

# RAKENNUSTEN ILMANPITÄVYYS

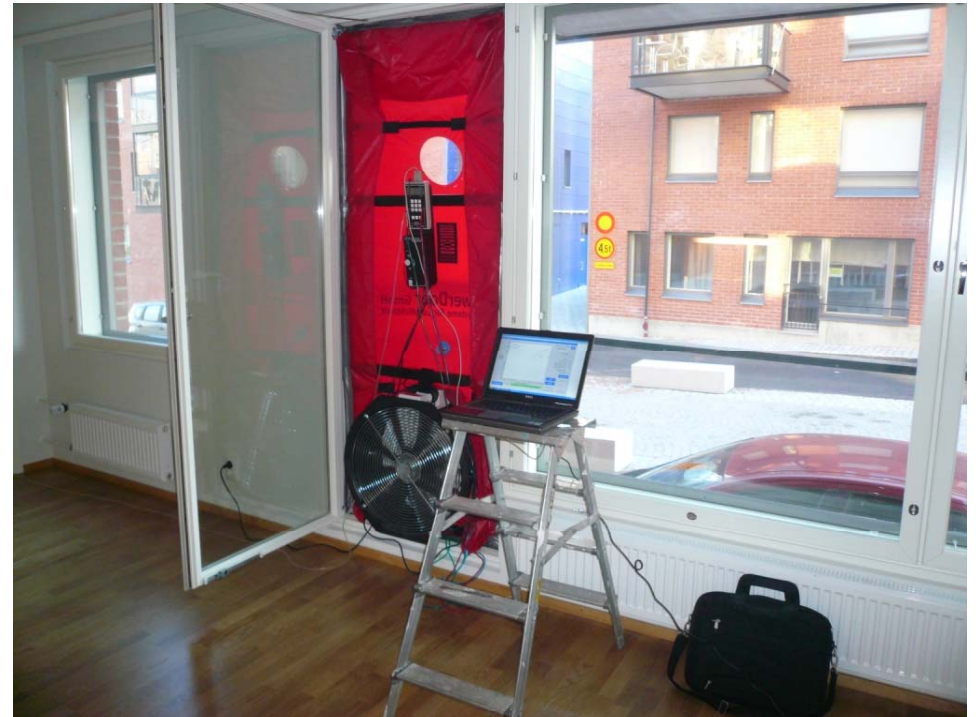
Kauppinen, Timo, Ojanen, Tuomo, Kovanen,  
Keijo, Laamanen, Jarmo ja Vähäsöyrinki, Erkki



Business from technology

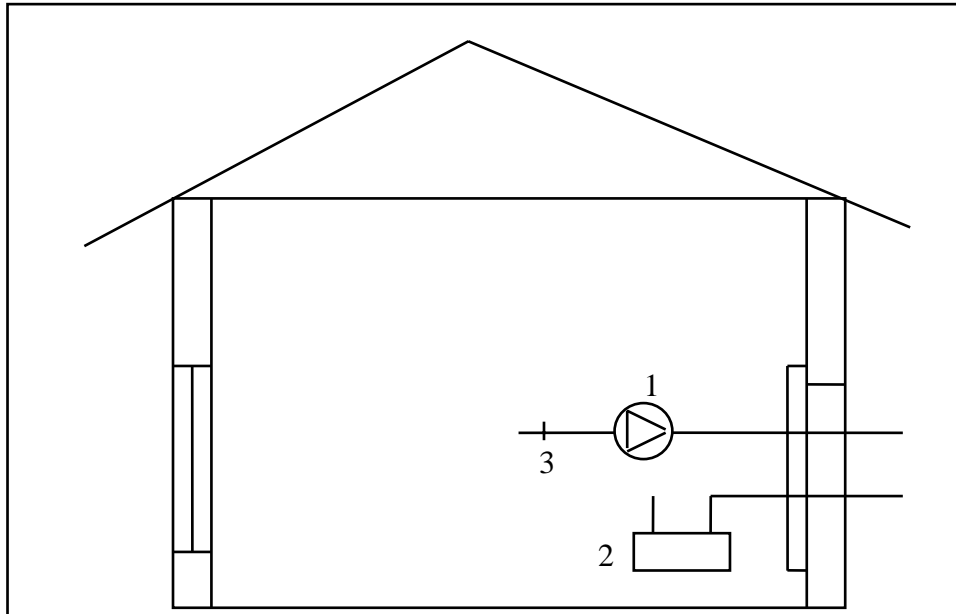
## Rakennusten ilmanpitävyys

- Ilmanpitävyyden mittaukset on aloitettu 70-80-lukujen vaihteessa
- Yksittäisiä mittauksia tehty jo aikaisemmin esim. rakennuksen omia iv-laitteita käyttäen
- Konsulttitoiminta lisääntynyt ja kaupalliset tiiviysmittauslaitteistot yleistyneet parin viime vuoden aikana
- Energiatehokkuslaskelmat ja muuttuneet määräykset laukaisevana tekijänä
- Tiiviys voidaan esittää usealla eri tavalla
- SFS EN 1389 käytössä



# Rakennuksen ilmanpitävyys

Standardi SFS-EN 13829.



$$q = q_m \frac{T}{T_m}$$

$q$  on ilmavirta ulkovaipan läpi [m<sup>3</sup>/h]  
 $q_m$  ilmavirta virtausmittarin läpi [m<sup>3</sup>/h]  
 $T$  ulkoilman lämpötila [K]  
 $T_m$  sisäilman lämpötila [K].

$$q = C \Delta p^n$$

Ilmanvuotokäyrä

$$n_{50} = \frac{q_{50}}{V}$$

Ilmanvuotoluku

*Painekokeen periaate. 1) säädettävä apupuhallin 2) ulko- ja sisäilman paine-eron mittaus 3) tilavuusvirran mittaus.*

## Kehittämistoimenpiteitä

- Rakentajat ovat energiatehokkuusmääräysten myötä alkaneet mitata uudistuotannon ilmanpitävyyttä.
- Ongelmana on, miten monen esimerkkikohteen perusteella voidaan koko tuotantoa arvioida.
- Toinen kysymys on, miten suuren rakennuksen ilmanpitävyys tulisi mitata.
- Rakennusten tiiviysmittaus on osa toimivuuden varmistamista, jolloin rakennusten ilmanpitävyyteen vaikuttavat asiat tulee ottaa nykyistä paremmin huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

## Kehittämistoimenpiteitä

### Uudistuotannon ilmanpitävyys

- Energiahallintasuunnitelmat:
  - Suunnitteluvaiheessa määritetään nykyistä yksityiskohtaisemmin ne ulkovaipan tiiveyteen vaikuttavat rakenneosat ja rakennedetaljit, joiden toteuttaminen ohjeistetaan työmaalle.
- Lopullinen ulkovaipan toimivuushan riippuu siitä, miten työmaalla kyseiset asiat tehdään.
- Tilaajan vaatimukset

(*RaMK osa C3, Rakennuksen lämmöneristys, 2007 :*

*"Sekä rakennuksen vaipan että tilojen välisten rakenteiden tulee olla niin ilmanpitäviä, että rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen." )*

## Rakennuksen tiiveys

Voiko rakennus olla liian tiivis?

Ongelmien syyt:

- Puutteellinen ilmanvaihto
- Ilmanvaihdon toimintaedellytykset tuhottu (painovoimainen ilmanvaihto) tiivistämisellä kun tuloilmareitit on tukittu
- Koneellinen poistoilmanvaihto: Tiivistämisellä siirretty vuotokohdat toiseen paikkaan, ulkoilman sisäänottongelmat (veto)
- Koeellinen ilmanvaihto: Tasapainotusongelmat, yhteensopimattomuus
- Sisäilmaolosuhteet ovat aina usean tekijän summa

**”Build tight, ventilate right”**

## Ilmanpitävyyskriteereitä

USA:ssa käytetään ASTM E779 ja E1827-standardia.

Kanadalainen vastaava standardi on CGSB 149.10.

Britanniassa liikerakennuksille on käytössä ATTMA TS-1 ja muualla Euroopassa EN 13829.

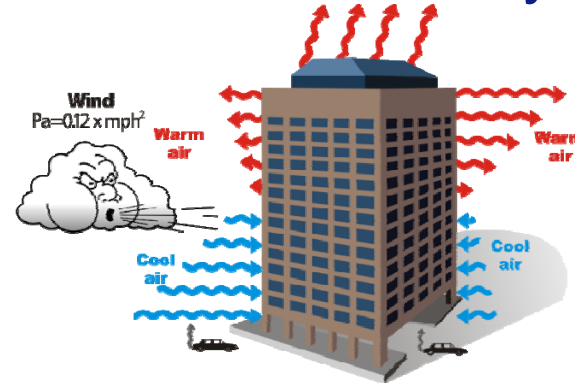
*Taulukko 1. Tiiviysvaatimuksia/suosituksia*

Units conversions for 0.25 CFM75/ft <sup>2</sup> to other common units made for a building 120 x 110 x 8 ft, 4 stories n=0.65	
0.25 cfm/ ft <sup>2</sup> at 75 Pa	Used by ASHRAE and US Army Corp
0.19 cfm/ ft <sup>2</sup> at 50 Pa	Used by some US researchers and an ASHRAE article
1.06 in <sup>2</sup> EfLA/100 ft <sup>2</sup> at 4 Pa	Used by US building scientists to calculate natural air exchange in houses
2.53 in <sup>2</sup> EqLA/100 ft <sup>2</sup> at 10 Pa	Used in Canada and other countries
1.12 Air Changes per hour at 50 Pa	Widely used for houses but not useful for comparisons in high rise buildings because volume to area ratios change so much.
3.51 m <sup>3</sup> /hr/m <sup>2</sup> at 50 Pa	Used in the UK to rate the permeability of commercial buildings
1.27 liters/s/m <sup>2</sup> at 75 Pa	Used by researchers in US, Canada and Europe for high rise buildings

## Ilmanpitävyyskriteereitä

Conversions made for a building, 120 x 110 x 8 ft, 4 stories $n=0.65$	Test pressure (Pa)	CFM75/ft <sup>2</sup> cfm/ ft <sup>2</sup> at 75 Pa
ASHRAE 90.1, leaky	75	0.60
UK 5 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> Normal, offices and homes	50	0.36
Smoke control standards, 0.1 cfm/ ft <sup>2</sup> @ 0.05 in. wc	12.5	0.32
ASHRAE 90.1, average	75	0.30
LEED, 1.25 in <sup>2</sup> EflA / 100 ft <sup>2</sup> envelope	4	0.30
US Army standard is 0.25 cfm/ ft <sup>2</sup>	75	0.25
UK 3 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> Best practice, homes	50	0.21
UK 2 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> Best practice, offices	50	0.14
Canadian R-2000 1.0 in <sup>2</sup> EqLA /100 ft <sup>2</sup> envelope	10	0.13
ASHRAE 90.1, tight	75	0.10

## Tiivyyden mittaamisen käytännön ongelmia

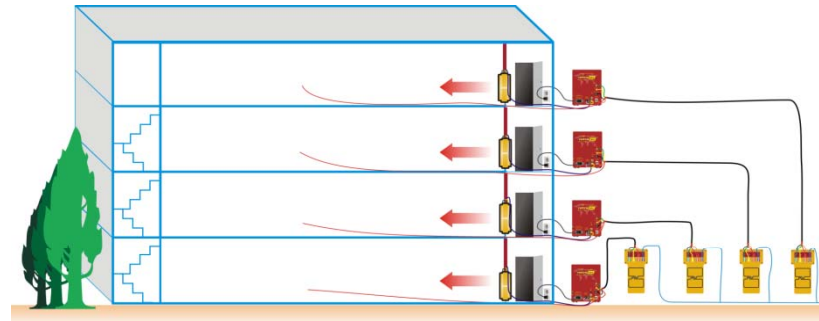


### Kerrostalot

- Kerrostalon ilmanpitävyys voidaan määrittää mittaamalla esimerkiksi kolmen, eri kerroksessa sijaitsevan huoneiston ilmatiiviys.
- Kun halutaan määrittää ulkovaipan läpi tulevat ilmavuodot, ovat ilmavuodot muualta rakennuksen sisältä vääristämässä tulosta.
- Jos mittaus haluttaisiin tehdä tarkasti, pitäisi myös tarkasteltavan huoneiston naapurihuoneiston ja rappukäytävä paineistaa samalla, jolloin paine-ero ympäröiviin tiloihin olisi mahdollisimman pieni → raskaat mittausjärjestelyt
- Käytännössä tyydytään teippaamaan sisäisistä vuodoista suurimmaksi oletettu eli rappukäytävän ovi ja postiluukku.
- Muut sisäiset vuodot vain todetaan merkkisavulla.

## Tiivyyden mittaamisen käytännön ongelmia

- Tiiviysmittauslaitteiston asennus
- Parvekeovi tai tuuletusluukku
- Ilmanvaihtoventtiilien teippaus
- Myös koneelta, jos huoneistokohtainen iv
- Toinen tapa määrittää kerrostalon ilmanpitävyys on mitata samanaikaisesti rappukäytävän ja kaikkien huoneistojen ilmatiiviys
- Tällöin ongelmaksi voi muodostua luotettava paine-eron mittaus



## Tiiviyden mittaamisen käytännön ongelmia

- Rappukäytävän osalta ongelmallista on myös selvittää kaikki teipattavat kohdat
- Huoneistojen ja etenkin rappukäytävän ilmatilavuuden arviointi pohjakuvien ja paikalla tehtyjen mittausten avulla on hyvin epätarkkaa
- Ilmatilavuuden arvioinnissa on myös ongelmallista se, miten huomioidaan huoneistoissa ja rappukäytävässä alaslaskettujen kattojen yläpuolinen tila.

## Tiiviuden mittaamisen käytännön ongelmia

### Pientalot

- pientalojen osalta mittausongelmat ovat vähäisemmät kuin kerrostaloissa
- ongelmana on tunnistaa ja löytää kaikki mittausta varten teipattavat aukot
- pientaloissa ilmatilavuuden arviointi on hankalaa etenkin, kun usein huoneet ovat erikorkuisia ja sisäkatot vinoja.
- alaslaskettujen kattojen yläpuolisten tilojen huomioiminen etenkin kylpyhuoneen osalta ei myöskään ole yksikäsitteistä.



## Ilmanpitävyys uusissa kohteissa

### Kerrostalot

- Uudistuotantokohteissa v. 2008 aikana huoneistokohtaiset arvot  
**0,3 1/h – 1,0 1/h**
- Vuotokohdat: Ikkunatiivisteet, parvekeovet sekä porraskäytävän ulko-ovet.
- Uudisrakennuskohteiden porrashuoneiden ilmavuotoluvut yleensä >1,0 1/h, usein luokkaa 2 - 3 x yksittäisten huoneistojen ilmavuotoluvut.

### Pientalot

- Kohteissa joissa on kiinnitetty erityistä huomiota tiiveyteen, tulokset  
**0,5 1/h – 1,0 1/h**

## Mittausten virhelähteet ja tarkkuus

- Mittauksen suorittajan tulee tuntea käyttämänsä laitteen toimintaperiaate sekä toiminta-alue.
- Mikäli mittaustulos on epäilyttävä, mittaukset täytyy toistaa tai tulos täytyy yrittää tarkistaa.
- Jos pientalon mittaustulos alkaa olla luokkaa  $\ll 0,5$  1/h, tulisi saatu tulos pyrkiä todentamaan esimerkiksi vaihtamalla puhallin pienempitehoiseen, mikäli se on mahdollista.

## Johtopäätöksiä

- Suomessa on otettu käyttöön EN 1389-standardin mukainen mittausmenetelmä, jossa määritetään kohteen ilmatilavuus sekä n50 ali- ja ylipaineen keskiarvona ilmatilavuuteen verrattuna.
- Varsinkin isoissa kohteissa voisi olla tarkoituksenmukaisempaa määrittää ilmanpitävyys vaippapinta-alaa kohti tai määrittää se sekä ilmatilavuuteen että ulkovaipan pinta-alaan verrattuna
- Tiiviysmittaus rakennuksen omilla laitteilla (kanavien vuodot tulevat mukaan)
- Tiiviysmittaus merkkiainekokeella (pitoisuuden alenema), esim urheiluhallit
- Normaalit painesuhteet tulisi olla välillä 0 – 15 Pa (alipaine ulkoilmaan verrattuna) – energiatehokkuuteen vaikuttaa vuotoilmanvaihto näillä painealueilla/n50 ja vuotoilmanvaihdon yhteys

## Lopuksi

- On mahdollista saavuttaa erinomainen tiiviystaso ”tavanomaisella” mutta huolellisella rakentamisella.
- Vanha rakennuskanta?
- Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat myös muut tekijät kuin tiiviystaso
- Tärkeää on että saavutetaan asetettu taso
- Olemassa olevan rakennuskannan tiiviyn parantaminen
- Menetelmien kehittäminen (mittauskäytännöt, todellinen vuotoilmanvaihto, ilmapuotoluvun esittäminen)

# KIITOS