

Joni Leppäharju

**Teema Talot Oy talotuotannon laadunvarmistus painekokeen avulla**

Ilmantiiviysmittaus

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talorakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Joni Leppäharju

Työn nimi: Teema Talot Oy talotuotannon laadunvarmistus painekokeen avulla -  
ilmantiiviydsmittaus

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2010

Sivumäärä:49

Liitteiden lukumäärä: 9

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Teema Talot Oy:n toimittamien talopakettien ilmantiiviyttä painekokeen avulla. Ilmanvuotokohtien paikantamiseen käytettiin lämpökameraa. Mittaukset suoritettiin tammi- ja helmikuussa 2010. Mitatut talot olivat Teema Talot Oy:n suurelementeistä valmistettuja pientaloja, jotka sijaitsevat Seinäjoen alueella.

Mittaustulokset antoivat tietoa Teema Talot Oy:n toimittamien pientalojen rakennesien toimivuudesta ilmantiiviyden kannalta. Tulosten pohjalta voitiin laskea teolliselle talovalmistajalle tarkoitettu talotyypikohtainen ilmanvuotoluku jatkokäyttöä varten. Lisäksi mittaustulosten perusteella tehtiin parannusehdotuksia nykyisten rakenneratkaisujen tiivistykseen.

Asiasanat: Ilmanpitävyys, ilmantiiviydsmittaus, ilmanvuotoluku  $n_{50}$ , painekoe

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**Thesis abstract**

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Construction Engineering  
Specialisation: Building Construction

Author: Joni Leppäharju

Title of the thesis: Quality verification of Teema Talot Oy production by using the fan pressurization method - determination of air permeability

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2010

Number of pages: 49

Number of appendices: 9

---

The purpose of the thesis was to investigate the air permeability of Teema Talot Oy prefabricated houses by using the fan pressurization method. Air leakage parts were identified by using a thermographic camera. The measured houses were built of large panels. All measurements were made during January and February 2010 in the Seinäjoki area.

The measurements gave important information about the air permeability of Teema Talot Oy houses. From the results of the measurements it was possible to calculate the standard air infiltration rate value for Teema Talot Oy one-storied buildings. Also, some improvement suggestions were made for the problem parts.

Keywords: Air permeability, fan pressurization method, air infiltration rate

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

### KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

### KUVIO JA TAULUKKOLUETTELO

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>9</b>
1.1 Työn tausta .....	9
1.2 Työn tavoite .....	9
<b>2 RAKENNUKSEN ILMANTIIVIYS .....</b>	<b>11</b>
2.1 Ohjeet rakennusten ilmantiiviydestä.....	11
2.2 Ilmanvuotoluku $n_{50}$ .....	11
2.3 Ilmantiiviyden määrittäminen painekokeella .....	12
2.4 Ilmanvuotokohtien paikantaminen .....	13
2.4.1 Lämpökuvaus.....	13
2.4.2 Merkkisavu .....	15
2.5 Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten laadunvarmistusohje .....	15
2.5.1 Tutkimus .....	16
2.5.2 Ilmoitus.....	16
2.5.3 Seuranta .....	17
<b>3 MITTAUSTEN SUORITTAMINEN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Kohteiden valinta.....	18
3.2 Lähtötietojen laskenta .....	19
3.3 Kohteiden valmistelu .....	19
3.4 Mitattujen rakennusten rakenneratkaisut .....	23
3.5 Tiivysmittausten toteuttaminen .....	25
<b>4 MITTAUSTEN TULOKSET.....</b>	<b>29</b>
4.1 Mittauspöytäkirja .....	29
4.2 Ilmanvuotoluku $n_{50}$ arvot.....	36
4.3 Ongelmakohdat rakenteissa .....	38
4.4 Talovalmistajan talotyyppikohtaisen ilmanvuotoluvun laskenta.....	40
4.5 Tulosten analysointi .....	42

<b>5</b>	<b>TIIVISTYSOHJE .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>47</b>
	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>48</b>
	<b>LIITTEET .....</b>	<b>50</b>

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

<b><math>n_{50}</math></b>	Ilmanvuotoluku 50 Pa paine-erolla [1/h]
<b><math>n_{50,ka}</math></b>	Talotyypin tai toteutusratkaisun mitattujen rakennuksen ilmanvuotolukujen keskiarvo [1/h]
<b><math>n_{50,i}</math></b>	Yksittäisen rakennuksen ilmanvuotoluvun mittaustulos [1/h]
<b><math>n_{50,ilm}</math></b>	Talotoimittajan antama ilmanvuotoluku tietyille talotyypille [1/h]
<b><math>k</math></b>	Kerroin, joka riippuu mitattujen rakennusten lukumäärästä [n]
<b><math>n</math></b>	Talotyypin tai toteutusratkaisun mitattujen rakennusten lukumäärä
<b><math>S_{n50}</math></b>	Talotyypin tai toteutusratkaisun mitattujen ilmanvuotolukujen keskihajonta [1/h]

## KUVIO JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Esimerkki lämpökuvasta. ....	14
Kuvio 2. Tuloilmakanava tiivistetty. ....	20
Kuvio 3. Kura-allas teipattuna. ....	21
Kuvio 4. Takan luukut tiivistetty. ....	22
Kuvio 5. Teknisen tilan oviaukko muovitettu. ....	23
Kuvio 6. Höyrynsulkukalvo ja polyuretaani rakenteessa. ....	24
Kuvio 7. Ulkoseinän ja yläpohjan liitos. ....	25
Kuvio 8. Painekoelaitteiston asennus oviaukkoon. ....	26
Kuvio 9. Painekoelaitteiston asennus ikkuna-aukkoon. ....	27
Kuvio 10. Mittauspöytäkirjan sivu 1. ....	30
Kuvio 11. Mittauspöytäkirjan sivu 2. ....	31
Kuvio 12. Mittauspöytäkirjan sivu 3. ....	32
Kuvio 13. Mittauspöytäkirjan sivu 4. ....	33
Kuvio 14. Mittauspöytäkirjan sivu 5. ....	34
Kuvio 15. Mittauspöytäkirjan sivu 6. ....	35

Kuvio 16. Mittauspöytäkirjan sivu 7.....	36
Kuvio 17. Seinän ja lattian liitos. ....	39
Kuvio 18. Seinän ja katon liitos. ....	40
Kuvio 19. Liitoksen tiivistysehdotus.....	45
Kuvio 20. Höyrynsulkukalvojen liitos. ....	46
Taulukko 1. Ilmanvuotolukujen arvot.....	38
Taulukko 2. $n_{50,ilm}$ -luvun laskenta.....	41



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Energian kulutuksen noustessa koko ajan tärkeämpään osaan pyritään rakennusten energiatehokkuutta parantamaan rakennusmääräyksiä tiukentamalla. Vuoden 2010 alusta kiristyneet energiamääräykset antavat selkeän suunnan rakennusten energiatehokkuuden vaatimuksille ja yhtenä merkittävänä osana rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttaa se, kuinka tiiviitä rakennukset ovat.

Suunnittelusta alkaen täytyy pyrkiä siihen, että rakenteista saadaan mahdollisimman tiiviit, jolloin lämmön talteenottokoneen avulla voidaan hukkalämmöstä suuri osa käyttää hyödyksi. Rakennuksen hyvä ilmantiiviys on edullinen tapa vähentää energian kulutusta, sillä pientalojen laskennallinen kokonaisenergiankulutuksen lisäys on 2–7 % jokaista  $n_{50}$ -luvun lisäystä kohti (Kauppinen ym. 2009. 313). Eli jos normaalin rakennuksen ilmanvuotoluku  $n_{50}=4$  1/h ja huolellisesti rakennetun  $n_{50}=1$  1/h, päästään jo tällä parannuksella kohtuullisen suuriin säästöihin. Kun jo suunnitteluvaiheessa paneudutaan liitosdetaljeihin ja työmaalla toteutetaan tehdyt suunnitelmat huolellisesti, voidaan suhteellisen pienin panostuksin päästä hyvään ilmanpitävyyteen ja tätä kautta saadaan rakennuksista energiatehokkaita.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Seinäjoella toimivan Teema Talot Oy talotehtaan toimittamien talopakettien ilmantiiviyttä ja rakenteiden sekä liitosten toimivuutta painekokeen avulla. Mittauksia tehdään Teema Talojen talopakettitoimituksissa, joissa talotehdas hoitaa ainakin ulkovaipan rakennustyöt kokonaisuudessaan. Tarkoituksena on selvittää talotehtaan tyypillisimmän talomallin, yksiker-

roksisen puurakenteisena toteutettavan rakennuksen ilmantiiviys. Tiiviyskokeen yhteydessä suoritetaan myös lämpökuvaukset, jonka avulla voidaan paikallistaa mahdolliset ilmanvuotokohdat tarkasti. Mittausten perusteella saadaan selville, ovatko rakenteissa käytetyt liitosdetaljit toimivia. Mittaukset suoritetaan Suomessa käytössä olevan standardin SFS-EN 13829 mukaisesti sekä hyödyntäen RT 80-10974 ohjetta, jonka avulla teollisesti asuinrakennuksia valmistava yritys voi hankkia talotyyppilleen kiinteän ilmanvuotolukuarvon, jota voi käyttää ilman, että jokainen rakennus täytyisi erikseen mitata.

## 2 RAKENNUKSEN ILMANTIIVIYS

Rakennuksen ilmantiiviys kuvaa rakennuksen ilmanpitävän kerroksen tiiviyttä ja sen esittämiseen käytetään ilmanvuotolukua  $n_{50}$ .

### 2.1 Ohjeet rakennusten ilmantiiviydestä

Rakennusten ilmantiiviydestä annetaan määräykset Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3. Rakennuksen osien, kuten ilmanvaihtojärjestelmän, lämmitysjärjestelmän sekä sisäilman laadun ja rakenteiden toimivuuden kannalta rakennusten ilmantiiviyteen tulee kiinnittää huomiota. Erityisesti liitoskohtien huolelliseen suunnitteluun ja toteutukseen tulee paneutua riittävästi. Varsinaista lukuarvoa tiiviydelle ei ole asetettu. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2007, 4; Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, 8.)

### 2.2 Ilmanvuotoluku $n_{50}$

Ilmanvuotoluku  $n_{50}$  ilmaisee rakennuksen ilmantiiviyden lukuarvona tilavuuden suhteen [1/h]. Luku kuvaa, kuinka monta kertaa 50 Pascalin [Pa] paine-erossa rakennuksen ilmatilavuus vaihtuu ilmanvuotokohtien läpi. Ilmanvuotoluku  $n_{50}$  on yhtenä osana laskettaessa rakennuksen energiatodistusta ja vaikuttaa suuresti siihen, mihin luokkaan rakennus sijoittuu. (Aho & Korpi 2009, 7.)

Suomessa ilmanvuotoluvun määrittämiseen käytetään menetelmää, jossa verrataan ilmanvuotokohtien läpi kulkevaa ilmavirtaa rakennuksen sisätilavuuteen. Muukaan lasketaan koko rakennuksen ulkovaipan sisäpuolelle jäävä tilavuus väliseiniin. (RT 80-10974 2009,12.)

Joissakin maissa on käytössä  $q_{50}$ -luku, joka kuvaa ilmavirran kulkeutumista rakenteen läpi suhteessa rakennuksen vaipan alaan. Tässä tapauksessa ulkovaippaan lasketaan ulkoseinien sekä ala- ja yläpohjan pinta-alat. (Vinha ym. 2009, 20.)

Ilmanvuotoluku  $n_{50}$  lasketaan kaavalla:

$$n_{50} = \frac{V'}{V} \quad (1)$$

jossa

$V'$  on ilman tilavuusvirta, joka tarvitaan 50 Pa:n paine-eron aikaansaamiseksi rakennuksen vaipan yli [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]

$V$  on rakennuksen sisätilavuus [ $\text{m}^3$ ]

### 2.3 Ilmantiivyyden määrittäminen painekokeella

Rakennuksen ilmantiivyyden määrittäminen tehdään painekokeella, jossa rakennuksen sisä- ja ulkotilojen välille luodaan paine-ero puhallinta käyttäen. Suomessa käytetään standardin SFS-EN 13829 mukaista menetelmää B. Menetelmän B mukaan, painemittaus suoritetaan siinä vaiheessa, kun rakennuksen ulkovaippa on kauttaaltaan valmis ja kaikki ikkunat sekä ovet ovat paikallaan. Puhallin asennetaan tiiviisti joko ovi- tai ikkuna-aukkoon ja kaikki rakennuksen ilmanvaihtoaukot, kuten ilmanvaihtojärjestelmä, tulisijan luukut ja lattiakaivot tukitaan. (SFS-EN 13829 2000, 7–9.)

Painekokeessa rakennukseen tehdään paine-eroja puhalltimella esimerkiksi 10 Pa:n välein aina 55–60 Pa:iin saakka. Paine-eron ylläpitämiseksi puhallinlaitteiston läpi kulkeva ilmamäärä mitataan. Puhallimen läpi kulkenut ilma jaetaan rakennuksen ilmatilavuudella, josta saadaan painekokeen tuloksena ilmanvuotoluku  $n_{50}$ . (Aho & Korpi 2009, 7; SFS-EN 13829 2000, 7–9.)

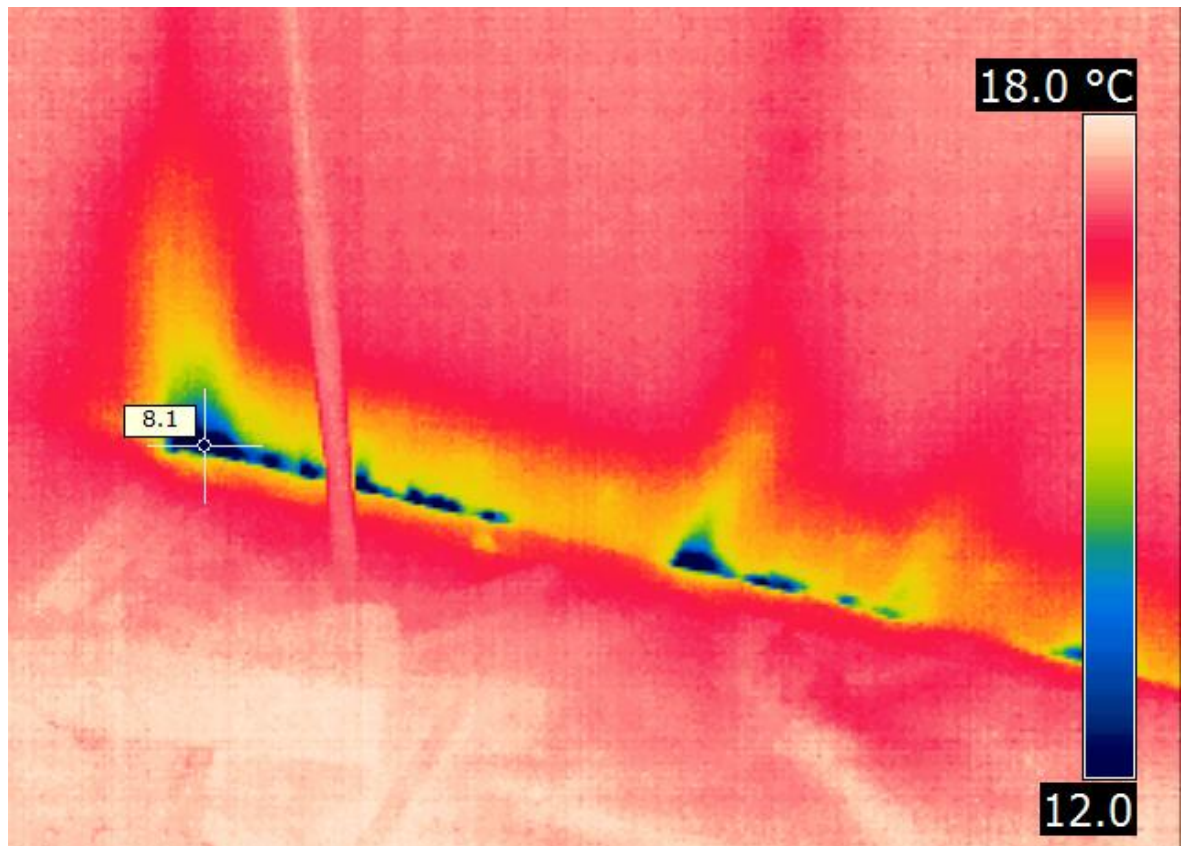
## 2.4 Ilmanvuotokohtien paikantaminen

Ilmanvuotokohtien paikantamiseen voidaan käyttää lämpökameraa tai merkisavua. Lämpökuvaus vaatii selkeän lämpötilaeron sisä- ja ulkotilojen välille, joten se on käytettävissä vain kylmään vuodenaikaan. Merkkisavun käyttö ei aseta ehtoja lämpötiloille, joten sitä voidaan käyttää ympäri vuoden.

### 2.4.1 Lämpökuvaus

Lämpökuvausta käytetään rakennusten ja rakenteiden tutkimiseen. Koska lämpökuvaus on ainetta rikkomaton tutkimusmenetelmä, sitä käytetään laajasti moniin eri tarkoituksiin, kuten laadunvalvontamittauksiin ja kuntokartoituksiin. Lämpökuvauksessa muodostetaan lämpötilajakauma rakenteen pinnan lämpötiloista lämpökameran avulla. Lämpötilajakauma esitetään kameran näytöllä digitaalisena kuvana, jossa tummat sävyt kuvaavat kylmiä kohtia ja punaiset värit lämpimiä kohtia. Lämpötilajakauma muodostuu niin, että se voidaan asettaa näyttämään jotain tiettyä lämpötilojen vaihteluväliä tai niin, että vaihteluväli muodostuu automaattisesti kuvattavan kohdan lämpötiloista. Lämpökuvien tulkinta vaatii perehtyneisyyttä, sillä kuvia katsellessa voi asiaan perehtymätön tehdä helposti vääriä johtopäätöksiä. (Ratu 1213-S 2005, 1-4.)

Kuviossa 1 on esimerkki lämpökuvasta, joka esittää pinnan lämpötiloja värein ja ilmoittaa paikassa lämpötilojen vaihtelun alueen sekä näytön etsimen pisteen lämpötilan. Jälkikäteen kuvia voidaan tutkia tietokoneella erillisen ohjelman avulla ja lisätä mittauspisteitä sekä muuttaa lämpötila-alueita.



Kuvio 1. Esimerkki lämpökuvasta.

Lämpökameraa hyväksi käyttäen voidaan painekokeen yhteydessä paikantaa mahdolliset ilmanvuotokohtat rakennuksen vaipassa. Ennen painekokeen aloittamista rakennus kierretään lämpökameralla kuvaten normaalin paine-eron vallitessa ja otetaan kuvia mahdollisista riskipaikoista. Ensimmäisen kuvauskierroksen jälkeen suoritetaan toinen kuvauskierros, joka tehdään alipaineen aikana. Lämpökuvauksen avulla vuotopaikat voidaan erottaa kylmäsilloista ja voidaan vielä mahdollisesti korjata vuotokohta. Alipaineessa ilmanvuotokohtat näkyvät kylmempinä kohtina kuin rakenteen kylmäsillat. Lisäksi kahden kuvauskerran kuvia voidaan verrata toisiinsa, joista voidaan päätellä, onko kyseessä kylmäsilta vai ilmanvuotokohta. (Aho & Korpi 2009, 7.)

Lämpökuvaus vaatii kuitenkin sen, että ulko- ja sisäilman lämpötilaero on selkeä, jotta vuotokohtat voidaan lämpökameralla havaita (Kauppinen ym. 2007, 278).

#### **2.4.2 Merkkisavu**

Toinen vaihtoehto ilmanvuotojen paikantamiseen on merkkisavujen käyttö. Merkkisavukoe tehdään ylipaineessa toisin kuin lämpökuvaus. Merkkisavun kanssa kierretään rakennus kokonaan ympäri päästäten savua pieniä määriä kerrallaan. Savu pyritään tuomaan kohtisuoraan oletettuun vuotokohtaan nähden, jolloin rakennuksen ilmavirtaukset eivät pääse sotkemaan savun kulkeutumista. Merkkisavun kulkeutuessa esimerkiksi ikkunakarmin välistä voidaan ilmanvuotopaikka määrittää ja mahdollisesti tukkia vuoto. (Ilmanvirtaus ja paine-ero 2008.)

#### **2.5 Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten laadunvarmistusohje**

Talotehtaille ja muille toimijoille, jotka rakentavat asuinrakennuksia käyttäen samanlaisia vakioituja rakenneratkaisuja, on tehty Rakennustiedon RT-ohjekortti, jonka mukaan voidaan rakentajan tuotannolle määrittää talotyypikohtainen ilmanvuotoluku ilman, että jokaista rakennusta tarvitsee erikseen painekokeella mitata. RT 80-10974:n mukaisella menettelyllä voidaan talotehtaan tietyille talotyypille saada ilmanvuotoluku, jota voidaan käyttää energiatodistusta laskettaessa kaikissa saman talotyypin rakennuksissa. Talotyypin muodostavat esimerkiksi puurakenteisena tehtävät rakennukset, joissa sekä runko että yläpohja on toteutettu puurakenteisena. Oman talotyypin muodostavat myös rakennukset, jotka ovat kivi- rakenteisia tai kivi- ja puurakenteiden yhdistelmiä. Menettely on jaettu kolmeen vaiheeseen: tutkimukseen, ilmoitukseen ja seurantaan. (RT 80-10974 2009, 4.)

### 2.5.1 Tutkimus

Menettely alkaa talotoimittajan ja tutkimuksen tekävän ulkopuolisen tahon yhteistyössä valitsemilla tiettyyn talotyyppiin kuuluvien toteutusratkaisujen arvioinnilla. Kun talovalmistajan tuotannosta on valittu tiettyntyyppiset rakennukset omaan ryhmäänsä, tekee ulkopuolinen taho selvityksen näissä ratkaisuissa käytetyistä liitoksista, detaljeista, rakennustavoista, rakennusmateriaaleista, rakennusprosessista ja työmaavalvonnasta. Kun edelliset asiat on selvitetty, voidaan aloittaa varsinaiset mittaukset. Mittaukset suoritetaan niin, että ulkopuolinen taho valitsee rakentajan tuotannosta vähintään kuusi saman talotyypin rakennusta, joihin mittaukset tehdään. (RT 80-10974 2009, 4.)

### 2.5.2 Ilmoitus

Mittausten tulosten perusteella tehdään seuraavaksi ilmoitusmenettelyn mukainen laskenta, johon käytetään kaavaa numero (2). (RT 80-10974 2009, 6).

$$n_{50,ilm} = n_{50,ka} + k * S_{n50} \quad (2)$$

jossa

$n_{50,ka}$  on mitattujen lukujen keskiarvo

$k$  on kerroin, joka riippuu mitattujen kohteiden lukumäärästä

$S_{n50}$  on mitattujen kohteiden ilmanvuotolukujen keskihajonta

$n$  on mitattujen kohteiden lukumäärä



$$n_{50,ka} = \frac{\sum_i^n (n_{50,i})}{n} \quad (3)$$

$n_{50,i}$  on yksittäisen kohteen ilmanvuotoluku

$$k = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

$$S_{n50} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n_{50,i} - n_{50,ka})^2}{n-1}} \quad (5)$$

### 2.5.3 Seuranta

Laskennasta saatavaa  $n_{50,ilm}$ -lukua voidaan käyttää kolme vuotta, jonka jälkeen suoritetaan seurantamittauksia kolmen vuoden aikana valmistuneista rakennuksista. Seurantavaiheessa ulkopuolinen taho tekee seurantaraportin, josta ilmenee mahdolliset muutokset aiemmin käytettyihin rakenneratkaisuihin. Seurannassa tehdään mittaukset kolmeen summittaisesti valittuun rakennukseen. Jos näiden mittausten tuloksena saatava ilmanvuotoluku poikkeaa aiemmasta ilmanvuotoluvusta, voidaan suorittaa lisämittauksia. Mikäli lisämittausten jälkeenkin ilmanvuotoluku poikkeaa aiemmasta, voidaan käyttää seurantamittauksissa saatua lukua jälleen seuraavat kolme vuotta. Ilmanvuotoluku ei kuitenkaan saa poiketa yli 0,5 1/h aiemmasta. Jos näin käy, tälle rakennukselle täytyy käyttää omaa arvoaan eikä sitä saa liittää kyseisen talotyypin mukaiseen ilmanvuotolukuun. (RT 80-10974 2009, 4-7.)

### 3 MITTAUSTEN SUORITTAMINEN

Mittaukset tehtiin seitsemään taloon. Mittausten päätarkoituksena oli selvittää talojen ilmanvuotoluvut ja käyttää lämpökameraa ilmanvuotokohtien paikantamiseen.

#### 3.1 Kohteiden valinta

Mittaustyö aloitettiin valitsemalla Teema Talot Oy:n tällä hetkellä rakenteilla olevista kohteista sopivat talot. Kohteiksi valikoitui tällä hetkellä rakennusvaiheessa olevia tai juuri valmistumassa olevia taloja.

Mitatut talot olivat

- talo 1, 123 m<sup>2</sup>
- talo 2, 144 m<sup>2</sup>
- talo 3, 137,5 m<sup>2</sup>
- talo 4, 149,7 m<sup>2</sup>
- talo 5, 144,4 m<sup>2</sup>
- talo 6, 156,5 m<sup>2</sup>
- talo 7, 205,2 m<sup>2</sup>

Kohteista talot 1–5 olivat yksikerroksisia, talo 6 puolitoistakerroksinen ja talo 7 kaksikerroksinen. Mittauksiin oli alun perin tarkoitus ottaa mukaan myös aiemmin valmistuneita kohteita, mutta ne jätettiin pois, koska rakennusvaiheessa oleviin kohteisiin oli aikataulullisesti helpompi saada mittaukset sovittua. Toisaalta myös rakennusvaiheessa olevia kohteita oli sen verran runsaasti, että niistä voitiin saada kattava käsitys tuotannosta.

Päätarkoitus mittauksissa oli paneutua yksikerroksisiin rakennuksiin ja saada niistä materiaalia RT 80-10974:n mukaiseen teollisesti valmistettujen asuinrakennus-

ten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohjeen menettelyyn. Menettely on kuvattu luvussa 2.5.

### **3.2 Lähtötietojen laskenta**

Mittauksia varten kohteiden tiedot pinta-alasta, ilmatilavuudesta ja verhoilualasta laskettiin etukäteen leikkaus- ja pohjapiirustuksista. Näin menettelemällä säästettiin aikaa itse mittauskohteessa tehtävään työhön ja mittaukset voitiin aloittaa heti valmistelun jälkeen.

### **3.3 Kohteiden valmistelu**

Mittaukset suoritettiin kahdessa vaiheessa parin viikon välein tammikuussa ja helmikuussa 2010. Mittauksen ajankohdan määritti pääasiassa se, missä vaiheessa rakennuskohteet olivat ja mihin oli mahdollista mennä mittaukset suorittamaan ilman, että muut työt kohteessa häiriintyivät.

Tiiveysmittaukset suoritettiin SFS-EN 13829 standardin mukaisesti. Ennen varsinaista mittausta rakennuksissa tehtiin standardin mukaiset valmistelut, joissa olemassa olevat aukot, kuten ilmanvaihtokanavat, takan luukut ja viemärit suljettiin huolellisesti. Ilmanvaihtohormit tukittiin väliaikaisesti teippaamalla ja viemärit joko teipattiin tai täytettiin vesilukot vedellä.

Kuviossa 2 näkyvät väliaikaiset tiivistykset on toteutettu teippaamalla tuloilmakanavan päässä oleva suoja maalarinteipillä tiiviisti putkeen.



Kuvio 2. Tuloilmakanava tiivistetty.

Kuviossa 3 kura-allaan tiivistys on toteutettu täyttämällä vesilukko vedellä ja tiivistys on varmistettu teippaamalla viemäriaukon kohta ilmastointiteipillä.



Kuvio 3. Kura-allas teipattuna.

Kuviossa 4 takan kaikki luukut on teipattu väliaikaisesti. Samalla tavalla hoidettiin myös liesituulettimen väliaikainen tiivistys. Tiivistysten pitävyys varmistettiin lämpökameralla kuvaamalla ja tunnustelemalla käsin ilmanvirtausta.



Kuvio 4. Takan luukut tiivistetty.

Yhdessä kohteessa oli vielä käytössä väliaikaisia ovia, joten nekin tiivistettiin muovittamalla aukot ja tiivistämällä muovi rungon ja väliaikaisen kiinnityspuun väliin. Kuviossa 5 on väliaikainen muovitus teknisen tilan ovesa.

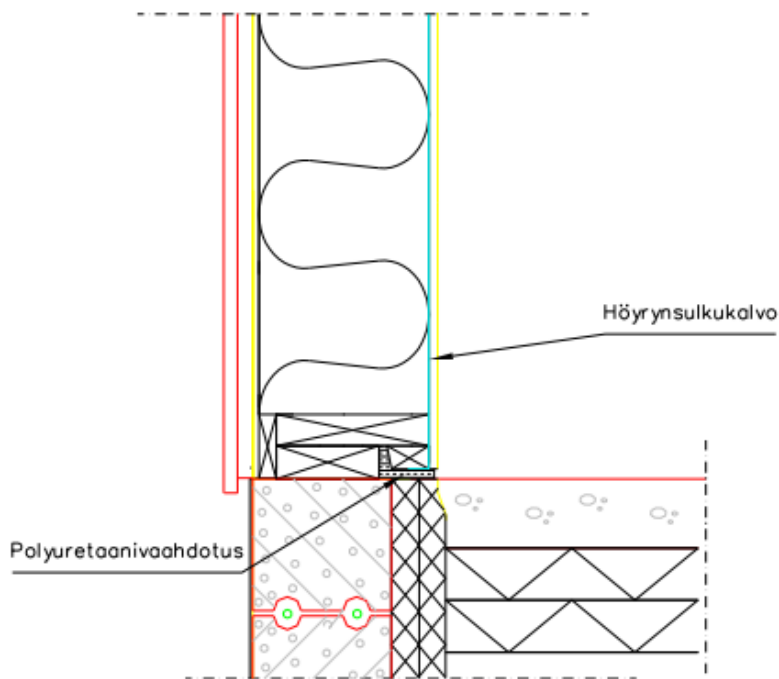


Kuvio 5. Teknisen tilan oviaukko muovitettu.

### **3.4 Mitattujen rakennusten rakenneratkaisut**

Kaikki mitatut talot on rakennettu käyttäen Teema Talot Oy:n suurelementtejä ja niiden yläpohja on toteutettu naulalevyristikoita käyttäen. Ilmantiiviys on toteutettu muovikalvolla, joka toimii samalla höyrynsulkuna.

Kuviossa 6 on esimerkki ilmantiiviuden varmistavan höyrynsulkukalvon sijainnista mitattujen talojen rakenteissa. Kuvioista voidaan myös nähdä polyuretaanilla täytettäväksi tarkoitettu tila elementin alaosassa.



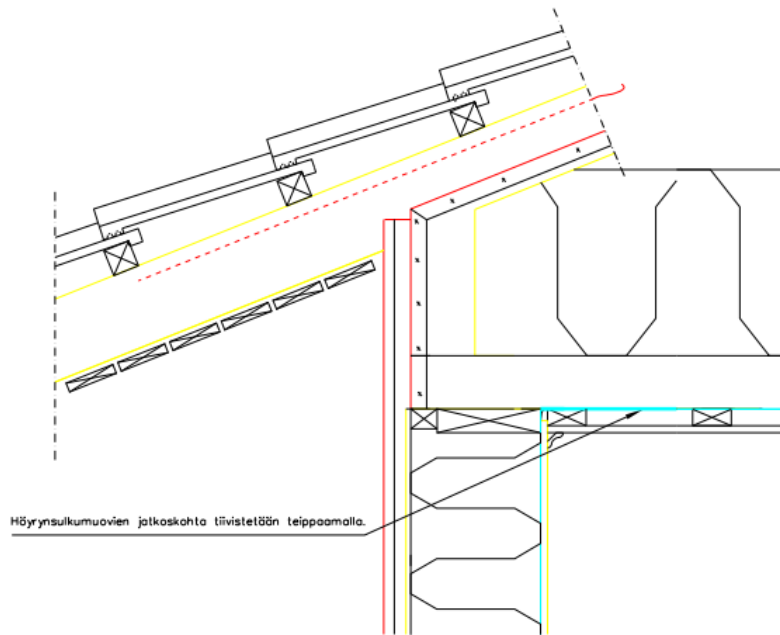
Kuvio 6. Höyrynsulkukalvo ja polyuretaani rakenteessa.

Sähkörsioiden kohdalla höyrynsulkukalvo on asennettu löysästi niin, että se kiertää rasioiden takaa ehjänä, joten höyrynsulkukalvoon ei tule turhia reikiä.

Ikkuna- ja oviliitoksien tiivistys tehdään leikkaamalla höyrynsulkumuoviin aukon kohdalla hieman ikkuna- tai oviaukkoa pienempi reikä. Tämän jälkeen yli jääneet osat taitetaan runkoa vasten. Lopuksi rungon ja karmin välinen osa eristetään villalla ja tiivistetään rungon ja karmin välinen tila tiivistemassalla.



Kuviossa 7 on malli mitattujen talojen ulkoseinän liittymiskohdasta yläpohjaan. Ulkoseinän höyrinsulkukalvo tuodaan yhteen katon höyrinsulkukalvon kanssa ja teipataan.



Kuvio 7. Ulkoseinän ja yläpohjan liitos.

### 3.5 Tiiviysmittausten toteuttaminen

Tiiviysmittaukset tehtiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun laitteistolla. Paine-koetehtiin Wöhler Blower Check BC-21-ilmatiiviysmittarilla ja vuotokohtien paikannus tehtiin Flir Therma CAM T-360-lämpökameralla.

Mittausta varten painekoelaitteisto kiinnitettiin kohteesta riippuen joko ikkuna- tai oviaukkoon laitteiston mukana tulevilla puristimilla ja kiinnitys varmistettiin teippamalla.

Kuviossa 8 painekoelaitteisto on kiinnitetty oviaukkoon. Kiinnitys on tehty käyttämällä laitteen mukana tulevia puristimia, joilla laite saadaan tiivistettyä oven karmiin. Tässä tapauksessa tiivistys tehtiin sivuilla olevien ikkuna-aukkojen reunoihin sivuilta, alapuoli painettiin laitteen mukana olevalla jatkettavalla alumiinilevyllä lattiaan ja yläpuoli kiilattiin lattiaan tukeutuvilla kiiloilla ovirungon kohdalle.



Kuvio 8. Paineekoelaitteiston asennus oviaukkoon.

Kuviossa 9 laitteisto on asennettu ikkuna-aukkoon. Asennusta varten on ikkunan ulkopuolelta irrotettu, jotta voitiin varmistua asennuksen tiivyydestä joka puolelta. Laitteiston mukana tulee myös ikkuna-asennukseen omat puristimet, joilla laitteisto saadaan kiinni ikkunan ympäri kiertävään alumiinihuulokseen.



Kuvio 9. Painekoelaitteiston asennus ikkuna-aukkoon.

Mittauslaitteiston asennuksen jälkeen jatkettiin mittauksia syöttämällä projektitiedot laitteistoon kytkettyyn tietokoneeseen. Projektitietoihin syötetään esimerkiksi etukäteen lasketut arvot rakennuksen sisäilmatilavuudesta, nettopinta-alasta ja tuulenvirtauksesta.

Tässä vaiheessa tarkastettiin tarkastuslistan mukaisesti, että kaikki ulko-ovet ja ikkunat ovat suljettuina sekä väliovet avattu. Tämän jälkeen mittaus voitiin aloittaa.

Laitteisto tekee mittauksen automaattisesti. Aluksi laite tekee testauksen toiminnastaan ja mittaa sekä sisä- että ulkolämpötilat laitteiston läpi kulkevasta ilmavirrasta. Lämpötilan mittauksessa huomattiin olevan eroja mittauspaikalla olleiden lämpötilamittareiden ja painekoelaitteiston antamien lukemien välillä. Kuitenkaan käytössä ei ollut muuta kalibroitua mittauslaitteistoa lämpötilan mittaamiseen, joten on oletettava painekoelaitteiston mittaamien tulosten olevan tarkimmat saatavilla olleet lämpötilat.

Lämpötilojen mittausten jälkeen laite pyytää sulkemaan ilmavirtauksen kulun erillisellä kannella, koska laite mittaa luonnollisen paine-eron sisä- ja ulkoilman välillä. Kuviossa 8 laitteisto on suljettu ja kuviossa 9 se on avoinna. Paine-eron mittauksen jälkeen kone teki ohjelman mukaisesti mittaukset viidessä eri paine-erossa: 20, 30, 40, 50 ja 60 Pa:n paineella. Mittaukset tehtiin yli- ja alipaineessa. Mittauksen loppuvaiheessa kone pyytää vielä sulkemaan kannen ja mittaa luonnollisen paine-eron mittauksen jälkeen. Lopuksi kone laskee ilmamäärän, joka on vuoto-kohtien kautta karannut ja laskee vuotoilman suhteen rakennuksen ilmatilavuuteen ja antaa tuloksen yli- ja alipainemittausten keskiarvona. Ilmanvuotoluvun numeroarvon kone näyttää ruudulla välittömästi ja muista tiedoista saa tulostettua kuitenkin asiakkaalle annettavaksi.

## **4 MITTAUSTEN TULOKSET**

Tässä luvussa on esitetty mittausten tuloksia sekä analysoitu niitä. Tarkat arvot mittauksista on esitetty liitteissä 1–7 ja mittausten pohjalta tehdyt tiivistysohjeet ja laskelmat ovat liitteissä 8 ja 9.

### **4.1 Mittauspöytäkirja**

Mittaustulokset kirjattiin mittauspöytäkirjaan, joka on painekoelaitteiston valmistajan tekemä seitsemänsivuinen Excel-taulukko.

Kuviossa 10 on talon 2 mittauspöytäkirjan ensimmäinen sivu. Sivulta selviävät mittauksen projektitiedot, kuten rakennuskohteen tiedot, käytetyn mittauslaitteiston tiedot, mittauksen ajankohta sekä muita perustietoja.

## LIITE 3

**Ilmatiivyyden mittaaminen, mittauspöytäkirja**

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti  
Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	102
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Luomanperä
Lähiosoite	konekatu 1
Postinumero ja -toimipaikka	60320 Seinäjoki

Projektitiedot	
Projektinumero	102
Rakennuksen lähiosoite	Käkisalmenkatu 26
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	60200 Seinäjoki
Päivämäärä / Kellonaika	20.1.2010 15:24
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	5.6m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittausyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	pääovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0.5m
Nettovolumi - m <sup>3</sup>	412
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	144
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	424

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset	
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:	
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:	
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: ilmanvaihto LTO:lla	
BC21-huomautus:	

Kuvio 10. Mittauspöytäkirjan sivu 1.

Mittauspöytäkirjan sivulla 2 (Kuvio 11) on tietoja mitattavan rakennuksen rakenteellisista ominaisuuksista. Siinä on kuvattu rakennuksen rakentamistapa, ilmantii-  
viyden varmistavan kerroksen sijainti rakenteessa ja rakennuksen valmiusaste  
mittaushetkellä.

---

**Ilmatiivyyden mittaaminen**


---

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suuelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrynsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiitit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei

Kuvio 11. Mittauspöytäkirjan sivu 2.

Mittauspöytäkirjan sivulla 3 (Kuvio 12) on tarkastuslista standardin SFS-EN 13829 mukaisista toimista, jotka täytyy olla hoidettuna ennen mittauksen aloitusta. Siihen on listattu tarkistettavaksi esimerkiksi rakennuksen valmistelu, kuten ulko-ovien ja ikkunoiden sulkeminen ja sisäovien aukaiseminen mittausta varten.

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennuksenvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemäriputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuuletin ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtoveniilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

Kuvio 12. Mittauspöytäkirjan sivu 3.

Mittauspöytäkirjan sivulla 4 (Kuvio 13) on tila vuotokohtien kuvaukselle. Siihen voidaan tehdä merkintöjä vuotokohtien sijainnista rakennuksessa sekä mahdollisia parannusehdotuksia.



---

**Ilmatiivyyden mittaaminen**


---

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>

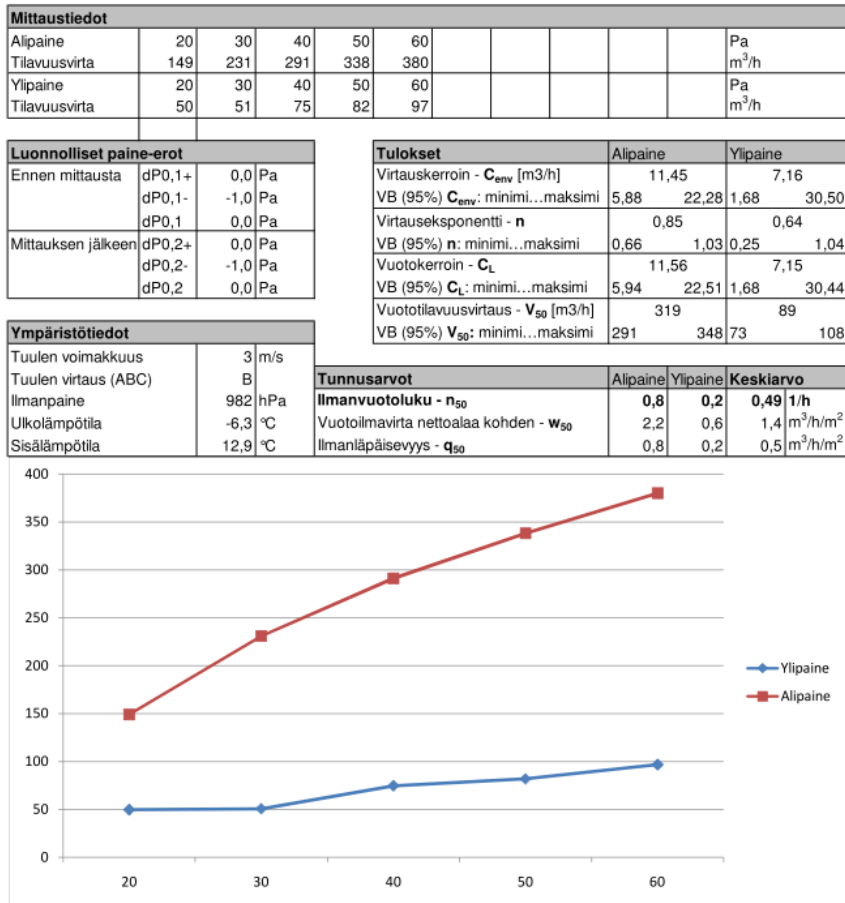
Kuvio 13. Mittauspöytäkirjan sivu 4.

Mittauspöytäkirjan sivulle 5 (Kuvio 14) kirjataan mitatut tilavuusvirrat eri paine-eroissa sekä muita mittauksen aikaisia tietoja, kuten ulko- ja sisälämpötilat ja ilmanpaine. Sivulla 5 on myös taulukko, jossa on esitetty käyrät tilavuusvirroista.

## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21



Kuvio 14. Mittauspöytäkirjan sivu 5.

Mittauspöytäkirjan sivu 6 (Kuvio 15) sisältää mittauksen virhetarkasteluosuuden. Tässä kohdassa ohjelma laskee automaattisesti yksittäisvirheiden perusteella kokonaisvirheen prosenttiarvon.

---

**Ilmatiivyyden mittaaminen**


---

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtausmittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	14 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	15 %	
$w_{50}$	15 %	
$q_{50}$	15 %	

Kuvio 15. Mittauspöytäkirjan sivu 6.

Mittauspöytäkirjan viimeisellä sivulla (Kuvio 16) on todistus mitatun rakennuksen ilmantiivyydestä. Siinä on yhteenveto mitatun rakennuksen tiedoista, mittausajankohdasta ja tärkeimpänä saavutettu  $n_{50}$ -arvo.

## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti  
Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Luomanperä  
Käkisalmenkatu 26  
60200 Seinäjoki

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

20.1.10 15:24

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 0,49 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiivisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2010	Joni Leppäharju	

Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut  
SEINÄJÖEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorionsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/ikpalvelut

Kuvio 16. Mittauspöytäkirjan sivu 7.

## 4.2 Ilmanvuotoluku $n_{50}$ :n arvot

Taulukossa 1 on esitetty mitattujen kohteiden ilmanvuotoluvut. Tarkemmat yksityiskohdat mittausten tiedoista on esitetty liitteenä olevissa pöytäkirjoissa (liitteet 1-7). Mittausten tuloksissa on melko suuria vaihteluita, joista osa selittyy sillä, että talot 6 ja 7 eivät olleet mittaushetkellä täysin valmiina kaikilta osin. Niissä jouduttiin tekemään väliaikaisia tiivistyksiä esimerkiksi väliaikaisiin oviin, joka oli melko hankalaa, koska pintoihin ei ollut mahdollista kiinnittää mitään esimerkiksi ruuveilla,

eivätkä myöskään teipit kiinnittyneet kovin hyvin. Taloissa 6 ja 7 huomattiin myös vasta mittauksen aikana, että kaikkien ikkunoiden tiivistystä ei ollut vielä tehty valmiiksi, joten nämä seikat vaikuttivat tuloksiin sen verran, että ne eroavat muusta joukosta. Talo 1 eroaa tulokseltaan myös aika paljon muusta joukosta. Lämpökuvissa löytyi vuotokohtia hieman enemmän kuin muista taloista. Tiivistys on kaikissa kohteissa toteutettu höyrynsulkukalvolla.

Mittaukset suoritettiin sekä yli- että alipaineessa. Mittauspöytäkirjoissa olevista vuotoilmakäyristä nähdään ilmanvuotoarvot eri paine-eroissa. Alipaineessa vuoto oli joka kohteessa suurempaa kuin ylipaineessa. Taulukossa olevat arvot ovat mittauksen yli- ja alipainetulosten keskiarvoja, jotka ohjelma laskee automaattisesti.

Mittaustulosten tarkkuudesta on mainittu RT 80-10974 ohjekortissa, jossa todetaan mittaustarkkuuksissa esiintyvän suurtakin vaihtelua laitteistosta riippuen alle 1,5 l/h tiiviiden saavuttavissa kohteissa. Tämän perusteella tulee mittaustuloksiin suhtautua varauksella, varsinkin talojen 2 ja 4 osalta (RT 80-10974. 2009. 13).

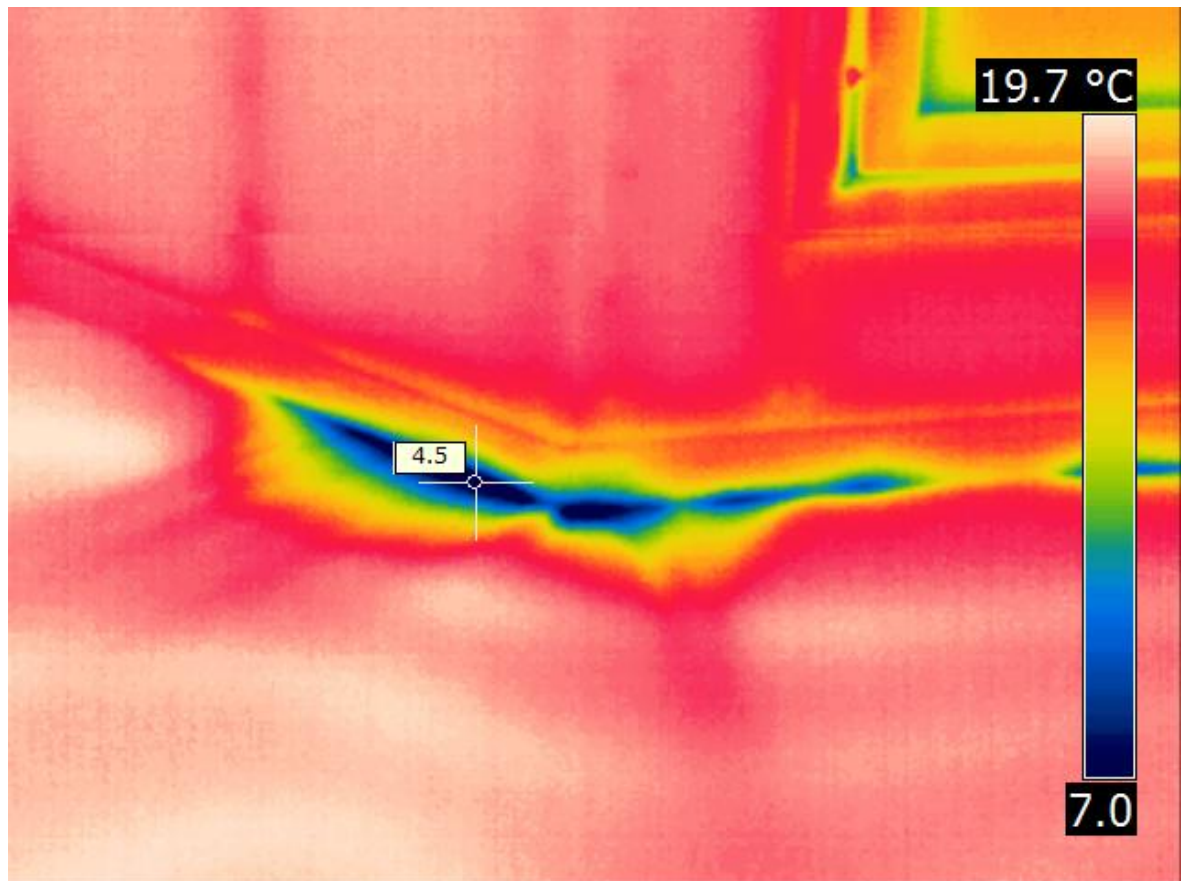
Taulukko 1. Ilmanvuotolukujen arvot.

Kohde	n <sub>50</sub> -luku
talo 1	2,11
talo 2	0,49
talo 3	1,38
talo4	0,54
talo 5	1,03
talo 6	1,95
talo 7	1,51

### 4.3 Ongelmakohdat rakenteissa

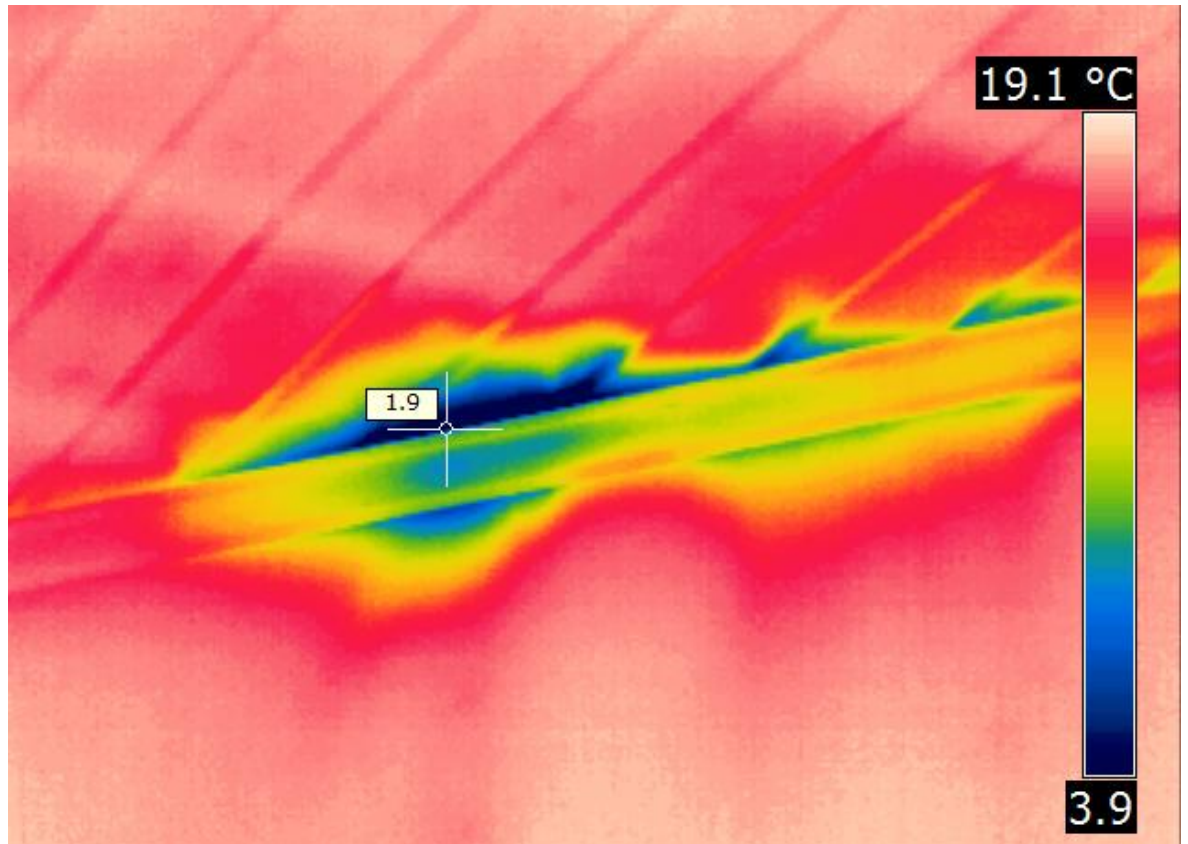
Mittauksissa havaittiin muutamia rakenteellisia yksityiskohtia, joissa ilmanvuoto oli suurempaa. Erityisesti elementin liittymiskohta perustuksiin oli useissa kohteissa sellainen kohta, jossa erityisesti alipaineen aikana oli havaittavissa lämpökuvissa ja jossain kohdin myös käsin tunnustelemalla kylmä ilmavirtaus. Kuvio 17 on 50 Pa:n alipaineessa otettu lämpökuva talon 5 olohuoneesta. Kuvasta voidaan selkeästi huomata, että seinän alaosan tiivistys ei ole täysin onnistunut. Todennäköisesti tiivistyksen epäonnistuminen johtuu siitä, että alajuoksun alla ei polyuretaanieriste ole täyttänyt kokonaan sille varattua tilaa, vaan sinne on jäänyt onkaloita. Ilmavirta alajuoksun alta oli myös käsin tunnustelemalla hyvin huomattavissa. Luulta-

vasti rakenne toimii kuitenkin normaalitilanteessa ihan hyvin, koska tällöin ei noin suurta alipainetta pääse syntymään.



Kuvio 17. Seinän ja lattian liitos.

Muutamissa taloissa esiintyi ongelmia myös höyrynsulkukalvojen teippauksissa, jotka eivät kaikissa kohdissa olleet täysin tiiviitä ja tämä huomattiin alipaineessa. Kuviossa 18 on nähtävissä ongelmakohta, jossa todennäköisesti teippausta ei ole saatu riittävän tiiviiksi.



Kuvio 18. Seinän ja katon liitos.

Mittauksissa huomattiin myös, että sellaiset kohdat, joissa usein esiintyy tiiviysongelmia, olivat mitatuissa taloissa todella tiiviit. Tällaisia kohtia ovat ikkuna- ja ovikarmien liittymiskohdat rakennuksen runkoon. Näihin kohtiin on Teema Talot Oy:ssä panostettu jo liitoksen suunnittelussa.

#### 4.4 Talovalmistajan talotyyppikohtaisen ilmanvuotoluvun laskenta

Yhtenä tärkeänä osana opinnäytetyötä oli saada Teema Talot Oy:n yksikerroksisille taloille talotyyppikohtainen ilmanvuotoluku. Talotyypin määritelmä on kerrottu luvussa 2.5.



Talotyyppikohtaisen ilmanvuotoluvun laskentaan mitatuista taloista soveltuivat yksikerroksiset rakennukset, joita olivat talot 1–5. Talot 6 ja 7 jäivät talotyyppikohtaisen ilmanvuotoluvun laskennan ulkopuolelle.

Laskentaan otettiin mukaan myös yksi aiemmin mitattu rakennus. Tämän talon mittauksen oli tehnyt Oulun seudun ammattikorkeakoulun toimesta. Aiempi mittaus on tehty osana Teema Talot Oy:n ja PAROC Oy Ab:n tutkimusta, jossa tutkittiin Teema Talot Oy:n passiivitalotuotantoa. Rakennus voitiin ottaa mukaan talotyyppikohtaisen luvun laskentaan, koska se on toteutettu ilmantiiyden kannalta samantapaisiin rakenneratkaisuihin. Kyseisen talon mittaus on suoritettu ainoastaan alipaineisessa tilassa ja mittaustuloksena saatu ilmanvuotoluku  $n_{50}$  on 0,4 1/h. (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2009.)

Laskelmat suoritettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmalla RT 80-10974 mukaisesti kaavalla (2).

Taulukossa 2 on esitetty laskelman tulokset. Talovalmistajakohtaiseksi  $n_{50,ilm}$  luvuksi Teema Talot Oy:n yksikerroksisille taloille saatiin  $n_{50,ilm}=1,55$  1/h. Teema Talot Oy voi käyttää tätä lukua seuraavat kolme vuotta.

Taulukko 2.  $n_{50,ilm}$ -luvun laskentatulokset.

$n_{50,ka}$	0,99
k	0,84
$S_{n50}$	0,66
<b><math>n_{50,ilm}</math></b>	<b>1,55</b>

Liitteessä 8 on selvitys laskennassa käytetyistä kaavoista sekä RT 80-10974:n vaatimista taustaselvityksestä, jossa on esitetty

- talotyyppi
- liitokset ja detaljit
- rakennustapa
- rakennusmateriaalit
- rakennusprosessi ja työmaavalvonta.

Laskennassa saatua  $n_{50,ilm}$ -lukua voidaan pitää kohtuullisen hyvänä. Tätä lukua energiatodistuksen laskennassa käyttämällä saadaan tulevat talot parempaan energiatodistusluokkaan kuin jos käytettäisiin ilmanvuotolukuna normaaliarvoa 4 1/h.

#### 4.5 Tulosten analysointi

Yleisesti ottaen mitatut kohteet olivat tiivydeltään melko hyviä. Mitatuista kohteista kuusi täytti vuoden 2010 energiamääräyksissä asetetun ilmanvuotoluku  $n_{50}$ :n vertailuarvon 2,0 1/h ja ainoastaan yksi kohde seitsemästä mitatusta ei aivan päässyt tämän alle. Toisaalta mitattujen rakennusten kohdalla on vielä käytettävä vanhojen määräysten ilmanvuotoluvun  $n_{50}$  vertailuarvoa 4,0 1/h, sillä niiden rakennuslupa on haettu vanhojen määräysten aikana. Tähän verratessa rakennukset täyttävät vertailuarvon helposti.

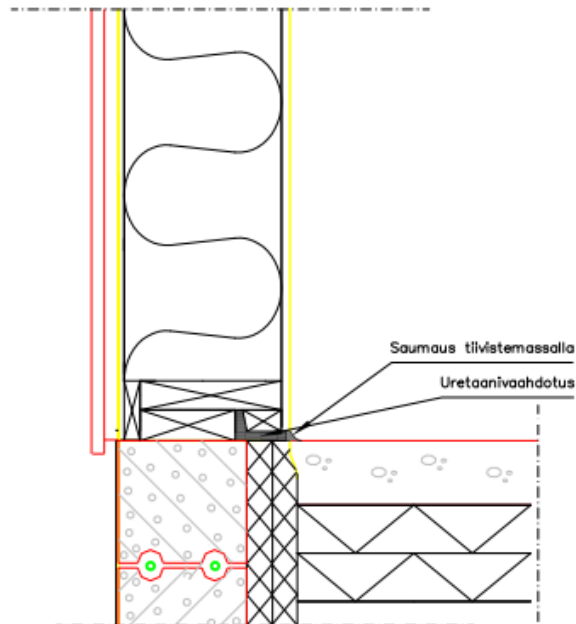
Kuitenkin Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennusten ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun  $n_{50}=1$  1/h arvoa. Tähän arvoon mitatuista rakennuksista pääsi ainoastaan kaksi taloa. Kaikki rakennukset on tehty ilmanpitävyyden kannalta samanlaisin rakenneratkaisuin, joten voidaan olettaa, että tiivistystyön huolellisuudella on yksistään suurempi merkitys kuin monimutkaisilla liitosratkaisuilla.

Myös lämpökuvausten yhteydessä löydetyt vuotokohtat rakenteissa olivat sellaisia, että niiden muodostumiseen voidaan vaikuttaa huolellisella työllä. Mielestäni mittaustulosten perusteella ei ole syytä lähteä muuttamaan rakenteita kovin suuresti ja tiivistysohjeessa (Liite 9) onkin esitetty ainoastaan pieniä parannusehdotuksia nykyisiin rakenneratkaisuihin.

## 5 TIIVISTYSOHJE

Liitteessä 9 on esitetty tiivistysohje Teema Talot Oy:n käyttöön. Tiivistysohjeessa on kuvattu liitosratkaisuja, joilla voidaan saavuttaa hyvä ilmanpitävyys. Liitosratkaisut suunniteltiin niiden ongelmakohtien perusteella, joita mittauksia tehdessä havaittiin. Kaikki tiivistysohjeessa olevat tiivistysehdotukset ovat sellaisia, että ulkoseinän ja perustusten liitosrakenne voidaan säilyttää entisen kaltaisena.

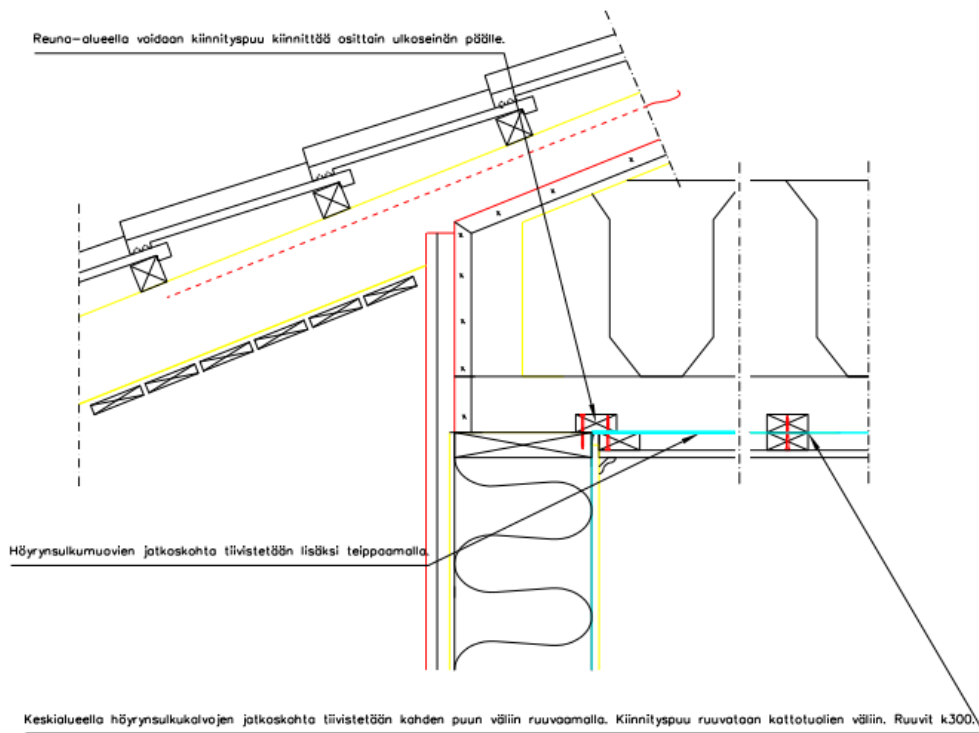
Liitoskohdista ulkoseinän ja perustusten välinen liitos oli sellainen, jonka kohdalla oli eniten tarvetta tiivistyksen parantamiseen. Tämä liitoskohta voidaan toteuttaa monella tapaa riippuen siitä, valetaanko lattialaatta ennen vai jälkeen seinän pystytyksen ja siihen on tiivistysohjeessa esitetty eri toteutusvaihtoehtoja. Liitos on aiemmin tarkoitettu tiivistettäväksi polyuretaanivaahdolla, joka vaahdotetaan sisäpuolelta seinän alareunasta sille varattuun tilaan. Tämä huomattiin kuitenkin mittauksen aikana sellaiseksi, että sinne jää helposti onkaloita, joihin polyuretaanivaahdotus ei mene. Liitos on kuitenkin luultavasti sellaisenaan melko tiivis, kunhan polyuretaanin vaahdotus tehdään huolellisesti. Lisäksi tiivistysohjeessa on esitetty, että vaahdotuksen jälkeen eriste leikataan hieman seinän alle ja tiivistys viimeistellään tiivistysmassalla. Kuviossa 19 on yksi vaihtoehto liitoskohdan tiivistyksen parantamiseksi.



Kuvio 19. Liitoksen tiivistysehdotus.

Toinen ilmanvuotokohta rakenteissa oli katon höyrynsulkukalvojen liitoskohdassa sekä katon höyrynsulkukalvon liitoksessa seinän höyrynsulkukalvoon. Näiden liitoskohtien tiivistys on aiemmin toteutettu höyrynsulkukalvon teippaamiseen tarkoitettulla teipillä. Kuitenkin joissain kohdissa voitiin havaita lämpökuvista, ettei teippaus ollut koko matkaltaan onnistunut. Tähän voi olla syynä esimerkiksi kulma-kohtat, joissa höyrynsulkukalvo on vaikea saada asetettua tasaisesti.

Liitoskohdan tiivyyden varmistamiseksi ehdotetaan kuvion 20 tapaista liitosta, jossa liitos toteutettaisiin puristusliitoksena ja sen lisäksi teipattaisiin. Tällöin voitaisiin varmistua myös liitoksen pitkäaikaiskestävyydestä.



Kuvio 20. Höyrinsulkukalvojen liitos.

Liitokset voidaan toteuttaa hyvin monella tavalla ja tiivistysohjeessa on vain muutamia esimerkkejä mahdollisista vaihtoehdoista. Jotkut liitosdetaljit ovat kuitenkin hankalia toteuttaa käytännössä, joten niiden käyttö tulee aina tarkastella tapauskohtaisesti niin, että saatava hyöty vastaa lopputuloksen eteen tehtävää työmäärää.

## 6 YHTEENVETO

Tutkimuksen tarkoituksena oli tehdä ilmantiiviysmittauksia Teema Talot Oy:n toimittamiin asuinrakennuksiin ja saada mittausten pohjalta tietoa rakenteiden toimivuudesta ilmantiiviyden kannalta. Lisäksi mittaustulosten perusteella voitiin saada Teema Talot Oy:n käyttöön talovalmistajakohtainen ilmanvuotoluku, jota he voivat käyttää esimerkiksi energiatodistuksen laskennassa ilman, että jokainen kohde täytyy mitata erikseen.

Mielestäni työssä saatiin kattavasti selville tietoa Teema Talot Oy:n toimittamien asuinrakennusten sekä niiden rakenteellisten yksityiskohtien toiminnasta ilmantiiviyden kannalta. Olemassa olevien rakenneratkaisujen todettiin olevan käytössä toimivia ja ratkaisuiltaan hyviä eikä näitä ole syytä lähteä muuttamaan. Rakenteiden monimutkaistaminen helposti johtaa moninkertaiseen työmäärään, mikä taas lisää virheiden mahdollisuutta. Ilmantiiviyden kannalta oleellisten rakenneosien asennustyön huolellisuuteen on kuitenkin syytä kiinnittää erityistä huomiota.

Mitattujen arvojen perusteella Teema Talot Oy:n yksikerroksisten asuinrakennusten talotyypille lasketusta  $n_{50,ilm}$ -arvosta tulee myös olemaan varmasti jatkossa hyötyä ja sitä käyttämällä saavutetaan rahallista säästöä, kun jokaista rakennusta ei tarvitse erikseen painekokeella mitata.

Yleisesti ottaen rakennusten ilmantiiviyteen voidaan vaikuttaa suhteellisen pienillä panostuksilla ja saada parannusta moneen rakennuksen ja rakennuksessa asuivien ihmisten kannalta tärkeään asiaan. Hyvä ilmantiiviyys takaa paremmat asuinolosuhteet, kun rakenteiden kautta sisäilmaan ei kulkeudu sinne kuulumattomia hiukasia eikä sisäilman kosteus pääse kostuttamaan rakenteita.

## LÄHTEET

- Aho, H. & Korpi, M (toim.) 2009. Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa. Tampereen teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 140. Tampereen Yliopistopaino Oy.
- Ilmanvirtaus ja paine-ero. 2008. [WWW-dokumentti]. Sisäilmayhdistys ry. [Viitattu 7.1.2010]. Saatavissa: [http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/ongelmien\\_tutkiminen/rakennustekniset\\_tutkimukset/ilmavirtaus\\_ ja\\_paine\\_ero/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/ongelmien_tutkiminen/rakennustekniset_tutkimukset/ilmavirtaus_ ja_paine_ero/)
- Kauppinen, T., Kouhia, I., Kovanen, K., Ojanen, T., Laamanen, J., Mäkikyrö, T., Seppälä, P & Vähäsöyrynkki, E. 2009. Rakennusten ilmanpitävyys ja energiatehokkuus. Teoksessa: J. Vinha & K. Lähdesmäki. Rakennusfysiikka 2009 Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut 27.-29.10.2009. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Kauppinen, T., Paloniitty, S., Krankka, J. 2007. Lämpökuvauksen käyttö rakennusten ja rakenteiden lämpötekniikan toiminnan selvittämisessä. Teoksessa: J. Vinha & M. Korpi. Rakennusfysiikka 2007: Uusimmat tutkimustulokset ja hyvät käytännön ratkaisut 18.-19.10.2007. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Oulun seudun ammattikorkeakoulu. 2009. Testausseloste OAMK- BS-062-09. Omakotitalon tiiveysmittaus.
- Ratu 1213-S. 2005. Rakennuksen lämpökuvaus. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 80-10974. 2009. Teollisesti valmistettujen asuinrakennusten ilmanpitävyyden laadunvarmistusohje. Helsinki: Rakennustieto.
- SFS-EN 13829. 2000. Thermal performance of buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method (ISO 9972:1996, modified). Suomen standardisoimisliitto: Helsinki.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 (2010). 2008. Rakennuksen lämmöneristys, määräykset. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma D3 (2010). 2008. Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. Helsinki: Ympäristöministeriö.



Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Aho, H., Salminen, M., Salminen, K & Keto, M. 2009. Asuinrakennusten ilmanpitävyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tampereen teknillinen yliopisto. Tutkimusraportti 140. Tampereen Yliopistopaino Oy.

## LIITTEET

**LIITE 1:** Mittauspöytäkirja talo 1

**LIITE 2:** Mittauspöytäkirja talo 2

**LIITE 3:** Mittauspöytäkirja talo 3

**LIITE 4:** Mittauspöytäkirja talo 4

**LIITE 5:** Mittauspöytäkirja talo 5

**LIITE 6:** Mittauspöytäkirja talo 6

**LIITE 7:** Mittauspöytäkirja talo 7

**LIITE 8:**  $n_{50,ilm}$ -luvun laskentamenettely sekä taustaselvitykset

**LIITE 9:** Tiivistysohje



## Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	101
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Talo 1
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	101
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	19.1.2010 15:00
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	5.5m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	OH:n ikkuna
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1,5
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	316
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	123
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	364

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: poistoilmalämpöpumppu
BC21-huomautus:

---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

---

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistysosalla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrynsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtventtiilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Ilmavuotopaikkoja seinän alaosassa.	MH, ulko-ovesta oikealla		Ei toimenpiteitä
Sähköjohdon läpivienti katosta	Pesuhuone		Ei toimenpiteitä

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

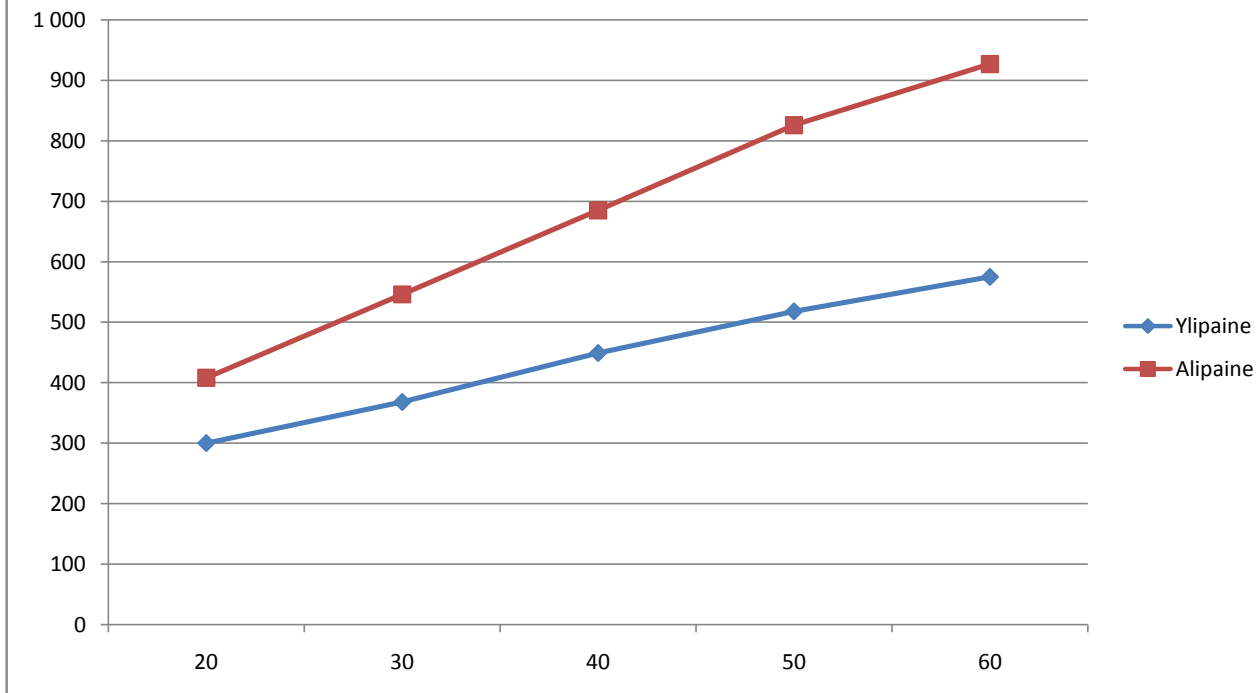
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	408	546	685	826	927						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	300	368	449	518	575						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	1,0	Pa
	dP0,1-	-3,0	Pa
	dP0,1	-1,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-2,0	Pa
	dP0,2	-1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	41,96		49,40	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	35,57	49,51	39,17	62,30
VirtausekspONENTTI - $n$	0,74		0,62	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,69	0,78	0,56	0,68
Vuotokerroin - $C_L$	43,32		49,74	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	36,72	51,11	39,44	62,72
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	769		566	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	751	788	550	583

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	3	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	1 029	hPa
Ulkolämpötila	-8,1	°C
Sisälämpötila	19,4	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	2,4	1,8	2,11	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	6,3	4,6	5,4	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	2,1	1,6	1,8	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	3 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	8 %	
$w_{50}$	8 %	
$q_{50}$	8 %	



## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Talo 1

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

19.1.10 15:00

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 2,11 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2009	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut



## Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	102
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Talo 2
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	102
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	20.1.2010 15:24
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	5.6m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	pääovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0,5m
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	412
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	144
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	424

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: ilmanvaihto LTO:lla
BC21-huomautus:

---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

---

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrinsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtotenttiilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

## Ilmatiiviyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Terassin ovi oikeassa alanurkassa vuotokohta	Olohuone		Tiivistyksen tarkastus

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

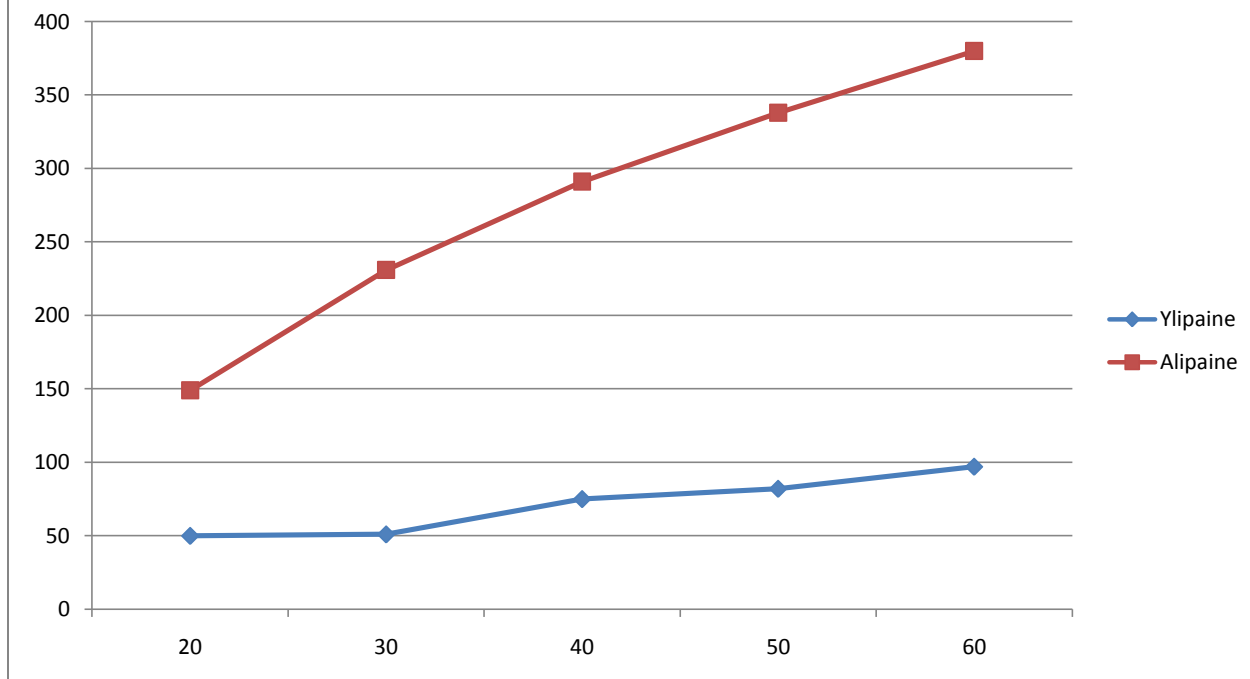
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	149	231	291	338	380						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	50	51	75	82	97						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-1,0	Pa
	dP0,1	0,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-1,0	Pa
	dP0,2	0,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	11,45		7,16	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	5,88	22,28	1,68	30,50
VirtausekspONENTTI - $n$	0,85		0,64	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,66	1,03	0,25	1,04
Vuotokerroin - $C_L$	11,56		7,15	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	5,94	22,51	1,68	30,44
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	319		89	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	291	348	73	108

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	3	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	982	hPa
Ulkolämpötila	-6,3	°C
Sisälämpötila	12,9	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	0,8	0,2	0,49	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	2,2	0,6	1,4	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	0,8	0,2	0,5	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	14 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	15 %	
$w_{50}$	15 %	
$q_{50}$	15 %	

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiiviydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Talo 2

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

20.1.10 15:24

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 0,49 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2010	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut





## Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	103
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Talo 3
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	103
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	8.2.2010 15:00
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	5.7m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittaustyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	OH:n ikkuna
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	354
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	137,5
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	410

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: Ilmanvaihto LTO:lla
BC21-huomautus:

---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

---

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistysosalla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrynsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	x
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtotenttiilit	
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Käyttöullakon luukku.	Olohuone		Tiivisteiden tarkastus
Ulko-oven oikean alareuna	Pääovi		Oven tiivisteiden tarkastus

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

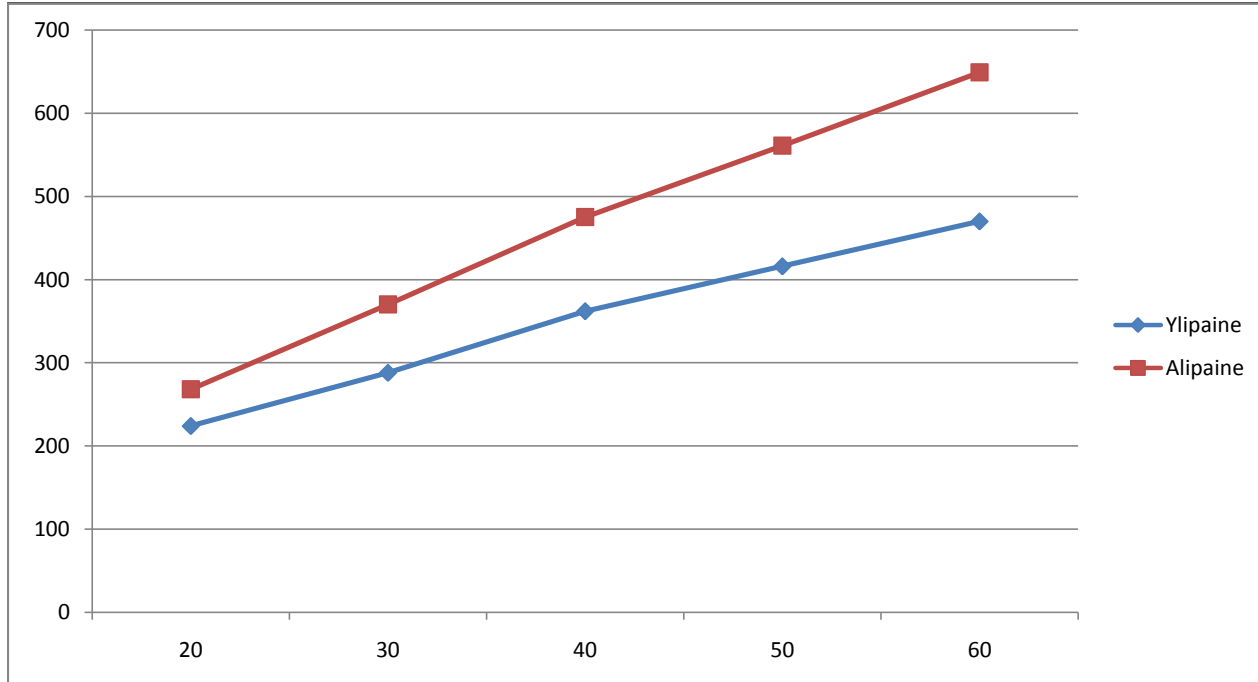
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	268	370	475	561	649						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	224	288	362	416	470						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-2,0	Pa
	dP0,1	-1,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-2,0	Pa
	dP0,2	-1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	25,05		27,87	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	22,74	27,60	23,07	33,67
VirtausekspONENTTI - $n$	0,78		0,70	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,76	0,81	0,65	0,75
Vuotokerroin - $C_L$	25,35		27,82	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	23,01	27,93	23,03	33,60
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	543		435	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	536	551	425	446

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	2	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	998	hPa
Ulkolämpötila	1,0	°C
Sisälämpötila	17,8	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	1,5	1,2	1,38	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	4,0	3,2	3,6	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	1,3	1,1	1,2	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviuden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	2,7%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	2 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	8 %	
$w_{50}$	8 %	
$q_{50}$	8 %	

## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Talo 3

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

8.2.10 15:00

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,38 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2009	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut



## Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	104
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Talo 4
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	104
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	8.2.2010 17:21
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	6,0m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittausstyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	terassin ovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0,5m
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	389,3
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	149,7
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	440,8

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	Kyllä
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: ilmanvaihto LTO:lla
BC21-huomautus:



---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

---

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistysosalla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrinsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtotenttiilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Seinien alaosissa ilmanvuotokohtia	Ulkoseinät		Tiivistys sisäpuolelta jos mahdollista

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

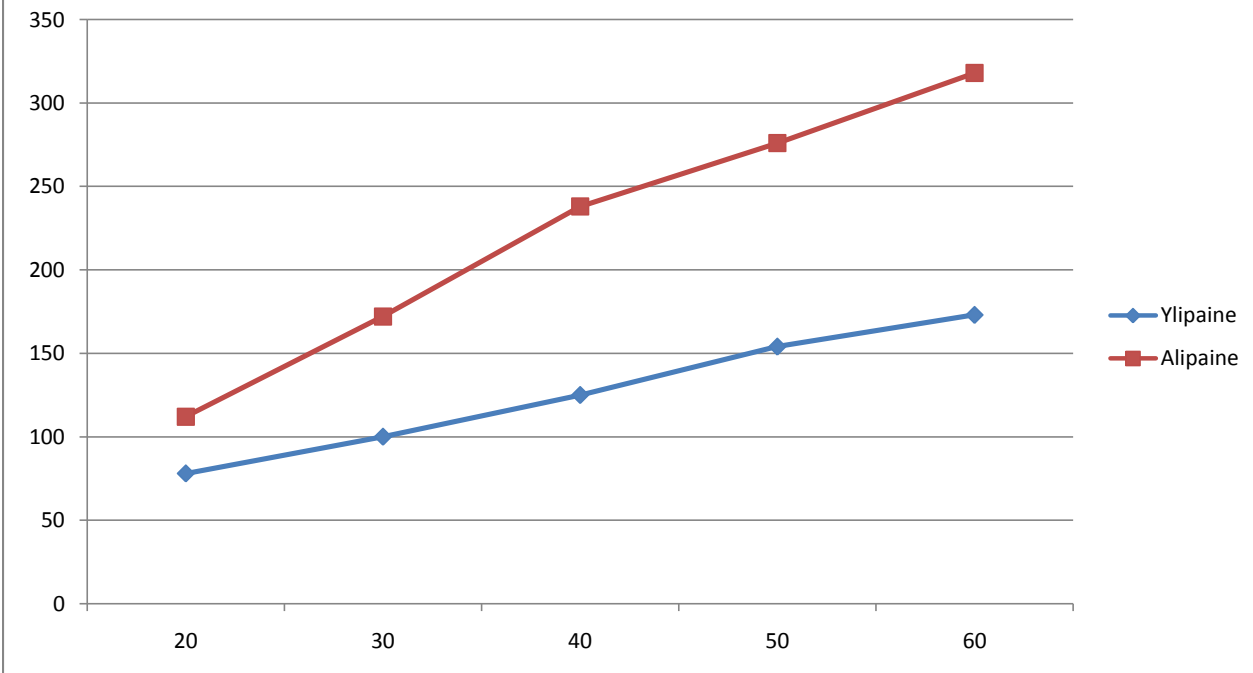
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	112	172	238	276	318						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	78	100	125	154	173						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-1,0	Pa
	dP0,1	0,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-1,0	Pa
	dP0,2	0,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	6,23		8,66	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	3,41	11,39	5,97	12,59
VirtausekspONENTTI - $n$	0,96		0,74	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,79	1,12	0,64	0,84
Vuotokerroin - $C_L$	6,23		8,53	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	3,41	11,39	5,87	12,39
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	265		155	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	244	287	148	163

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	3	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	943	hPa
Ulkolämpötila	4,3	°C
Sisälämpötila	16,8	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	0,7	0,4	0,54	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	1,8	1,0	1,4	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	0,6	0,4	0,5	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	7 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	8 %	
$w_{50}$	8 %	
$q_{50}$	8 %	

## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Talo 4

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

8.2.10 17:21

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 0,54 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2010	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut



## Ilmatiiviyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	105
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Talo 5
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	105
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	10.2.2010 17:44
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	5.34m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittaustyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	pääovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	1,0m
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	413,3
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	144,4
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	430,3

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot:
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: ilmanvaihto LTO:lla
BC21-huomautus:

---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

---

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrinsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtotenttiilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Ilmanvuotokohtia seinien alaosissa	MH:t, OH		Ei toimenpiteitä
Ilmanvuotokohtia katon höyrinsulussa	MH:t, OH		Ei toimenpiteitä

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

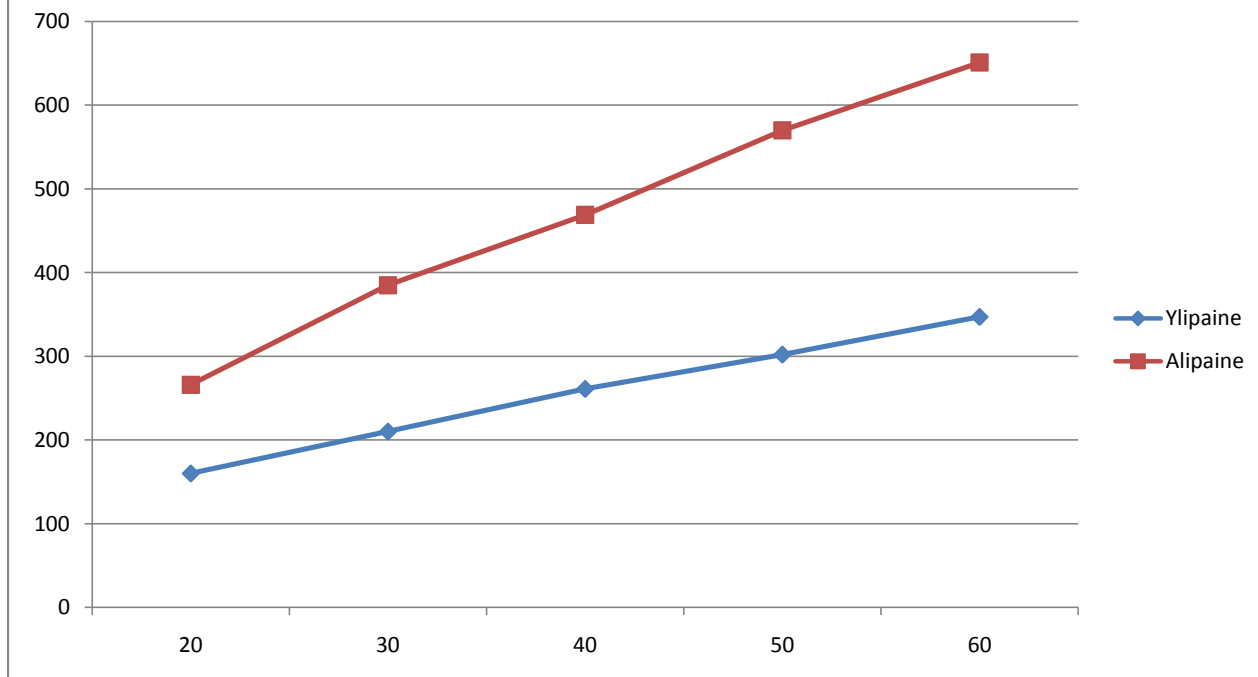
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	266	385	469	570	651						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	160	210	261	302	347						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-2,0	Pa
	dP0,1	-1,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-2,0	Pa
	dP0,2	-1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	24,08		19,39	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	19,09	30,36	17,54	21,44
VirtausekspONENTTI - $n$	0,79		0,73	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,72	0,85	0,70	0,75
Vuotokerroin - $C_L$	24,32		19,10	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	19,29	30,67	17,28	21,12
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	525		327	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	508	542	323	331

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	3	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	948	hPa
Ulkolämpötila	-10,6	°C
Sisälämpötila	17,0	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	1,3	0,8	1,03	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	3,6	2,3	2,9	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	1,2	0,8	1,0	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviuden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	2 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	8 %	
$w_{50}$	8 %	
$q_{50}$	8 %	

## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Talo 5

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

10.2.10 17:44

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,03 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2010	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut



## Ilmatiiviyyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	106
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	106
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	20.1.2010 19:06
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	7,2m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittaus tyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	pääovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0,5m
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	431
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	156,5
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	398

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Peuhuoneen seinä väliaikaisesti tiivistetty muovikalvolla
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: ilmanvaihto LTO:lla
BC21-huomautus:

---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

---

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistysosalla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrynsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	kyllä
Väliaikainen tiivistys tarpeen	ei

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtuventtiilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	x
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x



## Ilmatiiviyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Sisäpuolen eristyslevyjen pystysaumoista ilmapuotoa	1. krs.		Tiivistys saumavaahdolla
Seinän koolauspuu rikkonut höyrinsulkukalvon nurkassa.	2. krs.		Teippaus
Ilmanvaihtoputkien läpiviennit tiivistämättä	1. krs.		Tiivistys esim. teippaamalla
Sähköjohtojen läpiviennit tiivistämättä	1. krs.		Tiivistys esim. teippaamalla
Hormin läpiviennien ympärillä vuotokohtia	2. krs.		Tiivistyksen parannus esim. sullomalla villa paremmin hormin ympärille

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

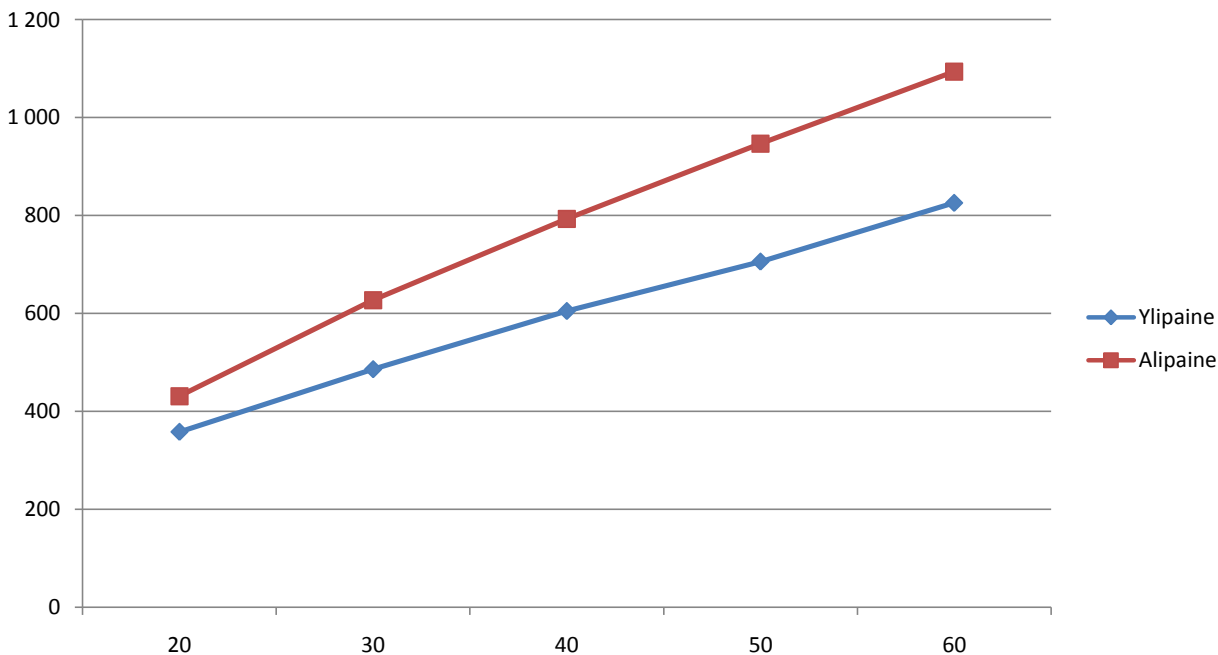
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	431	627	793	947	1 094						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	358	486	605	706	826						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-3,0	Pa
	dP0,1	-1,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-3,0	Pa
	dP0,2	-1,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	35,80		36,70	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	30,03	42,69	32,85	40,99
Virtausekponentti - $n$	0,82		0,78	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,77	0,87	0,75	0,81
Vuotokerroin - $C_L$	36,64		37,02	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	30,72	43,69	33,14	41,35
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	904		775	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	882	927	764	785

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	3	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	1 015	hPa
Ulkolämpötila	-13,5	°C
Sisälämpötila	9,8	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	2,1	1,8	1,95	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	5,8	4,9	5,4	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	2,3	1,9	2,1	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	3,1%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	2 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	2 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	8 %	
$w_{50}$	8 %	
$q_{50}$	8 %	

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiiviydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

20.1.10 19:06

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,95 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2010	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut



## Ilmatiivyyden mittaaminen, mittauspöytäkirja

Mittaustapa EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 1/7: Projektitiedot

Asiakas	
Asiakasnumero	107
Nimi / Yritys	Teema Talot Oy/Talo 7
Lähiosoite	
Postinumero ja -toimipaikka	

Projektitiedot	
Projektinumero	107
Rakennuksen lähiosoite	
Rakennuksen postinumero ja -toimipaikka	
Päivämäärä / Kellonaika	10.2.2010 12:13
Koneellinen ilmanvaihto (Kyllä / Ei)	Kyllä
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi	
Rakennusvuosi	2010
Rakennuskorkeus	7m
Mittauslaite	Wöhler BC 21 <b>WÖHLER</b>
Mittaus tyyppi - A / B	B
Mittauspaikka / Huoneisto	Koko talo
Asennuspaikka rakennuksessa	pääovi
Puhaltimen asennuskorkeus maasta - m	0,5m
Netttilavuus - m <sup>3</sup>	570,5
Nettopinta-ala - m <sup>2</sup>	205,2
Verhoilupinta-ala - m <sup>2</sup>	580,2

Vuotokohtien paikanmääritys	
Havainnointi BC 21:llä	Kyllä
Havainnointi valokuvaamalla	
Havainnointi lämpökameralla	Kyllä
Havainnointi kuumalanka-anemometrillä	
Havainnointi savupumpulla	

Lisätyöskentely	
Vuodon paikantaminen	
Jälkiparannuksen valvominen	

Huomautukset
Seuraavat poikkeukset EN 13829 standardiin:
Väliaikaisesti tiivistetyt aukot: Sivukaisten ovissa muovitus, teknisen tilan ovesa muovitus
Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteen tyyppi: ilmanvaihto LTO:lla
BC21-huomautus:

---

## Ilmatiiviyden mittaaminen

---

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 2/7: Rakenteelliset ominaisuudet

---

Rakennuksen rakentamistapa	
Tiili	
Solubetoni	
Kalkkikivi	
Puurunkorakennus	
Valmistalo	Teema Talot suurelementti
Muu	

Ilmatiiviiden tilojen tiivistystyyppi ja sijainti tiivistasolla	
Märkärappaus	
Laudoitus	
Kalvo	höyrynsulkukalvo
Puuaines	
Sisäpuolella	sisäverhouslevyn takana
Ulkopuolella	
Muuta	

Uudisrakennuksen tila mittaushetkellä	
Ilmativiit tilat valmiit	ei
Väliaikainen tiivistys tarpeen	kyllä

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 3/7: Tarkastuslista rakennusvalmisteluun

Mittausmenetelmä B- Mittaus käyttötilassa

Rakennuksen valmistelu mittausta varten	
Ulko-ovet ja ikkunat suljettuna	x
Ovet lämmittämättömiin kellareihin ja tiloihin suljettu	
Luukut ja ullakkoportaat suljettu	
Sisäovet lämmitetyissä tiloissa auki	x
Lattiakaivot tiivistetty tai täytetty vedellä	x
Viemariputkien tuuletusaukot tiivistetty	x
Tuhka avoimista takoista poistettu	
Mekaaniset ilmastointilaitteet suljettu	x

Olemassa olevien ilmastointilaitteiden tiivistäminen	
Ulkoilmakanavat tiivistetty	
Tulo- ja poistoilma-aukot tiivistetty	x
Tuulettimen ilmanvaihtoputket tiivistetty	

Väliaikaiset tiivistykset	
Liesikupu	x
Postiluukku	
Savuhormissa olevat ilmanvaihtotenttiilit	x
Avotakka: Savupelti suljettu ja tuhkat poistettu	x
Umpitakka: Korvausilma-aukko suljettu	x

## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 4/7: Vuotopöytäkirjan tarkastuslista

<b>Vuodonpaikannus</b>	Alipaineessa	50 Pa
	Ylipaineessa	50 Pa

<b>Vuodon kuvaus</b>	<b>Huone/ kerros</b>	<b>Vuotovirtaus-m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Parannusehdotus</b>
Ikkunat osaksi tiivistämättä	Porrashuone		Tiivistys suunnitelman mukaisesti



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 5/7: Mittaustulokset Wöhler BC 21

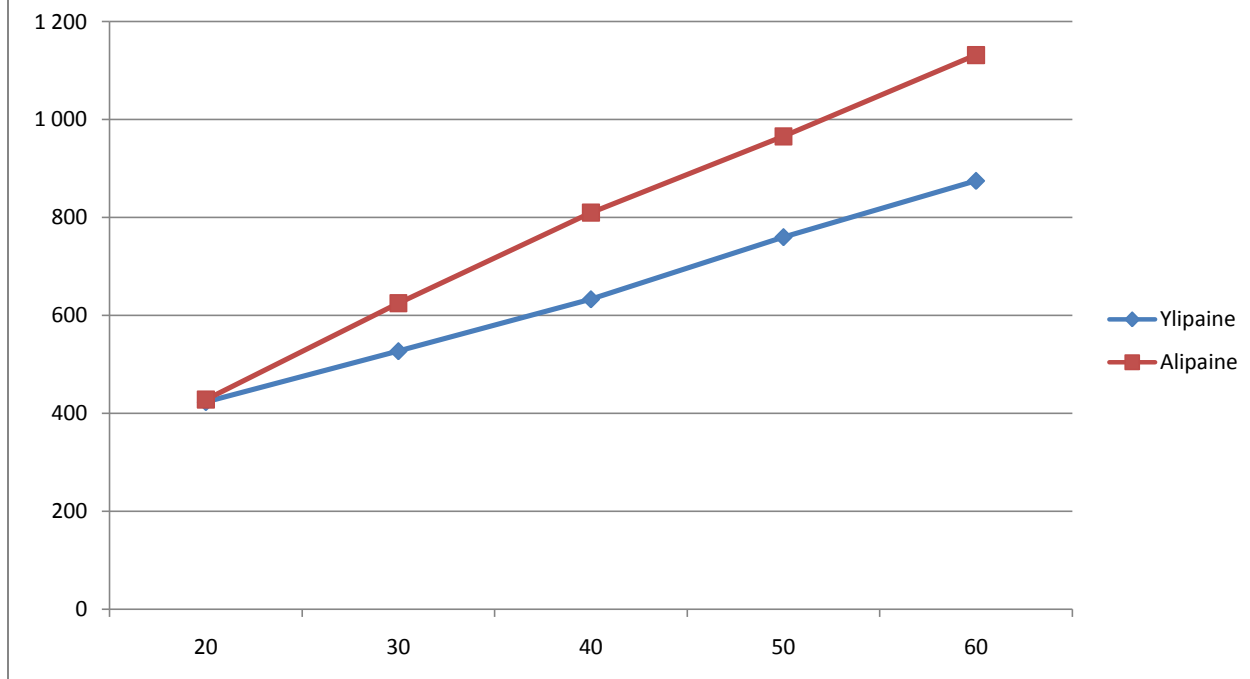
Mittaustiedot											
Alipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	428	625	810	966	1 132						m <sup>3</sup> /h
Ylipaine	20	30	40	50	60						Pa
Tilavuusvirta	423	527	633	760	875						m <sup>3</sup> /h

Luonnolliset paine-erot			
Ennen mittausta	dP0,1+	0,0	Pa
	dP0,1-	-7,0	Pa
	dP0,1	-3,0	Pa
Mittauksen jälkeer	dP0,2+	0,0	Pa
	dP0,2-	-6,0	Pa
	dP0,2	-3,0	Pa

Tulokset	Alipaine		Ylipaine	
Virtauskerroin - $C_{env}$ [m <sup>3</sup> /h]	39,43		48,17	
VB (95%) $C_{env}$ : minimi...maksimi	36,12	43,05	32,72	70,91
Virtausekponentti - $n$	0,80		0,72	
VB (95%) $n$ : minimi...maksimi	0,78	0,83	0,62	0,83
Vuotokerroin - $C_L$	39,89		47,41	
VB (95%) $C_L$ : minimi...maksimi	36,54	43,55	32,20	69,80
Vuototilavuusvirtaus - $V_{50}$ [m <sup>3</sup> /h]	920		802	
VB (95%) $V_{50}$ : minimi...maksimi	907	933	768	837

Ympäristötiedot		
Tuulen voimakkuus	1	m/s
Tuulen virtaus (ABC)	B	
Ilmanpaine	965	hPa
Ulkolämpötila	-8,9	°C
Sisälämpötila	22,3	°C

Tunnusarvot	Alipaine	Ylipaine	Keskiarvo	
Ilmanvuotoluku - $n_{50}$	1,6	1,4	1,51	1/h
Vuotoilmavirta nettoalaa kohden - $w_{50}$	4,5	3,9	4,2	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>
Ilmanläpäisevyys - $q_{50}$	1,6	1,4	1,5	m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup>



## Ilmatiiviyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 6/7: Virhetarkastelu

Yksittäisvirheet		
Tilavuusvirtamittaus	7 %	max. virhe EN 13829 standardin mukaan
Rakennuspainemittaus	2,6%	Virhe painemittauksessa < 2Pa
Tiheyskorjaus	2 %	2%, jos ilmanpaine mitattu, muuten 5%
Vuotovirta	3 %	halbes mittl. Vertrauensintervall von $V_{50}$
Venttiili ominaisuudet	0 %	0%, jos yli- ja alipainemittaus, muuten 7%
Sisätilavuus	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Nettopohjapinta-ala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%
Verhoiluala	3 %	3%, jos EN 13829 mukaan määrätty, muuten 12%

Yksittäisvirhe tuulenvirtauksessa		
Tuuli / Lämpökuvaus	0 %	EN 13829 olevan liitteen mukaan rakennuksen painemittauksessa otetaan huomioon

Kokonaisvirhe		
$n_{50}$	8 %	
$w_{50}$	8 %	
$q_{50}$	8 %	

## Ilmatiivyyden mittaaminen

EN 13829 standardin mukaisesti

Sivu 7/7: Todistus

# Todistus

rakennuksen ilmatiivyydestä

Mitattu rakennus / kohde:

Teema Talot Oy/Talo 7

Mittaus suoritettiin seuraavana ajankohtana:

10.2.10 12:13

tällöin saavutettiin tilavuutta kohden ilmanvuotoluvun arvo:

$n_{50} = 1,51 \text{ 1/h}$

(vastaa ulko- ja sisätilojen välillä vallitsevassa 50 Pascalin paine-erossa mitattua tilavuusvirtaa - mittaus kohdistuu lämpimiin/ ilmatiiviisiin tiloihin, EnEv Liite 4, Luku 2)

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C3 suositetaan, että rakennuksen ilmanpitävyyden tulisi olla lähellä ilmanvuotoluvun arvoa  $n_{50}=1 \text{ 1/h}$

Tämä rakennus vastaa määräyksen vaatimuksia.

Huomautus: Tämä mittaustulos ei sulje pois (peitä) puutteita rakentamisessa.

Paikka, Päiväys	Mittauksen tekijä	Allekirjoitus / leima
Seinäjoki, 5.3.2010	Joni Leppäharju	

**Seamk tutkimus- ja kehittämispalvelut**  
SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU



Tekniikka  
Törnäväntie 26, 60200 Seinäjoki  
Laboratorioinsinööri Jorma Tuomisto  
puh. 020 124 5324, 040 830 4159  
fax 020 124 5301  
jorma.tuomisto@seamk.fi  
www.seamk.fi/tkpalvelut

RT-10974 TEOLLISESTI VALMISTETTUIJEN ASUINRAKENNUSTEN  
ILMANPITÄVYYDEN LAADUNVARMISTUSOHJE.

Teema Talot Oy

Laskentakaavat

$$n50, ilm = n50, ka + k * Sn50$$

$$k = 0,674 + \frac{1}{\sqrt{n}}$$

$$Sn50 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (n50, i - n50, ka)^2}{n - 1}}$$

$$n50, ka = \frac{\sum_{i=1}^n (n50, i)}{n}$$

kohteiden määrä (n)

6

n50,1  
n50,2  
n50,3  
n50,4  
n50,5  
n50,6  
keskiarvo

talo1  
talo2  
talo3  
talo4  
talo5  
talo6

Mitatut arvot

2,11  
0,49  
1,38  
0,54  
1,03  
0,4  
0,99

k

0,84

Sn50

0,66

Talovalmistajakohtainen ilmanvuotoluku n50,ilm

1,55

Seinäjäjoki 2.3.2010

Joni Leppäharju

## **1 TALOTYYPPI**

Mitatut rakennukset ovat tyypiltään puurunkoisia ja yläpohja on toteutettu puurakenteisena.

## **2 LIITOKSET JA DETALJIT**

Liitosten ilmanpitävyys on toteutettu höyrinsulkukalvolla. Liitosdetalji 1 kuvaa seinän ja yläpohjan liittymiskohdan. Liitosdetalji 2 kuvaa seinän liittymisen perustuksiin.

## **3 RAKENNUSTAPA**

Teema Talot Oy suurelementti.

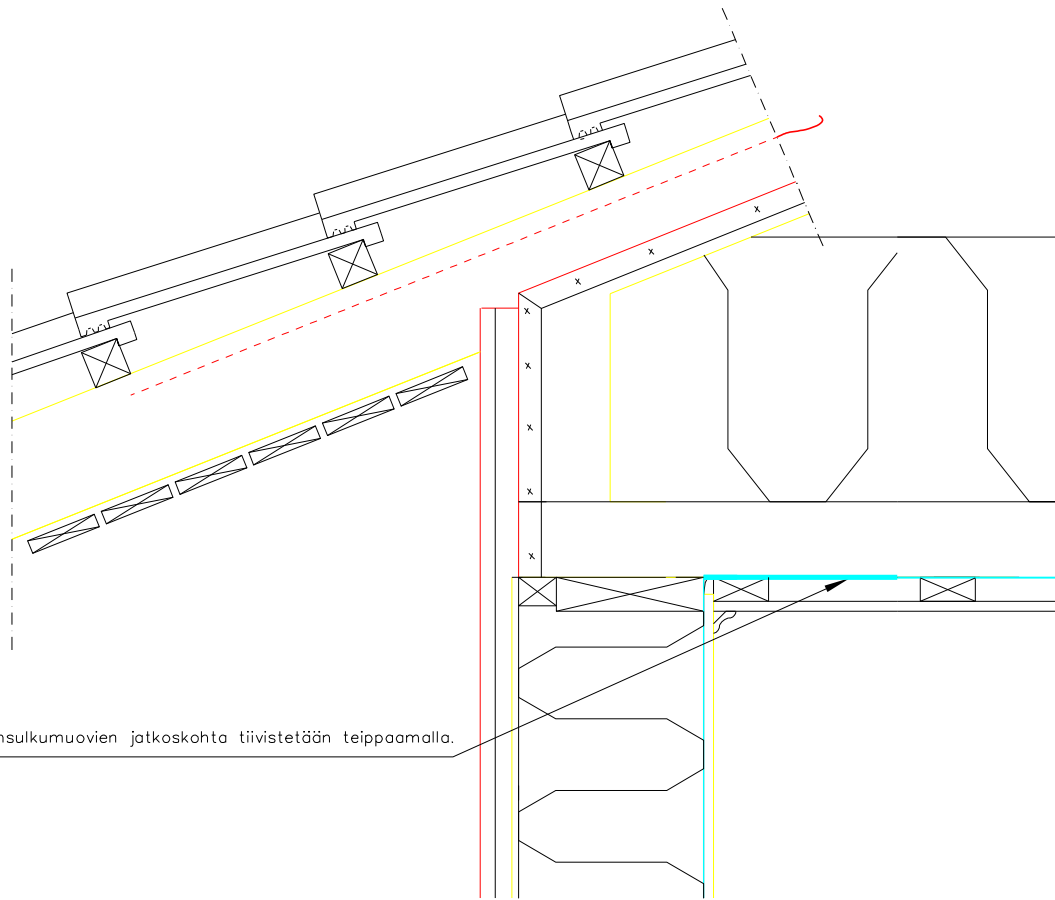
## **4 RAKENNUSMATERIAALIT**

Ilmanpitävä kerros toteutettu höyrinsulkukalvolla ja saumakohdissa käytetään höyrinsulkumuovin tiivistämiseen tarkoitettua teippiä.

## **5 RAKENNUSPROSESSI JA TYÖMAAVALVONTA**

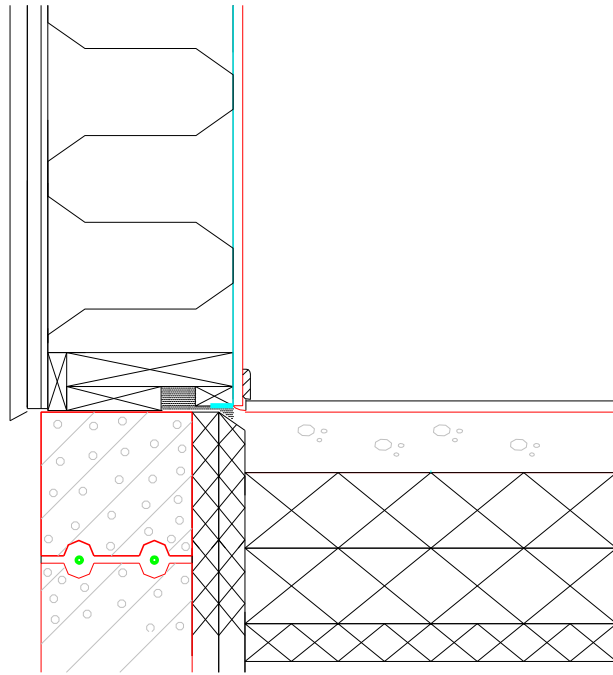
Teema Talot Oy pystyttää suurelementit ja ohjeistaa rakentajaa jatkossa ilmanpitävien liitoskohtien tekemisessä.

## Ulkoseinän ja katon höyrynsulkukalvojen liitos



Höyrynsulkumuovien jatkoskohta tiivistetään teippaamalla.

## Ulkoseinän ja kantavan betonilaatan liitos



## **1 TIIVISTYOHJE**

Tiivistysohjeet on laadittu sen perusteella mitä Teema Talot Oy:n talojen ilmatiiveysmittauksissa havaittiin. Tammi- ja helmikuussa 2010 tehtiin seitsemään Teema Talot Oy:n kohteeseen ilmatiiveysmittauksia ja kohteet myös kuvattiin lämpökameralla.

Tässä ohjeistuksessa on esitetty muutamia kohtia, joiden tiivistykseen tulee kiinnittää huomiota. Kaikki ratkaisut eivät välttämättä sovellu joka kohteeseen.

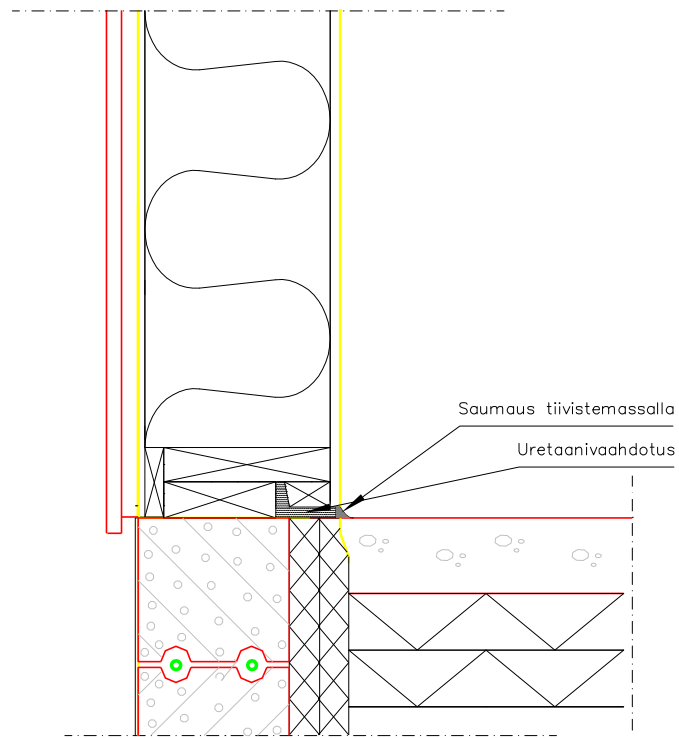
### **1.1 Ulkoseinän, perustusten ja betonilaatan välinen liitos**

Tässä liitoskohdassa etenkin on monia tapoja toteuttaa liitosten hyvä ilmanpitävyys. Ensimmäinen kuva on esimerkki siitä kuinka liitos voidaan tehdä, kun laatta valetaan ennen seinän pystytystä. Seinän alaosa täytetään uretaanivaahdolla. Yli paisuvat osat leikataan uretaanin kuivuttua ja seinän alaosa tiivistetään tiivistysmassalla. Tiivistämiseen voidaan käyttää esim. Sikaflex:in radon-tiivistykseen tarkoitettuja tuotteita. Ennen saumausta saumattava kohta puhdistetaan hyvin sekä primeroidaan.



24.2.2010 detalji 1

Ulkoseinän ja kantavan betonilaatan liitos. (kun laatta valetaan ennen seinän pystytystä)



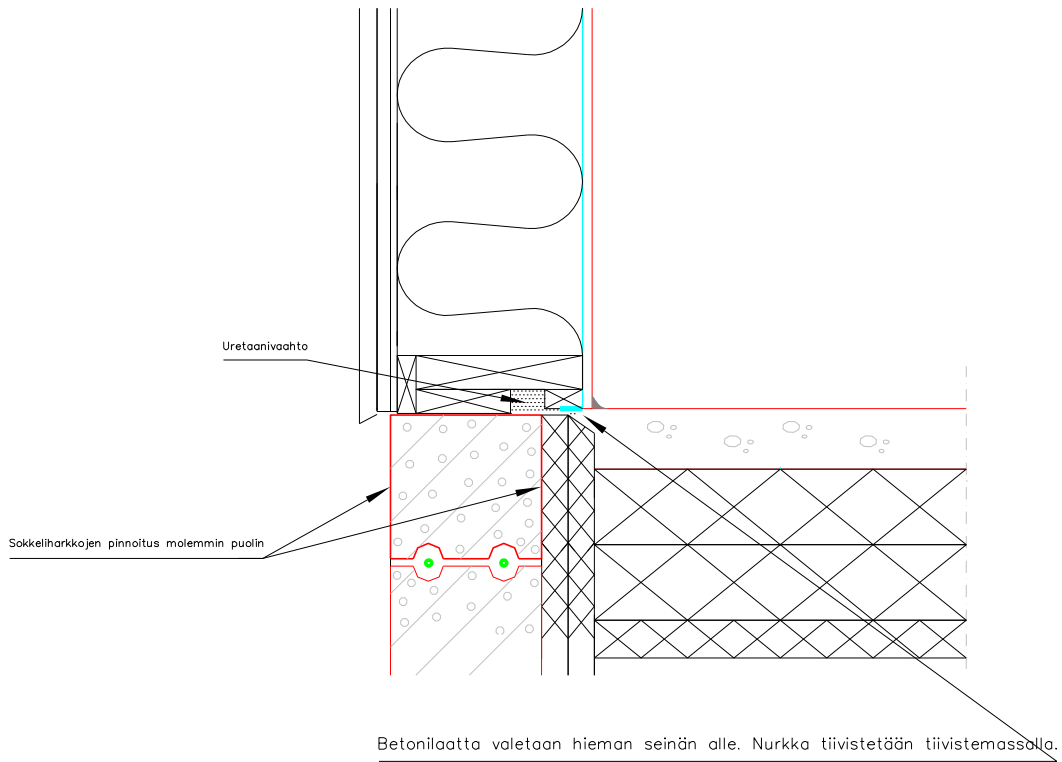
Elementin alaosa täytetään huolellisesti uretaanivaahdolla. Uretaani leikataan hieman seinälevyn alle viistoon ja saumataan tiivistemassalla.

Toisessa esimerkissä laatta valetaan seinän pystytyksen jälkeen. Sokkelin sisäpuolen eristyslevyä viistetään hieman niin, että betonilaatta voidaan valaa vähän matkaa seinän alle. Eristettä ei kuitenkaan saa viistää liikaa, ettei eristettä vasten valettava betonilaatta muodosta kylmäsiltaa. Viisteen suuruus riippuu eristeen ominaisuuksista, esim. uretaanilla on parempi erityskyky pienemmällä paksuudella.

Lopuksi seinän sisänurkka voidaan tiivistää samoin, kuin ensimmäisessä esimerkissä primeroimalla ja tiivistysmassalla.

24.2.2010 detalji 2

## Ulkoseinän ja kantavan betonilaatan liitos



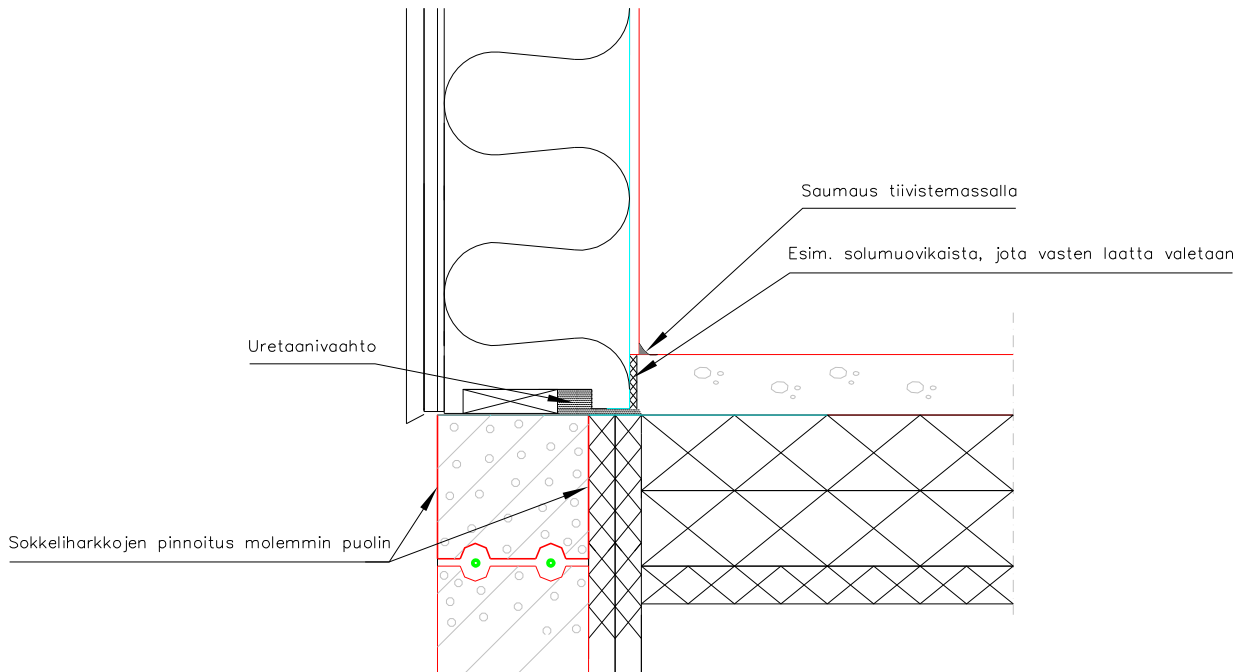
Sokkeliharkot suositellaan pinnoitettavan molemmin puolin tiiveyden varmistamiseksi.

Kolmas vaihtoehto on liitos, jossa betonilaatta valetaan reilusti ylemmäs kuin ulkoseinän alaosa. Tässä vaihtoehdossa voidaan viedä bitumikermi suoraan seinäelementin alaohjauspuun alta betonilaatan alle.

Laatan painuminen on otettava huomioon ja käytettävä elastista bitumikermiä tai asennettava bitumikermi sen verran löysästi, ettei pieni laatan painuminen sitä riko. Betonilaatta tulee valaa esimerkiksi solumuovikaistaa vasten. Tässäkin tapauksessa voidaan seinän sisänurkka tiivistää tiivistysmassalla, joka tiivistää betonilaatan kuivumisesta aiheutuvan raon.

24.2.2010 detalji 4

## Ulkoseinän ja kantavan betonilaatan liitos



Sokkeliharkot suositellaan pinnoitettavan molemmin puolin tiiveyden varmistamiseksi.

Bitumikermi viedään alaohjauspuun alta betonilaatan alle

## **1.2 Ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohta ja katon höyrynsulkukalvojen tiivistys**

Ulkoseinän ja yläpohjan liitoskohta sekä katon höyrynsulkukalvojen tiivistäminen on hyvä toteuttaa tiivistämällä höyrynsulkukalvot kahden puu väliin. Kuvan osoittamalla tavalla voidaan kiinnittää puu osittain ulkoseinäelementin päälle. Seinän ja katon höyrynsulkukalvot limitetään ja tiivistetään kahden puun väliin. Saumakohta tiivistetään lisäksi teippaamalla.

Katon höyrynsulkukalvojen jatkoskohdassa kiinnitetään kattoristikoiden väliin puu vastakappaleeksi. Höyrynsulkukalvot limitetään ja tiivistetään kahden puun väliin. Saumakohta tiivistetään lisäksi teippaamalla.



### **1.3 Ilmanvaihtoputkien läpivienti**

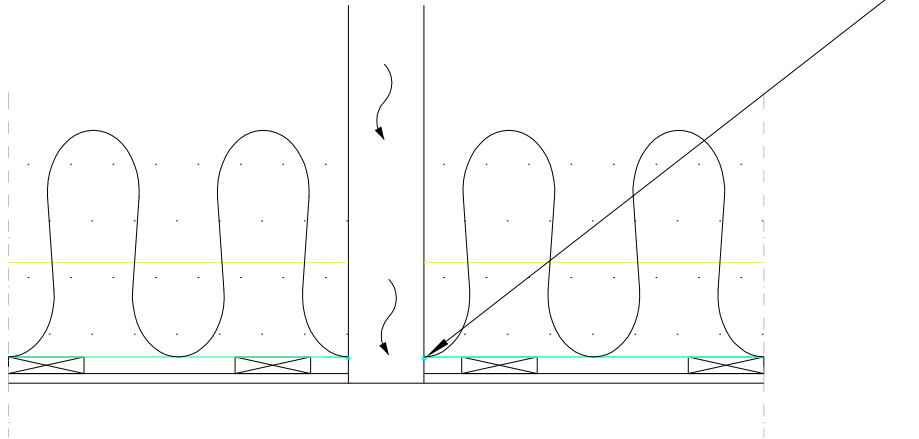
Ilmanvaihtoputkien tai muiden putkien ja sähköjohtojen läpivientiin katon höyrynsulusta voidaan käyttää detalji 5:n tapaista tiivistystä. Läpivientiä varten höyrynsulkukalvoon leikataan putken halkaisijaa hieman pienempi reikä. Lopuksi putken ympärille pujotetaan kauluspala, joka voi olla tähän tarkoitukseen tehty läpivientikappale tai voidaan myös leikata höyrynsulkukalvosta sopiva pala ja tehdä siihen putken halkaisijaa pienempi reikä. Tiivistys varmistetaan teippaamalla.



25.2.2010 detalji 5

## Ilmanvaihtoputken läpivienti

Putki tiivistetään erillisellä kauluspalalla, joka pujotetaan putken ympärille tiiviisti ja teipataan reunoistaan



Ilmanvaihtoputken läpivienti höyrynsulkukalvon läpi. Putkelle tehdään höyrynsulkukalvoon hieman putkea pienempi reikä niin, että putki pujotetaan kalvon läpi ja kalvo tulee tiiviisti putken ympärille.

Tiivistys varmistetaan leikkaamalla höyrynsulkukalvosta erillinen pala ja tekemällä myös siihen hieman putken ulkohalkaisijaa pienempi reikä. Tämä erillinen pala pujotetaan putken ympärille ja tiivistetään reunoilta höyrynsulkumuovin teippaamiseen sopivalla teipillä. Tiivistämisessä voidaan myös käyttää erillistä läpivientikaulusta.