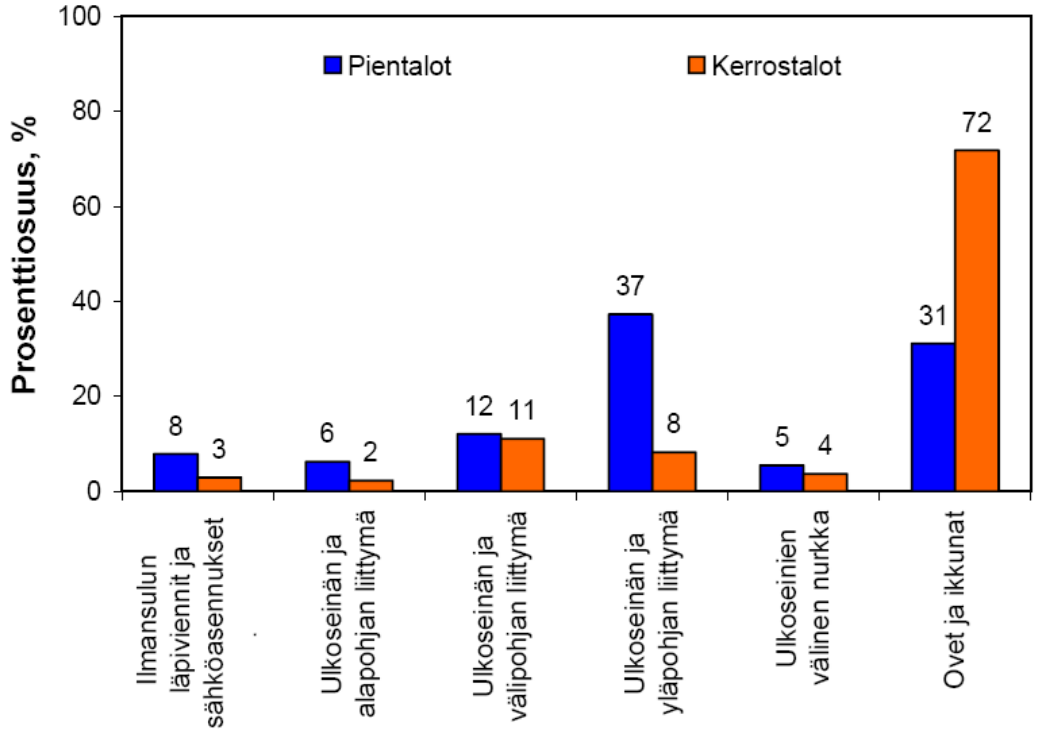
Johtopäätöksiä pientalon ilmavuotokohdista kuntotutkimuksen perusteella:

1. **Alapohjan, perustusten ja ulkoseinän liitokset**
2. **Ikkuna- ja oviliittymät, myös tiivistevuodot**
3. **Ilmansulun/höyrynsulun saumat ja liitokset sekä nurkat**
4. **IV-kanavien, sähköjohtojen ja putkien läpiviennit**
5. **Kantavan seinän ja alapohjan liitos**
6. **Hormien ja savupiippujen liitokset höyrynsulkuun**
7. **Seinän ja välipohjan liittymät 2-kerroksissa rakennuksissa**
8. **Muut rakennusosien ja eri materiaalien liittymät**



Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

ILMAVUOTOJEN SIJAINTIPAIKAT PIENTALOISSA JA KERRROSTALOISSA



Rakennusperinnön hoidon ja korjausrakentamisen neuvottelupäivät 31.3 – 1.4.2008

31.3.2008 Juha Vinha

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

- Ilmavuoto tuo rakenteen epäpuhtaudet sisätilaan. Ulko- ja sisätilan paine-ero on ratkaiseva.
- Ilmavuoto voi myös synnyttää kosteusongelman. Erityisen riskialttiita ovat rakenneosien liittymät.
- Painvoimaisessa ilmanvaihdossa nollatason yläpuolella on ylipaine ja alapuolella alipaine - sisäilman kosteus voi siirtyä seinä- ja yläpohjarakenteisiin.
- Ilmavuoto ja mikrobivaurio kannattaa tutkia kahtena eri asiana.

Toisena asiana selvitetään mikrobivaurio

- Missä vaurio on ja miten vakava vaurio sisältää

Toisena asiana selvitetään vauriokohdasta ja sen läheisyydestä tulevat ilmavuodot

- Ilmavuoden suuruus ja ilmavuodon määrät

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

	Tuulen vastainen seinän paine rakennuksen sisällä, RIL 201.	
Tuulen nop.	Seinän paineet yhteensä	
m/s	Seinän Alaosa	
	Alipaine	Ylipaine
21	-237,9	150,7
7	-32,0	13,5
3	-11,0	-0,5
1	**-6,9**	-3,3

Jo tuulen nopeudella 1 m/s rakennuksen sisälle muodostuu tuulen puoleiselle seinälle
6 Pa alipaine.
Tavallinen rakennus

RIL 201-1-2011 Osa 1.4 159

- Lähes neliömäisille rakennuksille, joiden aukkosuhdetta ei voida tarkkaan arvioida, käytetään vaarallisemman vaikutuksen tuottavaa arvoa vaihtoehdoista c_{pi} = -0,3 ja c_{pi} = +0,2.

  Kun yksi tai useampi seinä on kokonaan avoin, saadaan seiniin kohdistuvien sisäisten paineiden kertoimet taulukosta 7.5.1S.

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Johtopäätöksiä kuntotutkimuksista:

- 6 Pa alipaine tuo sisäilmaan radonpitoisuutta, (Helmi Kokotti)
- 6 Pa alipaine savutetaan jo 1 m/s tuulella tuulta vasten olevalla seinällä

- Nykyisin pientalot ovat tiiviimpiä, joten tämä raja-arvo on viitteellinen

- Ilmanvuotoluku q50 kertoo vuotoilman määrän vaipan pinta-alaa kohti
- Tällä hetkellä rakennusten ilmavuotoluku q50 on esim. Vertian esittämässä aineistossa (9615 rakennusta, 2019 - 2022) 1.0 tai parempi kahdessa kolmasosassa koko mitatusta kannasta.
- Rakennusten tiiviys eri aikakausien taloissa: Vuosina 1981-1982 VTT mittasi uusien pientalojen tiiviysarvoiksi 2,7 1/h (suurin osa taloista oli Forssan asuntomessujen rakennuksia, joissa oli tietoisesti kiinnitetty huomiota tiiviyteen).
- Edellisessä tutkimuksessa mitattiin myös vanhojen pientalojen tiiviyksiä. Tulokset olivat erittäin vaihtelevia ollen välillä 3,7 – 14,5 1/h.
- Oulun Rakennusvalvonnan aineiston mukaan (2011, yli 1000 mitattua pientaloa) eri valmistajien kesimääräiset ilmavuotoluvut, vähintään 6 kohdetta/valmistaja (1/h) olivat välillä 0,6-1,9 1/h.

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Johtopäätöksiä kuntotutkimuksista:

Pientalo- ja toimistorakennusten osalta tiiveysluvut ovat luokiteltu tiiveyden perusteella. Rakennusten ilmavuotoja on esitetty aikaisemmassa rakennusmääräyskokoelman ohjeessa. Pientaloissa ilmavuodon hyvä arvo on noin 1…3 ja toimistorakennuksissa 0,5…1,5. Heikko ilmanpitävyys vastaavasti pientaloissa on 5…10 ja vastaavasti toimistorakennuksissa 3…7.

Tulosten tulkinnat tehdään esim. RT kortin 14-11239 mukaan. Ohjeessa tuodaan esille lämpötilaindeksin ja erilaisten paine-erojen vaihtelu indeksilaskentaan.
Alempana olevisa taulukoista nähdään pien- ja rivitalojen ilmanpitävyyden tilanne 70-80-luvulla, yksikkönä 1/h (vuotoilmamäärä/ilmatilavuus).

Type of building	Targets		n_{50} (mean value)
One-family houses, built before 1973	7		7,9
One-family houses, built after 1973	9		6,6
Row houses , before 1973 Row houses, after 1973 Log houses	1 15 10		9,3 9,8 9,7

Air leak numbers according to building type (1981)

Type of building	Targets		n_{50} (mean value)	Lowest	Highest
One-family houses	56		5,3	1,6	18
Row houses Log houses	102 13		5,6 10,7	1,7 5,3	14,9 14

Air tightness of one-family houses 1981-1988

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Taulukko 4.3.	*Tyypillisiä vaipan ilmanvuotolukuja (n_{50}) erilaisille rakennuksille riippuen rakentamis- ja toteutustavasta.*	
Tavoiteilmanpitävyys	Yksityiskohdat	Tyypilliset n_{50}-luvut, 1/h
Hyvä ilmanpitävyys	Saumojen ja liitosten ilmanpitävyyteen on kiinnitetty erityistä huomiota sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa (erillistarkastus)	Pientalo **1 … 3** Asuinkerrostalo ja toimistorakennus **0,5 … 1,5**
Keskimääräinen ilmanpitävyys	Ilmanpitävyys on huomioitu tavanomaisesti sekä suunnittelussa että rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo **3 … 5** Asuinkerrostalo ja toimistorakennus **1,5 … 3,0**
Heikko ilmanpitävyys	Ilmanpitävyyteen ei ole juurikaan kiinnitetty huomiota suunnittelussa eikä rakennustyön toteutuksessa ja valvonnassa	Pientalo **5 … 10** Asuinkerrostalo ja toimistorakennus **3 … 7**

Ympäristöministeriön rakentamismääräyskokoelma D5/2007

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Andersen-keräimellä otettiin sisäilmanäytteitä Oulun seudulla sijaitsevassa palvelurakennuksessa. Seinärakenteet olivat pääasiassa tiilimuureja ja alapohjarakenteet kaksoisbetonilaattoja. Normaalissa käyttötilanteessa (alipaine oli -6,8…-5 Pa) otettiin 5 sisäilmanäytettä, joiden sieni-itiöpitoisuuden mediaani oli 7 cfu/m^3. Alipaine toteutettiin sulkemalla ilmanvaihtokanavat ja asentamalla ilmanpitävyyden mittaukseen tarkoitettu laite oveen. Tavoitepaineena oli -10 Pa vuorokauden ajan ja toisen vuorokauden ajan -20 Pa. Alipaineessa -10 Pa otettujen kymmenen sisäilmanäytteen sieni-itiöiden mediaani oli 6 cfu/m^3. Alipaineessa -20 Pa kymmenen näytteen mediaani oli 8 cfu/m^3. Alipaine ei lisännyt sieni-itiöitä sisäilmassa. Mikrobien määrä ei muuttunut, vaikka korkeahkoja mikrobipitoisuuksia (380…715 cfu/m^3) mitattiin ryömintätilaisesta alapohjasta ja kellarista. Mikrobilajiston osalta käyttötilanteessa otetut näytteet erosivat alipaineessa otetuista näytteistä.

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Tiiveyden merkitys

Rakennusten ilmanpitävyys on merkittävästi parantunut 70-luvulta lähtien.

Ilmanpitävyyden parantuessa on tärkeää että ilmanvaihtojärjestelmä toimii suunnitellusti eli ilmamäärät ovat määräysten mukaiset ja ilmanvaihto on tasapainotettu - **tiiviissäkin rakennuksessa voi yksittäinen vuotokohta** aiheuttaa sisäilmahaittoja varsinkin jos rakennuksessa on suuri alipaine.

Ilmanvaihtojärjestelmän muutos painovoimaisesta koneelliseen on aiheuttanut sisäilmaongelmia silloin, kun **rakenteisiin ilmavuotokohtien vuoksi on kerääntynyt pitoisuuksia jotka painesuhteiden muutosten takia tulevat sisäilmaan.**

- Puutteellisesti toimivasta ilmanvaihdosta voi erittäin tiiviissä talossa aiheutua kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuden kohoamista, jolloin sisäilman laatu koetaan huonona.

Myös rakennusten alapohjissa olevat orgaaniset pitoisuudet (kuten rakennusjätteet) sekä esim. radon tulevat pienistäkin vuotokohdista sisäilmaan.

Rakennusten tiiveys ja terveyshaitta

Keskeinen johtopäätös

Ilmavuoto ei siis ole sama asia kuin mikrobivaurio. Ilmavuoto on ennen kaikkea **kuljetusreitti**, jonka kautta rakenteessa oleva kosteus, epäpuhtaudet ja mikrobivaurion tuotteet voivat päästä sisäilmaan.

Kuntotutkimuksessa kaikkein olennaisinta onkin selvittää kolmen asian muodostama ketju:

1. **Missä kosteus- ja mikrobivaurio sijaitsee?**
2. **Missä ilmavuotoreitti sijaitsee?**
3. **Onko vuotoreitin kautta yhteys sisäilmaan ja millainen paine-ero sitä käyttää?**

Kiitokset

Hannu Kääriäinen, hannuta.kaariainen@gmail.com
Timo Kauppinen, tkk@mutsal.fi
Kauko Tulla, kauko.tulla@gmail.com
Markku Hienonen, markku.hienonen@gmail.com
Elina Yli-Luukko, elina.yli-luukko@gmail.com

