

OMAKOTITALON ILMATIIVIYS ENNEN JA JÄLKEEN
ALAPOHJALAATAN TIIVISTÄMISTÄ

Kouri Kalle

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Kalle Kouri	Vuosi	2018
Ohjaaja	Petri Kuisma		
Työn nimi	Omakotitalon ilmatiiviys ennen ja jälkeen alapohjalaatan tiivistämistä		
Sivu- ja liitesivumäärä	22 + 16		

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, kuinka paljon betonisen alapohjalaatan reunoilla sijaitsevan ilmaraon tiivistäminen parantaa rakennuksen ilmatiiviyttä, kuinka paljon parantuneen ilmatiiviyden ansiosta säästetään energiakustannuksissa sekä soveltuuko elastinen tiivistysmassa keinoksi korjata ilmavuotoja sisältävän alapohjalaatan ja ulkoseinän välinen liitos. Tutkimusmenetelminä käytettiin ilmavuotomittauksia sekä arvioitiin alapohjalaatan muodonmuutoksia laskennallisesti.

Tutkimuskohteeksi valikoitu Rovaniemellä sijaitseva omakotitalo, johon oli tehty rakennusaikana ilmavuotomittaus ennen alapohjalaatan reunojen tiivistämistä. Alapohjalaatassa havaitut ilmavuodot oli sittemmin korjattu elastisella tiivistysmassalla. Rakennukseen suoritettiin ilmavuotomittaus uudelleen.

Ilmavuotoluku q_{50} oli ollut ennen korjausta $1,40 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Uudelleenmittauksessa ilmavuotoluvuksi saatiin $0,56 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Rakennuksen ilmanpitävyyden todettiin parantuneen merkittävästi korjausten johdosta. Lämmitysenergiantarve pieneni vuositasolla karkeasti arvioiden 550 kWh , mikä tarkoittaisi kahdenkymmenen vuoden aikana n. 1500 euron säästöä lämmityskustannuksissa.

Elastisen tiivistysmassan todettiin olevan mahdollinen korjaustapa, mikäli voidaan olla varmoja, ettei korjaussaumaan tule kohdistumaan jatkossa tiivistysmassan ominaisuuksiin nähden liian suuria liikkeitä. Uudiskohteissa tiivistystapa ei kuitenkaan ole suositeltava, koska se sisältää riskejä ja käytettävissä on myös luotettavampia menetelmiä.

Avainsanat

alapohjat, ilmanpitävyys, korjaus, routa, tiivistys

Technology, Communication and Transport
Degree Programme in Civil Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Kalle Kouri	Year	2018
Supervisor	Petri Kuisma		
Subject of thesis	Air Tightness of a Detached House after the Sealing of the Base Floor Slab		
Number of pages	22 + 16		

The aim of this thesis was to investigate how much the sealing of the base floor slab improves the air tightness of the building and how much can be saved in the costs. In addition, the objective was to find out if the use of elastic sealing mass is a proper repair method.

A detached house located in Rovaniemi was studied. In the past before the outer edges of the base floor slab had been sealed the building had been measured for air tightness. The leakages found had been repaired. The air tightness measurements were redone for this thesis. The research methods used were air leakage measurements and base floor slab transformation evaluations through calculations.

Before the repairs the air leakage rate q_{50} had been $1,40 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. The results from the second measurements after the repairs were $0,56 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Thus, the air tightness of the building had improved considerably. The required yearly heating energy had dropped roughly by 550 kWh, which would mean around 1500 € savings in a 20-year period. The elastic sealing mass was found to be a plausible repairing method if the slab transformations do not exceed the stretch capabilities of the sealing mass. However, it is not recommended to use this sealing method in new constructions as there are better and more reliable methods available.

Key words air tightness, base slab, ground frost, repair, sealing

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	ILMATIIVIYS	6
2.1	Rakennuksen ilmavirtaukset	6
2.2	Ilmatiiviyden merkitys	7
3	RAKENTEET	8
3.1	Alapohjarakenne	8
3.2	Alapohjalaatan muodonmuutokset	10
3.3	Elastinen tiivistysmassa	12
4	ILMATIIVYDEN MITTAUSMENETELMÄ	15
5	ILMATIIVIYSMITTAUSTEN TULOKSET	16
6	POHDINTA	18
6.1	Ilmatiiviyden muutos	18
6.2	Korjauksen vaikutus lämmityskustannuksiin	19
6.3	Elastisen tiivistysmassan soveltuvuus korjauskäyttöön	19
	LÄHTEET	21
	LIITTEET	22

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui tutkia Rovaniemellä osoitteessa Linnuntie 60 sijaitsevan rinteeseen rakennetun 2-kerroksisen omakotitalon alapohjalaatan reunojen tiivistämisen vaikutus rakennuksen ilmatiivyyteen. Kohteeseen oli tehty ilmavuotomittaus rakennusaikana helmikuussa 2010 Rovaniemen ammattikorkeakoulun toimesta. Rakennuksen vaippa oli tiivistetty huolellisesti lukuun ottamatta alapohjalaatan ja ulkoseinäharkon väliä, jonka tiivistäminen elastisella tiivistysmassalla oli haluttu siirtää myöhemmälle ajankohdalle. Betonin kuivuminen aiheuttaa laatan kutistumista sekä reunojen käyristymistä, joten tiivistysmassan liian aikainen asentaminen olisi todennäköisesti johtanut myöhemmin tiivistysnauman repeilyyn ja siten ilmavuotoreittien muodostumiseen.

Alapohjan ilmatiiviyys on tärkeässä roolissa estämässä maaperän hajun sekä mahdollisten terveydelle haitallisten mikrobin siirtymisen huoneilmaan. Myös radonkaasun pääasiallinen kulkureitti huoneilmaan tapahtuu alapohjan epäjatkuvuuskohtien kautta. Ilmatiiviydellä on merkitystä myös taloudellisessa mielessä, koska sisäilman vaihtuminen ohi lämmöntalteenotolla varustetun ilmanvaihdon aiheuttaa lisälämmityskustannuksia.

Tässä opinnäytetyössä arvioidaan alapohjan tiiviyden merkitystä tuleviin asuimiskustannuksiin sekä saadaan viitteitä, voisiko elastinen tiivistysmassa soveltua ilmavuotojen korjaustavaksi vanhan kokonaisuudessaan kuivuneen betonisen alapohjalaatan kohdalla.

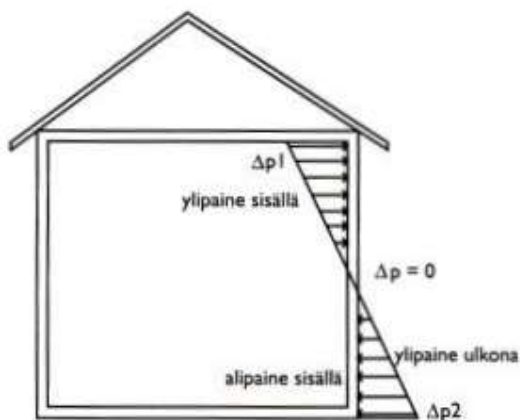
2 ILMATIIVIYS

2.1 Rakennuksen ilmavirtaukset

Rakennuksen sisä- ja ulkopuolen paine-erot sekä rakenteiden ilmatiiviys vaikuttavat rakennuksen vaipan läpi kulkeviin ilmavirtauksiin. Ilma pyrkii kulkemaan korkeammasta paineesta matalampaan. Painesuhteisiin vaikuttavia tekijöitä ovat käytännössä:

- sisä- ja ulkoilman lämpötilaero
- ilmanvaihto
- tuuli.

Ulko- ja sisäilman lämpötilaero aiheuttaa sitä suuremman paine-eron mitä suurempi lämpötilaero vallitsee. Kun huoneilma on ulkoilmaa lämpimämpää, vaikuttaa rakennuksen alaosassa alipaine ja rakennuksen yläosassa ylipaine. Ilmiötä kutsutaan ns. savupiippuefektiksi. Ulkoilma pyrkii vuotamaan rakennuksen alaosasta huonetilaan, kun taas rakennuksen yläosassa huoneilma pyrkii rakennuksesta ulos (Kuvio 1). Talvella ilmiö korostuu. Myös rakennuksen korkeus vaikuttaa paine-eroon. Mitä korkeampi rakennus, sitä suuremmat paine-erot. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)



Kuvio 1. Lämpötilaeroista aiheutuva painejakauma, kun huoneilma on ulkoilmaa lämpimämpää (Sisäilmayhdistys ry 2008)

Ilmanvaihdon tyyppi, säädöt sekä kunto vaikuttavat rakennuksen painesuhteisiin. Alapohjan kannalta ongelmallisoin ilmanvaihtotapa on koneellinen poisto etenkin, jos tuloilmareiteistä ei ole huolehdittu. Toinen voimakkaan alipaineen aiheuttaja voi olla tulopuhaltimen käyräohjauksella varustettu poistoilmalämpöpumppu, joka pudottaa tulopuhaltimen nopeutta ulkoilman lämpötilan laskiessa. Ilmatiiviyteen vaikuttavia tekijöitä ovat tyypillisesti rakenteiden saumat, halkeamat sekä lämpö-, vesi-, viemäri- ja sähköjärjestelmien läpiviennit. Hyvä ilmatiiviyys edellyttää huolellista rakentamista. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

2.2 Ilmatiivyyden merkitys

Heikko ilmatiiviyys aiheuttaa useita ongelmia. Ilman virratessa huoneilmaan kulkeutuu mukana epäpuhtauksia, kuten homeitiöitä sekä hajuhahtaa. Alapohjan läpi kulkeutuva vuotoilma voi tuoda mukanaan maaperän mikrobiperäistä hajua sekä aiheuttaa perustusten routimista, mikäli vuoto on suuri ja kylmä pakkasilma pääsee virtaamaan perustusten alapuolelta jäädyttäen routivan perusmaan. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

Huoneilman kulkeutuessa rakenteiden läpi voi ilmankosteus kondensoitua rakenteisiin heikentäen eristeiden eristyskykyä sekä aiheuttaa rakenteiden homeutumista. Eristyskyvyn heikkenemisen lisäksi hallitsematon ilman vaihtuminen ohi lämmöntalteenoton aiheuttaa tarpeettomia lisälämmityskustannuksia. Vertia Oy:n tekemässä tutkimuksessa todetaan tyypillisessä omakotitalossa heikon ja erinomaisen ilmatiivyyden eron tarkoittavan vuosittaisissa lämmityskustannuksissa n. 2300 kWh säästöä, mikä on rahassa mitattuna n. 320 euroa. Vertailun ilmapuotoluvuiksi q50 oli valittu luvut 4,0 ja 0,5. (Vertia Oy 2017.)

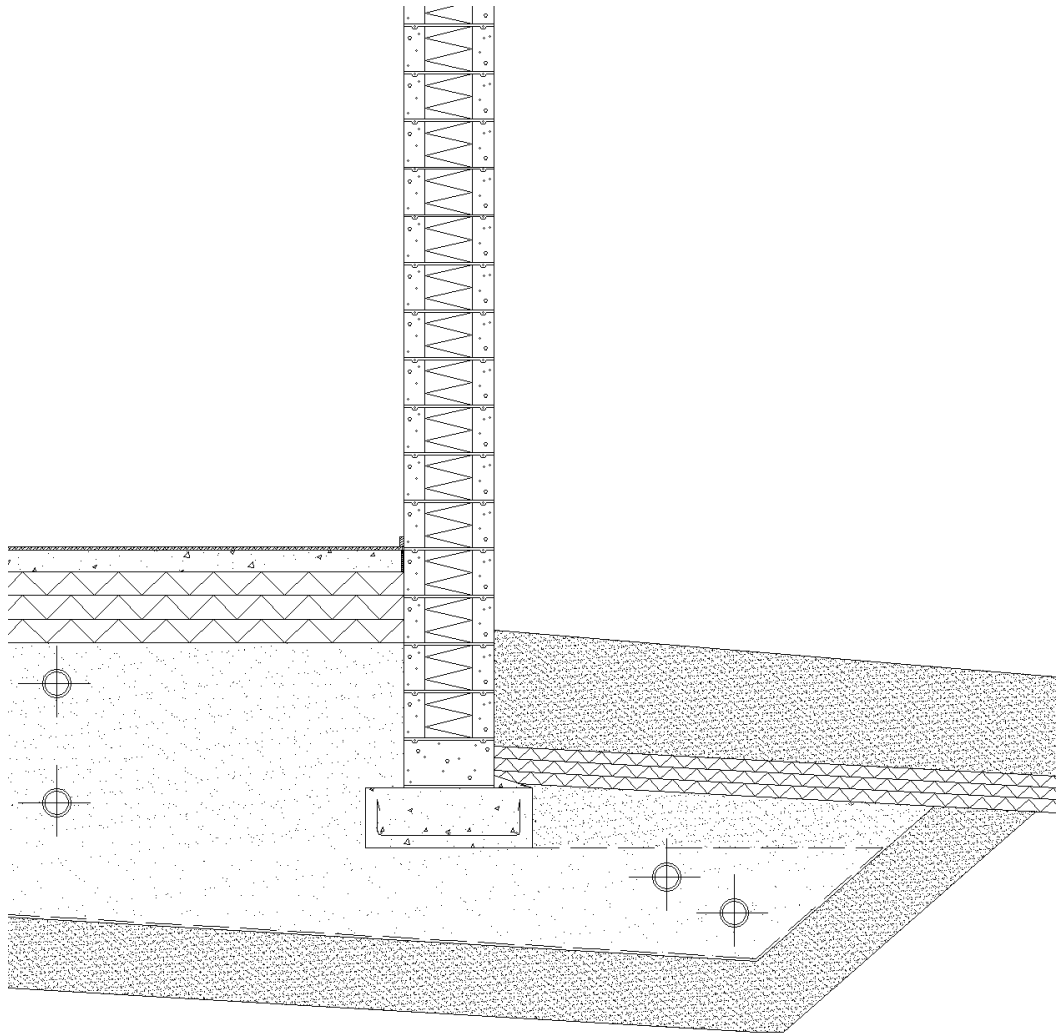
Ilmavuodot voivat aiheuttaa huonetilaan vetoisuutta heikentäen asumisviihtyvyyttä. Etenkin tuulen vaikutus voi olla merkittävä. Korkeat sekä korkealle rakennetut rakennukset sekä rakennukset aukeilla alueilla, kuten meren- sekä järvenrannalla, ovat erityisen alttiita tuulen vaikutukselle. Myös tulisijojen puutteellinen korvausilman saanti voi aiheuttaa vetoisuutta. (Sisäilmayhdistys ry 2008.)

3 RAKENTEET

3.1 Alapohjarakenne

Kohteen alapohjarakenteet (Kuvio 2) alhaalta ylöspäin:

- routimaton soramurske 300 mm
- suodatinkangas
- pesty sepeli 16–32 mm 400 mm
 - salaoja- ja sadevesiputkistot
- betoniantura 700*250 mm
- sokkeli ja ulkoseinät kevytsoraharkko/-eristeharkko 380 mm
- sisätäyttö pesty sepeli 8–16 mm
 - radonputkisto, viemäriputkisto
- alapohjaeriste paisutettu polystyreenimuovi 300 mm
- betonilaatta 90 mm
 - vesikiertoinen lattialämmitysputkisto
 - laatan reunan ja ulkoseinän välissä solumuovieriste 6 mm
- lattiapinnoite.



Kuvio 2. Alapohjarakenne

3.2 Alapohjalaatan muodonmuutokset

Betonista valettu alapohjalaatta muuttuu muotoaan pääasiassa kahdesta syystä; valun jälkeisestä kosteuden poistumisesta ja betonin jäähtymisen aiheuttamasta kutistumisesta sekä jälkeempään lattialämmityksen aiheuttamasta lämpölaajenemisesta. Kuivumiskutistuminen on pitkäaikainen jopa vuosia kestävä prosessi, kun taas lämmön vaikutus laatan kokoon tapahtuu välittömästi. Betonirakenteen kokonaiskutistuma voi tyypillisesti olla 0,4–0,8 mm/m. Betonin lämpölaajenemiskerroin 0,000012 m/°K on käytännössä sama kuin raudan. (Komonen ym. 2010.)

Kohteen alapohjalaatta on toteutettu yhtenäisellä valulla. Laatan pituus on 15 m ja leveys 7,5 m (Liite 5). Kutistumisen oletetaan tapahtuvan tasaisesti molemmista päistä laattaa, jolloin kokonaiskutistuman vaikutus laatan ja seinän väliin syntyvään ilmarakoon voidaan laskea:

$$\Delta l = (\alpha * l) / 2 \quad (1)$$

missä

Δl	on	muodostuva ilmarako [mm]
α	on	betonin kokonaiskutistuma [mm/m]
l	on	betonilaatan pituus [m]

Kuivumiskutistuman aiheuttama ilmarako selvitetään käyttämällä kaavassa (Kaava 1) kokonaiskutistuman ääriarvoja 0,4 sekä 0,8 mm/m:

$$\Delta l_{\min, \text{lyhyt}} = (0,4 \text{ mm/m} * 15 \text{ m}) / 2 = 3 \text{ mm} \quad (2)$$

$$\Delta l_{\max, \text{lyhyt}} = (0,8 \text{ mm/m} * 15 \text{ m}) / 2 = 6 \text{ mm} \quad (3)$$

$$\Delta l_{\min, \text{pitkä}} = (0,4 \text{ mm/m} * 7,5 \text{ m}) / 2 = 1,5 \text{ mm} \quad (4)$$

$$\Delta l_{\max, \text{pitkä}} = (0,8 \text{ mm/m} * 7,5 \text{ m}) / 2 = 3 \text{ mm} \quad (5)$$

Laskennalliset kutistumat ovat keskimäärin 4,5 mm lyhyellä seinustalla (Kaavat 2, 3) sekä 2,3 mm pitkällä (Kaavat 4, 5) mikä vastaa kohteen omistajan silmämääräisiä havaintoja laatan ja seinän väliin kuivumisjakson aikana syntyneistä ilmaraoista.

Alapohjalaatan valu oli suoritettu syyskuussa 2009. Laatan ja ulkoseinän väli oli korjattu huhtikuussa 2013, joten laatta oli ehtinyt kuivua n. 3,5 vuoden ajan. Kuivumisen aikana kellarikerroksen lämpötila oli ollut vähintään +15 °C. Myös ilman vaihtuvuus oli ollut jatkuvaa eikä betonilaattaa ollut pinnoitettu. Kuivumisaika ja -olosuhteet huomioiden voidaan olettaa laatan olleen läpeensä kuivunut eikä uusia muodonmuutoksia tule tapahtumaan pois lukien lattialämmityksen aiheuttamat muodonmuutokset.

Lattialämmityksen vaikutus betonilaatan muodonmuutokseen selvitetään käyttämällä kappaleen lämpölaajenemisen kaavaa, kun lämpöliikkeen oletetaan tapahtuvan tasaisesti molemmista päistä laattaa:

$$\Delta l = (\alpha * \Delta t * l_0) / 2 \quad (6)$$

missä

Δl	on	laatan ja seinän välisen raon vaihteluväli [mm]
α	on	materiaalin lämpölaajenemiskerroin [m/(mK)]
Δt	on	laatan lämpötilan vaihteluväli [K]
l_0	on	betonilaatan pituus [m]

Laatan lämpötilan vaihtelusta ei ole olemassa mittausdataa, joten lämpötilan vaihtelu arvioidaan menoveden lämpötilasäädön perusteella. Menoveden maksimilämpötilaksi oli säätöjärjestelmässä asetettu +45 °C. Todennäköisesti näin lämmintä vettä ei vesikiertoisessa lattialämmitysjärjestelmässä kuitenkaan tule käytännön tilanteissa olemaan. Lisäksi laatan keskimääräinen lämpötila on jonkin verran menoveden lämpötilaa alhaisempi johtuen huoneilman laatan pintaosaa viilentävästä vaikutuksesta. Toisaalta käyttämällä maksimiarvoa saadaan selvillä lämpölaajenemisen suurin mahdollinen vaikutus esimerkiksi tilanteissa, joissa käyttäjä on asettanut lämpötilapyynnön liian suureksi. Laatan alhaisin lämpötila valitaan myös ääritilanteesta, jotta saadaan arvioitua esimerkiksi tilanne, jossa rakennus jätettäisiin talvella ylläpitolämpötilaan +7 °C.

Lattialämmityksen aiheuttama laatan reunan liike ulkoseinillä selvitetään käytämällä kaavassa (Kaava 6) menoveden minimi- ja maksimilämpötilojen erotusta sekä betonilaatan lämpölaajenemiskertoimen arvoa $0,000012 \text{ m/}^\circ\text{K}$:

$$\Delta l_{\text{lyhyt}} = (0,000012 \text{ m/}^\circ\text{K} * (45 \text{ }^\circ\text{C} - 7 \text{ }^\circ\text{C}) * 15 \text{ m}) / 2 = 3,4 \text{ mm} \quad (7)$$

$$\Delta l_{\text{pitkä}} = (0,000012 \text{ m/}^\circ\text{K} * (45 \text{ }^\circ\text{C} - 7 \text{ }^\circ\text{C}) * 7,5 \text{ m}) / 2 = 1,7 \text{ mm} \quad (8)$$

Laskennalliset suurimmat mahdolliset betonilaatan reunan liikkeet ulkoseinillä ovat 3,4 mm lyhyellä seinustalla (Kaava 7) sekä 1,7 mm pitkällä (Kaava 8).

3.3 Elastinen tiivistysmassa

Betonilaatan ja ulkoseinäharkon välinen rako oli tiivistetty Sikaflex AT-Connection -tiivistysmassalla huhtikuussa 2013 (Kuvio 3). Ennen tiivistysmassan pursottamista oli raossa olevaa 6 mm vahvuista solumuovieristettä poistettu n. sentin syvyydeltä. Rako oli puhdistettu tartunnan parantamiseksi. Raon kokonaisleveys solumuovin poiston jälkeen oli silmämääräisesti tarkasteltuna vastannut laskennallisia arvoja, lyhyellä seinustalla 10 mm ja pitkällä 8 mm. Tiivistysmassan syvyydeksi oli pyritty saavuttamaan n. 1 cm.

Tiivistysmassan tuotetietoesitteen (Liite 1) mukaan suurin sallittu liike on $\pm 25 \%$. Asennusajankohtana ei laatan lämmitystarvetta ole juurikaan ollut, joten laatan koon voidaan olettaa olleen lähellä minimikokoaan, eli raon olleen lähellä maksimileveyttään. Asennusajankohta oli valittu, jotta tiivistysmassaan kohdistuisi jatkossa mahdollisimman vähän vetojännitystä. Laatan lämpölaajenemisesta aiheutuva tiivistysmassaan kohdistuva liike saadaan kaavalla:

$$\Delta l = (\Delta l_{\text{lämpö}} / l_{\text{sauma}}) * 100 \quad (9)$$

missä

Δl	on	tiivistysmassaan kohdistuva suurin liike [%]
$\Delta l_{\text{lämpö}}$	on	lämmityksen aiheuttama laatan reunan liike [mm]
l_{sauma}	on	sauman leveys [mm]

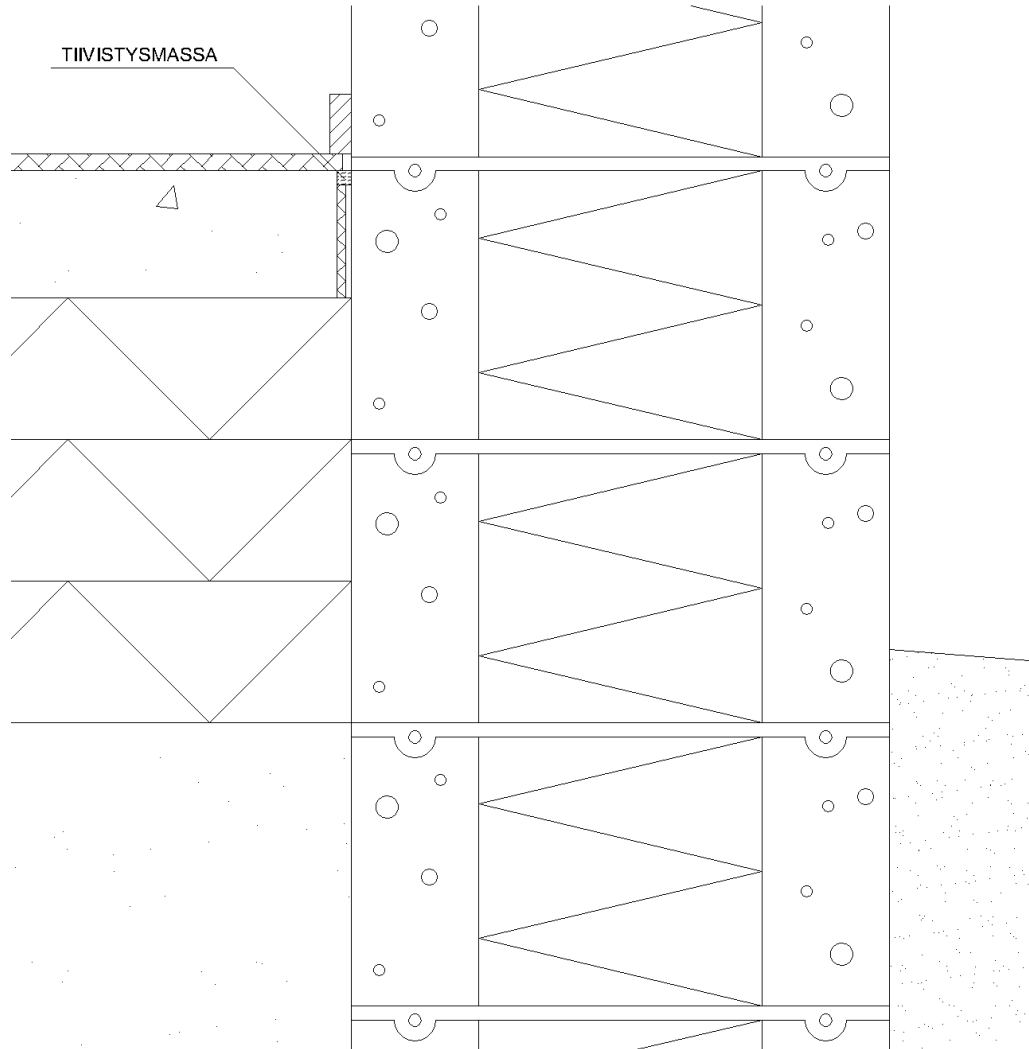
Tiivistysmassaan kohdistuva suurin prosentuaalinen liike selvitetään käyttämällä kaavassa 9 lämpölaajenemisen arvoja sekä sauman leveyksien osalta lyhyellä seinustalla arvoja 3,4 ja 10 mm (Kaavat 2, 3, 7) sekä pitkällä seinustalla 1,7 ja 8 mm (Kaavat 4, 5, 8):

$$\Delta l_{\text{lyhyt}} = (3,4 \text{ mm} / 10 \text{ mm}) * 100 = 34 \% \quad (10)$$

$$\Delta l_{\text{pitkä}} = (1,7 \text{ mm} / 8 \text{ mm}) * 100 = 21 \% \quad (11)$$

Lyhyellä seinustalla tiivistysmassan suurin sallittu liike ± 25 % ylittyi 9 %:lla (Kaava 10) kun taas pitkällä seinustalla liike pysyi sallituissa rajoissa (Kaava 11).

Tiivistysnauman kuntoa ei kyetty tarkastamaan kuin autotallin osalta, koska muualla sauma oli joko listan tai laatoituksen peittämä. Omistajan kertoman mukaan autotallin saumoihin oli ilmestynyt ajan saatossa pieniä n. 1–2 mm levyisiä halkeamia pituuden vaihdellessa n. 1–3 senttimetrin välillä. Halkeamia oli esiintynyt satunnaisesti keskimäärin muutaman metrin välein. Repeämät oli korjattu pursottamalla rakoihin lisää tiivistysmassaa. Kädellä tunnistettavia ilmavuoja ei repeämistä ollut havaittu. Myöskään muissa tiloissa ei ollut havaittu vuotoisuutta tai epätavallista hajua. Myös autotallin MasterTop -pinnoitteella päällystettyyn betonilattiaan oli ilmestynyt pieniä halkeamia vuosien kuluttua laatan valusta.



Kuvio 3. Elastinen tiivistysmassa

4 ILMATIIVYDEN MITTAUSMENETELMÄ

Ilmatiivysmittaukset suoritettiin 9.2.2010 sekä 9.5.2018 (Liitteet 2, 3, 4) noudattaen standardin SFS EN 13829 mittausmenetelmää B, jossa ilmanvaihtokanavat sekä muut rakennuksen vaipan lävistävät aukot tiivistetään ennen mittaus-ten suorittamista. Ensimmäisellä mittauskerralla rakennuksen vaippa oli tiivistetty lukuun ottamatta betonisen alapohjalaatan sekä ulkoseinäharkon välistä rako-ko. Jälkimmäisellä mittauskerralla rakennus oli kauttaaltaan valmis sekä alapohjan ja ulkoseinän rako tiivistettynä elastisella tiivistysmassalla. Molemmat mittaukset suoritettiin samoilla laitteistoilla. Puhaltimen kiinnityspaikkana käytettiin yläkerrassa sijaitsevan kodinhoitohuoneen ulko-oven oviaukkoa.

Rakennus on yläkerran ulkoseinien osalta pienenä toteutettu rankarunkoinen puutalo, jossa höyrynsulkumuovi sijaitsee välittömästi sisäpintalevytyksen takana. Puolittain maan alla sijaitseva kellarikerros on toteutettu muuramalla kevytsoraeristeharkoista. Harkkojen eristeiden pysty- ja vaakasaumat ovat tiivistetty uretaanivaahdolla muurauksen yhteydessä. Alapohjana on paikallaan valettu teräsbetonilaatta. Yläpohja on toteutettu puisilla kattoristikoidella, joiden alapaarteiden alapuolella on yhtenäinen höyrynsulkumuovi. Huoneisto-osassa on lämmöntalteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Talo on rakennettu hartiapankkiperiaatteella. Hyvään ilmatiivyyteen on pyritty huolellisella saumojen teippaamisella. Rakennuksen pinta-alat ja tilavuudet:

- kerrosala 200 m²
- ilmatilavuus 590 m³
- vaipan pinta-ala 477 m².

Rakennuksen ilmatiivisuusluokka esitetään q50-lukuna m³/m²h, joka kuvaa rakennuksen vaipan läpi 50 Pascalin alipaineessa vuotavan ilman määrän suhteessa vaipan pinta-alaan. Esimerkiksi arvo 1 m³/m²h tarkoittaa ilmaa vuotavan yhden kuutiometrin jokaista vaipan neliometriä kohden yhden tunnin aikana sisäilman paineen ollessa ulkoilmaan verrattuna 50 Pascalia alipaineinen.

5 ILMATIIVIYSMITTAUSTEN TULOKSET

Ensimmäisellä mittauskerralla helmikuussa 2010 (Liite 2) ennen alapohjalaatan reunojen korjaustoimenpiteitä oli keskimääräiseksi ilmapuotoluvuksi n50 saatu $1,13 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{h}$ sekä q50-luvuksi $1,40 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Vanha n50-luku on muuten sama kuin q50-luku, mutta vuotoilma on suhteutettu vaipan pinta-alan sijaan rakennuksen ilmatilavuuteen. Mittausvuonna hyväksi ilmatiiviydeksi edellytettiin n50-lukua välille 1–2, jonka rakennus myös saavutti. Mittaustulos ei kuitenkaan ollut vastannut rakentajan odotuksia, koska rakennusaikana oli pyritty huolellisella saumojen tiivistämisellä erittäin hyvään ilmatiiviyteen.

Jälkimmäisellä mittauskerralla toukokuussa 2018 (Liitteet 3, 4) kun alapohjalaatan reunojen tiivistämisestä oli kulunut n. 5 vuotta oli keskimääräiseksi ilmapuotoluvuksi q50 saatu $0,56 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Ilmatiiviyys oli parantunut ensimmäiseen mittauskertaan verrattuna $0,84 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$, eli 2,5-kertaiseksi. Toisin sanoen vuotavan ilman määrä oli 40 % ensimmäisen mittauskerran vuotoilman määrästä. Keskimääräiseksi ilmapuotoluvuksi n50 oli saatu 0,45 alittaen passiivitaloille asetetun minimivaatimuksen 0,6. Rakennuksen nykyisen ilmatiiviyden voidaan todeta olevan hyvä. (Nieminen & Lylykangas 2009.)

Vertia Oy:n tutkimuksessa todettiin tyypillisen omakotitalon lämmitystarpeen nousevan vuositasolla n. 2300 kWh, mikä tarkoittaa rahassa 320 euroa, kun vertailtavien rakennusten q50-ilmapuotoluvut olivat 4,0 ja 0,5 (Vertia Oy 2017). Tutkittavan kohteen ilmatiiviyden paranemisen vaikutus vuosittaisiin lämmityskustannuksiin voidaan arvioida karkeasti:

$$\Delta E_{\text{kwh}} = (2300 \text{ kWh} / (4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} - 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h})) * \Delta q50 \quad (12)$$

$$\Delta E_{\text{euro}} = (320 \text{ €} / (4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} - 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h})) * \Delta q50 \quad (13)$$

missä

ΔE_{kwh} on säästö energiana [kWh]

ΔE_{euro} on säästö rahassa [€]

$\Delta q50$ on ilmatiiviyden muutos [$\text{m}^3/\text{m}^2\text{h}$]

Kohteen vuosittainen säästö selvitetään käyttämällä kaavoissa (Kaavat 12, 13) ilmatiiviyden muutoksena ilmavuotomittauksista saatu ilmatiiviyden paraneminen $0,84 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$:

$$\Delta E_{\text{kwh}} = (2300 \text{ kWh} / (4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} - 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h})) * 0,84 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} \quad (14)$$

$$\Delta E_{\text{kwh}} = 552 \text{ kWh}$$

$$\Delta E_{\text{euro}} = (320 \text{ €} / (4,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} - 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h})) * 0,84 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h} \quad (15)$$

$$\Delta E_{\text{euro}} = 76,80 \text{ €}$$

Parantuneesta ilmatiiviydestä johtuen vuotuisten lämmityskustannusten voidaan ajatella laskevan 552 kWh (Kaava 14). Rahassa mitattuna säästö on 76,80 euroa (Kaava 15). Pitkällä aikavälillä esim. 20 vuoden aikana säästöä kertyisi 11040 kWh, eli rahassa mitattuna 1536 €. Tulokset tulee kuitenkin käsittää vain suuntaa-antavina.

6 POHDINTA

6.1 Ilmatiiviyden muutos

Mittausten perusteella rakennuksen ilmatiiviydessä oli tapahtunut huomattavan suuri 2,5-kertainen parannus alapohjan reunojen tiivistämisen ansiosta. Rakentaja oli myös ollut aikoinaan pettynyt ensimmäisen mittauskerran tuloksiin, koska ilmatiiviyteen oli rakennusaikana pyritty kiinnittämään erityistä huomiota. Omistaja oli myös havainnut talvella ennen laatan reunojen korjausta hyvin kylmän ilman virtausta useasta eri kohdasta alapohjalaatan ja ulkoseinän välistä. Nämä kaikki seikat viittaavat suhteellisen suureen alapohjan ilmavuotoon.

Alapohjarakennetta sekä salaoja- ja sadevesiviemärit yhdistävää kokoojakaivoa tarkasteltaessa huomattiin kokonaisuuden muodostavan ilmavan vuotoreitin ulkoa huonetilaan. Rakennuksen sisäpuolelle alaosiin lämpimän ilman vuoksi muodostuva alipaine pyrkii imemään sisään kylmää ulkoilmaa. Alapohjalaatan kuivumiskutistumisen vuoksi muodostunut n. 2–4 mm leveä rako laatan ja ulkoseinän väliin oli avannut vuotoreitin huonetilasta alapohjan eristekerroksen ja harkkoseinän välistä sisätäyttöön. Koska sisätäyttö sekä anturan alapuolinen kerros ovat kokonaisuudessaan ilmavaa sepeliä ja koska rei'itetyt salaojaputket sijaitsevat myös samaisessa sepelikerroksessa, pääsee alipaine vaikuttamaan myös salaojaputkistoon. Salaojaputket johtavat kokoojakaivoon kaivossa sijaitsevan pallopadotusventtiilin kautta, joka on normaalitilassa auki. Kokoojakai-voon yhdistyy myös sadevesijärjestelmä, jonka putkistot johtavat maan pinnalle rännikaivoihin ja näin avaavat vuotoreitin ulkoilmaan.

Vuotoreitti kulkee anturoiden alapuolelta, joten ilmavirran jatkuessa pitkään voimakkaana voi kylmä pakkasilma aiheuttaa anturan alapuolisten maakerrosten routimista. Omistajan kertomusten mukaan kivirakenteissa oli havaittu asu-misen alkuaikoina pieniä halkeamia, joiden liike oli kuitenkin ajan mittaan rauhoittunut. Nämä pienet halkeamat voisivat myös osaltaan selittyä perustusten lievän routimisen vuoksi.

6.2 Korjauksen vaikutus lämmityskustannuksiin

Vertia Oy:n tutkimuksessa todettiin tyypillisen omakotitalon lämmityskustannusten eron olevan n. 2300 kWh, kun vertailtavien rakennusten q50-ilmavuotoluvut olivat 4,0 ja 0,5. Rahassa mitattuna tämä tarkoitti n. 320 euron vuosittaista säästöä paremman ilmatiiviyden rakennuksessa. Pitkän aikavälin tarkastelussa esim. 20 vuoden ajanjaksolla säästöä kertyisi 6400 euroa.

Vastaava säästöpotentiaali suhteutettuna kohteen ilmatiiviyden paranemiseen tarkoittaisi vuositasolla 552 kWh säästöä. Rahassa mitattuna säästöä kertyisi 76,80 euroa. Kahdenkymmenen vuoden aikana säästöä kertyisi 1536 €. Tuloksiin tulee kuitenkin suhtautua suuntaa-antavina. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna säästöpotentiaali on joka tapauksessa niin merkittävä, että kohteeseen tehdyn lisätiivistyksen kustannukset maksavat todennäköisesti itsensä takaisin moninkertaisesti.

6.3 Elastisen tiivistysmassan soveltuvuus korjauskäyttöön

Ilmatiiviyden merkittävän paranemisen valossa tiivistysmassalla toteutettu alapohjalaatan reunojen korjaustiivistäminen vaikuttaa olleen toimiva ratkaisu. Tiivistysmassan asentamisesta oli kulunut aikaa 5 vuotta ja ilmatiiviydmittaus oli tehty ajankohtana, jolloin betonilaatan koko oli ollut pienimmillään, eli saumojen koko suurimmillaan, joten ainakaan merkittäviä ilmavuotoja ei saumamassaan ollut ajan saatossa muodostunut.

Kohteen autotallissa havaitut saumoihin muodostuneet pienet halkeamat ovat todennäköisesti johtuneet betonilaatan jatkuneesta kuivumiskutistumisesta. Laatan alapuolella on hengittämätön eristekerros ja autotallin osalla yläpinnassa jo valuvaiheessa asennettu tiivis MasterTop -pinnoite. Autotallin osalta ei betonilaatalla ole ollut samanlaista kuivumismahdollisuutta kuin muualla rakennuksessa. Tätä teoriaa tukee myös autotallin lattiapintaan ilmaantuneet halkeamat, jotka olivat muodostuneet epätavallisen pitkän ajan kuluttua laatan valusta. Omistajan muistin mukaan ensimmäisten vuosien aikana ei autotallin lattiapinnassa ollut halkeamia ollenkaan.

Tutkittavan kohteen kohdalla korjaus vaikuttaa onnistuneen, mutta toisaalta rakentamisaika on ollut poikkeuksellisen pitkä. Yleisesti ottaen omakotitalon rakentaminen kestää n. yhden vuoden, joten betonisen alapohjalaatan kuivumiseen käytettävissä oleva aika on huomattavasti lyhyempi verrattuna tutkittavaan kohteeseen, jossa betonilaatta oli ehtinyt kuivua 3,5 vuoden ajan. Laskennallisen tarkastelun perusteella jo pelkkä lattialämmityksen vaikutus alapohjalaatan muodonmuutokseen voi olla niin suuri, että tiivistysmassan suurin sallittu liike ylittyy. Lisäksi alapohjalaatan ja ulkoseinän välisen sauman tiivistämiseen on olemassa riskittöimpiä vaihtoehtoja, kuten mm. rakentamisvaiheessa lisättävä elastinen kumibitumikermi, joka asennetaan esimerkiksi sokkelin ja ulkoseinän alajuoksun väliin. Kermin toinen pää viedään alapohjaeristeen päälle, jolloin se puristuu tiiviisti eristeen ja alapohjalaatan väliin.

Tiivistysmassalla toteutettavaa tiivistystä ei siis voida suositella käytettäväksi rakennusaikana uudiskohteissa. Sen sijaan korjauskäytössä tiivistysmassan käyttö voi olla perusteltua, mutta vain jos voidaan varmistua, ettei saumaan tule ajan saatossa kohdistumaan liian suuria liikkeitä. Myös korjauskäyttöön on olemassa tiivistysmassaa suurempia liikkeitä sietäviä vaihtoehtoja, kuten esimerkiksi vedeneristysmassan ja butyyliinahan yhdistelmä.

LÄHTEET

Komonen ym. 2010. Betonirakenteiden kutistuminen ja halkeamien ehkäisy. Rakentajan kalenteri 2010. Viitattu 25.5.2018
[https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A\\$47\\$RK100402\\$46\\$pdf/RK100402.pdf](https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/631CStSjs%3A47RK100402$46$pdf/RK100402.pdf).

Nieminen, J. & Lylykangas, K. 2009. Passiivi.info. Passiivitalon määritelmä. Viitattu 27.5.2018 http://www.passiivi.info/download/passiivitalon_maaritelma.pdf.

Sisäilmayhdistys ry 2008. Ilmavirtaukset rakennuksessa. Viitattu 23.5.2018
<http://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Ilmavirtaukset-rakennuksessa>.

Vertia Oy 2017. Ilmatiiveys ja vuotokohdat uusissa rakennuksissa. Viitattu 27.5.2018 <https://vertia.fi/wp-content/uploads/2017/05/Ilmatiiveys-ja-vuotokohdat-uusissa-rakennuksissa-2017-1.pdf>.

LIITTEET

- Liite 1. Sikaflex AT-Connection -tuotetietoesite
- Liite 2. Sarajärvi ja Moilanen – Tiiviysmittausraportti OKT Kouri 9.2.2010
- Liite 3. Petri Kuisma – Tiiviysmittausraportti OKT Kouri 9.5.2018
- Liite 4. BlowerDoor Test OKT Kouri 9.5.2018
- Liite 5. Kellarikerroksen pohjakuva

Tuotetieto-
 Versio 11/2014 KS, KT, (orig. Ed.3, 08/2014)
 Tunniste:
 02 05 01 01 015 0 000003
 Sikaflex® AT-Connection

Sikaflex® AT-Connection

Elastinen liitosten saumaus- ja tiivistysmassa rakentamiseen

Tuotekuvaus	Sikaflex® AT-Connection on yksikomponenttinen, kosteuskovettava ja elastinen saumausmassa, joka soveltuu huokoisten ja tiiviiden pintojen saumauksiin kuten ikkunat / ovet sekä muut rakennusmateriaalit.
Ominaisuudet / Edut	Sallittu liike 25 % (ISO 9047) Silikoniton ja päälle maalattava Hyvä sään- ja ikääntymisenkesto Tarttuu hyvin huokosiin ja tiiviisiin alustoihin. Tarttuu moniin alustoihin ilman esikäsitteilyainetta (primeria) Hajuton ja liuotinaineeton (EU määräysten mukaisesti) Erinomainen työstettävyys Hyvät mekaaniset ominaisuudet
Testit	
Hyväksynyt / Standardit	Täyttää standardin EN15651 F EXT-INT CC 25 HM vaatim. Täyttää standardin ISO 11600 F 25 HM vaatimukset EMICODE EC 1 ^{PLUS} R, hyvin alhaiset emissiot
Tuotetiedot	
Muoto	
Värit	Valkoinen, luonnonvalkoinen, harmaa, tummanharmaa, ruskea, beige, musta, vaaleanharmaa, keskiharmaa ja basaltin harmaa.
Pakkaus	300 ml patruuna, 12 patruunaa laatikossa 600 ml kalvopakkaus, 20 pakkausta laatikossa
Varastointi	
Varastointi / Säilyvyys	Säilyy 15 kuukautta valmistuspäivästä, jos varastoidaan avaamattomissa, vahingoittumattomissa ja alkuperäisissä pakkauksissa, kuivissa olosuhteissa ja suoralta auringonvalolta suojattuna +5°C – +25°C lämpötilassa.



Tekniset tiedot																																					
Koostumus	1-komponenttinen silaaniterminoitu polymeeri (PU Hybrid -teknologia, kosteuskovettuva)																																				
Tiheys	~ 1,3 kg/l (CQP ₁)006-4, ISO 1183-1)																																				
Valuminen	0 mm (20 mm profiili, 50°C) (CQP 061-4, ISO 7390)																																				
Pintakuivumisaika	~ 60 minuuttia ²⁾ (CQP 019-1)																																				
Työstöaika	~ 55 minuuttia ²⁾ (CQP 019-2)																																				
Kovettumisnopeus	~ 2 mm / 24 tuntia ²⁾ (CQP 049-1)																																				
Sallittu liike	±25 % (ISO 9047)																																				
Shore A kovuus	~ 24, 28 vuorokauden jälkeen (CQP 023-1, ISO 868)																																				
Repäisylujuus	~ 4,7 N/mm ² (CQP 045-1, DIN 34)																																				
Sekanttikimmokerroin	~0.4 N/mm ² 100% venytyksellä ^{2), 3)} (CQP 020-1, ISO 8339) ~0.6 N/mm ² 100% venytyksellä (-20°C) ³⁾																																				
Murtovenymä	~ 450 % ² (CQP 036-1, ISO 37)																																				
Palautuma	> 70 % ^{2), 3)} (ISO 7389)																																				
Työstölämpötila	Vähintään +5°C / enintään +40°C, 3°C yli kastepisteen																																				
Lämpötilankesto	-40°C – +90°C																																				
	¹⁾ Sika Corporate Quality Procedure																																				
	²⁾ (+23°C / 50 % r. h.)																																				
	³⁾ Olosuhteet: menetelmä B																																				
Työstötiedot																																					
Menekki / Sauman mitoitus	<p>Saumauksen leveys on suunniteltava siten, että se vastaa saumaussmassan sallittua liikettä. Yleensä sauman leveyden pitää olla > 10 mm ja < 40 mm. Sauman leveys suhteessa syvyyteen ~ 2:1 pitää huomioida.</p> <p>Vakio sauman leveys betonielementissä olevalle saumalle kun $\Delta T^* = 80^\circ\text{C}$</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Saumojen väl. etäisyys [m]</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Min. sauman leveys [mm]</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>28</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>Min. sauman syvyys [mm]</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>14</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table> <p>*ΔT on oletetun alhaisimman tai korkeimman käyttölämpötilan ero asennuslämpötilaan verrattuna (tarkista missä tapauksessa ΔT on korkeampi).</p> <p>Kaikki saumat pitää suunnitella ja mitoitaa huolellisesti asiaan kuuluvien standardien mukaisesti ennen rakentamista, koska muutoksia ei yleensä voida tehdä työn valmistumisen jälkeen. Tarvittavan sauman leveyden laskeminen perustuu saumaussmassan teknisiin ominaisarvoihin ja ympäröiviin rakennusmateriaaleihin sekä lisäksi rakennuksen altistumiseen, rakennustapaan ja rakennuksen mittoihin.</p> <p><i>Arvioitu menekki:</i></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Sauman leveys</th> <th>10 mm</th> <th>15 mm</th> <th>20 mm</th> <th>25 mm</th> <th>30 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sauman syvyys</td> <td>10 mm</td> <td>10 mm</td> <td>10 mm</td> <td>12 mm</td> <td>15 mm</td> </tr> <tr> <td>Sauman pituus / 600 ml [m]</td> <td>~ 6 m</td> <td>~ 4 m</td> <td>~ 3 m</td> <td>~ 2 m</td> <td>~ 1,3 m</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Pohjanauha:</i> Käytät ainoastaan umpisoluista, polyeteenimassaista pohjanauhaa.</p>	Saumojen väl. etäisyys [m]	2	4	6	8	10	Min. sauman leveys [mm]	10	15	20	28	35	Min. sauman syvyys [mm]	10	10	10	14	17	Sauman leveys	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm	Sauman syvyys	10 mm	10 mm	10 mm	12 mm	15 mm	Sauman pituus / 600 ml [m]	~ 6 m	~ 4 m	~ 3 m	~ 2 m	~ 1,3 m
Saumojen väl. etäisyys [m]	2	4	6	8	10																																
Min. sauman leveys [mm]	10	15	20	28	35																																
Min. sauman syvyys [mm]	10	10	10	14	17																																
Sauman leveys	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm																																
Sauman syvyys	10 mm	10 mm	10 mm	12 mm	15 mm																																
Sauman pituus / 600 ml [m]	~ 6 m	~ 4 m	~ 3 m	~ 2 m	~ 1,3 m																																
Alustan kunto	Puhdas ja kuiva, tasainen, öljytön ja rasvaton, pölytön, ei irrallisia tai murenevia hiukkasia. Sementtiliima ja yhteensopimattomat maalit on poistettava.																																				

Alustan esikäsitely / Primerointi	<p>Sikaflex® AT-Connection tarttuu yleensä hyvin useimpiin puhtaisiin, lujiin alustoihin. Primereitä ja puhdistusaineita on käytettävä parhaan tartunnan saavuttamiseksi ja kriittisessä, vaativassa käytössä, esimerkiksi monikerroksisissa rakennustoissa, sidosliitoksissa, joihin kohdistuu kova jännitys tai jos liitos altistuu vaikeille sääoloille. Epävarmoissa tilanteissa tuotetta levitetään ensin testausalueelle.</p> <p><i>Tiiviit alustat:</i> Esimerkiksi metallit, alumiini, jauhepinnoitteet jne. on puhdistettava hienolla hiomatyynyllä sekä Sika Aktivator®-205:llä ja puhtaalla kankaalla. Kuivumisaika ennen saumausta oltava vähintään 15 minuuttia ja enintään 6 tuntia.</p> <p>Metallipinnat kuten kupari, messinki (pronssi) ja titaanisinkki on puhdistettava ja esikäsiteltävä Sika® Aktivator-205 käyttäen nukkaamatonta kangasta. Anna kuivua vähintään 15 min. Tämän jälkeen pohjusta SikaPrimer®-3 N –tuotteella pensselillä. Kuivumisaika ennen saumausta on vähintään 30 minuuttia (enintään 8 tuntia).</p> <p><i>Huokoiset alustat:</i> Esimerkiksi betoni, kevytbetoni ja sementtimäiset rappaukset, laastit, tiilet jne. on esikäsiteltävä SikaPrimer®-3 N -tuotteella ja harjalla. Kuivumisaika ennen saumausta oltava vähintään 30 minuuttia (enintään 8 tuntia).</p> <p><i>Tärkeää huomata:</i> Primereitä käytetään vain parantamaan tartuntaa. Ne eivät korvaa alustan kunnollista puhdistusta eivätkä paranna alustan lujuutta olennaisesti. Primerit parantavat saumausliitoksen pitkäaikaista toimintakykyä ja kestoa.</p> <p>Lisätietoja Sika®Primer –taulukosta ja Sika®Primer –tuotetietoesitteistä. Tarvittaessa ota yhteyttä Sikan Tekniseen Osastoon.</p>						
Työstöolosuhteet / -rajoitukset	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="521 888 743 909">Alustan lämpötila</td> <td data-bbox="751 888 1399 909">Vähintään +5°C / enintään +40°C ja 3°C yli kastepisteen</td> </tr> <tr> <td data-bbox="521 919 743 940">Ympäristön lämpötila</td> <td data-bbox="751 919 1399 940">Vähintään +5°C / enintään +40°C</td> </tr> <tr> <td data-bbox="521 951 743 972">Alustan kosteusaste</td> <td data-bbox="751 951 1399 972">Kuiva</td> </tr> </table>	Alustan lämpötila	Vähintään +5°C / enintään +40°C ja 3°C yli kastepisteen	Ympäristön lämpötila	Vähintään +5°C / enintään +40°C	Alustan kosteusaste	Kuiva
Alustan lämpötila	Vähintään +5°C / enintään +40°C ja 3°C yli kastepisteen						
Ympäristön lämpötila	Vähintään +5°C / enintään +40°C						
Alustan kosteusaste	Kuiva						
Työstöohjeet	<p>Työstömenetelmät / Työvälineet</p> <p>Sikaflex® AT-Connection on valmis käytettäväksi.</p> <p>Sauman ja alustan oikean esikäsitelyn jälkeen asenna pohjanauha tarvittavaan syvyyteen ja levitä primeriä tarvittaessa. Laita kalvopakkaus/patruuna saumauspistooliin ja pursota Sikaflex® AT-Connection tasaisesti saumaan ja varmista, että aine on täysin sauman reunaa vasten. Täytä sauma ja vältä ilmataskujen muodostumista. Sikaflex® AT-Connection pitää työstää (tasoitettaessa) tiukasti sauman reunoja vasten hyvän tartunnan saavuttamiseksi.</p> <p>Suojateippiä tulisi käyttää, jos saumojen pitää olla tarkat ja suorat tai jos saumojen pitää olla erityisen siistit. Poista teippi ennen saumausmassan nahkoittumista.</p> <p>Jos Sikaflex® AT-Connection tasoitetaan sopivalla tasoitusnesteellä (kuten Sika® Tooling Agent N), jolloin saumamassan pinnasta tulee sileä. Älä käytä liuotinta sisältäviä tuotteita työstön tasoitusnesteenä.</p>						
Työvälineiden puhdistus	<p>Puhdista kaikki työvälineet heti käytön jälkeen Sika® Sealant Remover / SikaTopClean-T -tuotteella. Kovettunut / jähmettynyt materiaali voidaan poistaa vain mekaanisesti.</p>						
Muita saatavilla olevia dokumentteja	<ul style="list-style-type: none"> ■ Käyttöturvallisuustiedote (KTT) ■ Esikäsitelytaulukko (SikaPrimer –taulukko) ■ Menetelmäohje: julkisivusaumaus (asennus) ■ Menetelmäohje: saumojen huolto, puhdistus ja korjaus (ylläpito) ■ Tekninen ohjekirja: julkisivusaumaus (suunnittelu) 						

Huomioitavaa / Rajoitukset	<p>Elastisen saumaussmassan päälle ei saa yleensä maalata.</p> <p>Jos saumauksen päälle maalataan, pinta voi halkeilla ja olla tahmeampi ja lisäksi voi ilmaantua värimuutoksia.</p> <p>Yhteensopivuus pitää testata DIN 52 452-4:n mukaisesti.</p> <p>Värisävy voi muuttua kemikaaleille, korkeille lämpötiloille tai UV-säteilylle altistumisen seurauksena (erityisesti valkoisen värisävyn kohdalla). Värisävyn muutos ei kuitenkaan oleellisesti huononna tuotteen teknistä toimivuutta tai kestävyyttä.</p> <p>Ilman suhteellisen kosteuden pitää olla riittävä, että saumaussmassa kovettuu oikein.</p> <p>Ennen kuin käytät tuotetta luonnonkiveen, ota yhteyttä Sikan tekniseen neuvontaan.</p> <p>Älä käytä Sikaflex® AT-Connection -tuotetta lasien saumauksiin, bitumipohjaisten alustojen, luonnonkumin tai EPDM-kumin kanssa, eikä sellaisten rakennusmateriaalien kanssa, jotka voivat vuotaa/erittää öljyä, pehmentimiä tai liuotteita, jotka voivat vahingoittaa saamaa. Älä käytä Sikaflex® AT-Connection saumamassaa uima-altaiden saumaukseen. Ei sovellu saumauksiin, joihin kohdistuu vedenpaine, eikä jatkuvaan vedessä oloon.</p>
Huom.	<p>Kaikki tekniset tiedot tässä tuotetietoesitteessä perustuvat laboratoriotesteihin. Käytännössä saadut mittausarvot voivat vaihdella sellaisista olosuhteista johtuen, jotka eivät ole Sikan kontrolloitavissa.</p>
Paikalliset rajoitukset	<p>Pyydämme ottamaan huomioon, että paikalliset määräykset eri maissa voivat vaikuttaa tuotteen käyttöön. Tarkista tarkat käyttöohjeet ja -kohteet paikallisesta tuotetietoesitteestä.</p>
Terveys ja turvallisuus	<p>Saadakseen tietoa ja neuvoja kemiallisten tuotteiden turvallisuudesta käsitteistä, varastoinnista ja hävittämisestä käyttäjän tulee tarkistaa viimeisin käyttöturvallisuustiedote, jossa on tietoa fyysikaalisista, ekologisista, toksikologisista ja muista turvallisuuteen liittyvistä asioista.</p>
Käyttäjän vastuu	<p>Kaikki tiedot, ja erityisesti kaikki suositukset liittyen Sika-tuotteiden työstämiseen ja loppukäyttöön, on annettu hyvässä uskossa perustuen Sikan tämänhetkiseen tietämukseen ja kokemukseen tuotteistamme, kun niiden huolellinen varastointi, käsittely ja käyttö tapahtuu normaaliolosuhteissa Sikan suositusten mukaisesti. Käytännössä erot materiaaleissa, käsiteltävissä alustoissa ja todellisissa työskentelyolosuhteissa ovat sellaiset, että mitään varsinaista takuuta tuotteen myyntiä tai sopivuutta tiettyyn käyttötarkoitukseen koskien tai mitään muutakaan oikeudellista vastuuta ei ole johdettavissa näistä ohjeista, mistään kirjallisista suosituksista tai annetuista neuvoista. Käyttäjän tulee testien avulla varmistua tuotteen sopivuudesta aiottuun käyttökohteeseen ja -tarkoitukseen. Sika varaa itselleen oikeuden muuttaa tuotteen ominaisuuksia. Kolmansien osapuolten oikeudet on huomioitava. Kaikissa tilauksissa ja toimituksissa noudatetaan Sikan voimassaolevia yleisiä myynti- ja toimitusehtoja. Käyttäjän on aina tukeuduttava ko. tuotteen viimeisimpään voimassaolevaan paikalliseen tuotetietoesitteeseen, jonka toimitamme pyydettäessä.</p>



Oy Sika Finland Ab
Koskelontie 1
PL 49
02921 Espoo

Puhelin +358 9 511 431
Telefax +358 9 511 433 00
www.sika.fi

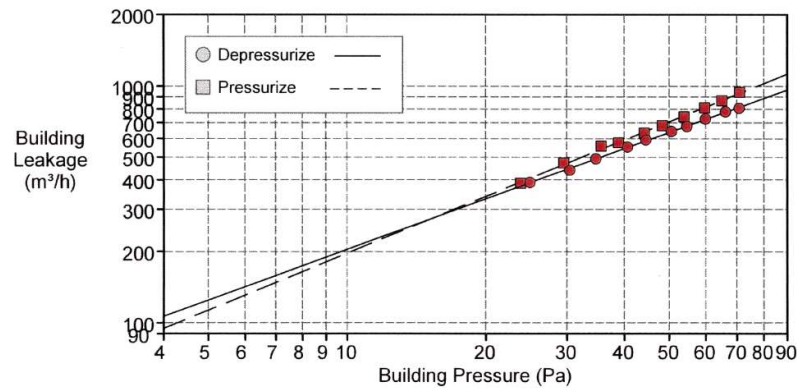


BUILDING LEAKAGE TEST

Date of Test: 9.2.2010	Technician: Sarajärvi, Moilanen
Test File: Linnuntie 60-2 yläkerta	
Customer: Kalle Kouri Linnuntie 60 Rovaniemi, Phone: Fax:	Building Address: ok-talo

	<u>Depressurization</u>	<u>Pressurization</u>	<u>Average</u>
Test Results at 50 Pascals:			
V50: Airflow (m ³ /h)	631 (+/- 0.2 %)	706 (+/- 0.4 %)	669
n50: Air Changes per Hour (1/h)	1.07	1.20	1.13
w50: m ³ /(h*m ² Floor Area)	3.15	3.53	3.34
q50: m ³ /(h*m ² Surface Area)	1.32	1.48	1.40
Leakage Areas:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm ²)	225.5 (+/- 1.4 %)	219.4 (+/- 2.4 %)	222.5
cm ² /m ² Surface Area	0.47	0.46	0.47
LBL ELA @ 4 Pa (cm ²)	113.8 (+/- 2.2 %)	102.2 (+/- 3.7 %)	108.0
cm ² /m ² Surface Area	0.24	0.21	0.23
Building Leakage Curve:			
Air Flow Coefficient (C _{env})	38.3 (+/- 3.3 %)	31.4 (+/- 5.6 %)	
Air Leakage Coefficient (CL)	39.6 (+/- 3.3 %)	31.6 (+/- 5.6 %)	
Exponent (n)	0.707 (+/- 0.008)	0.794 (+/- 0.014)	
Correlation Coefficient	0.99943	0.99873	
Test Standard: EN 13829	Regulation complied with:		
Type of Test Method: B			
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door			

Inside Temperature: 13 °C	Volume: 590 m ³
Outside Temperature: -13 °C	Surface Area: 477 m ²
Barometric Pressure: 101325 Pa	Floor Area: 200 m ²
Wind Class: 1 Light Air	Uncertainty of
Building Wind Exposure: Highly Exposed Building	Building Dimensions: 3 %
Type of Heating:	Year of Construction: 2010
Type of Air Conditioning:	
Type of Ventilation: None	



BUILDING LEAKAGE TEST Page 2

Date of Test: 9.2.2010 Test File: Linnuntie 60-2 yläkerta

Comments

Yläkerran mittaus.

Data Points: Depressurization:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m ³ /h)	Temperature Adjusted Flow (m ³ /h)	% Error	Fan Configuration
1.0	n/a				
-69.8	116.9	870	809	0.2	Ring B
-65.2	108.8	839	781	1.5	Ring B
-58.9	94.3	782	727	1.4	Ring B
-53.6	81.2	726	675	0.6	Ring B
-49.6	74.0	693	645	1.4	Ring B
-43.6	62.5	637	593	1.9	Ring B
-39.7	54.4	595	553	1.5	Ring B
-33.7	43.0	529	492	1.0	Ring B
-29.5	34.4	474	441	-0.8	Ring B
-24.0	27.0	420	391	1.3	Ring B
1.0	n/a				

Test 1 Baseline (Pa): p01- = 0.0 p01+ = 1.0 p02- = -0.1 p02+ = 1.3

Data Points: Pressurization:

Nominal Building Pressure (Pa)	Fan Pressure (Pa)	Nominal Flow (m ³ /h)	Temperature Adjusted Flow (m ³ /h)	% Error	Fan Configuration
1.9	n/a				
73.4	126.4	904	943	0.5	Ring B
67.5	106.8	832	868	-0.9	Ring B
62.2	93.0	777	810	-1.1	Ring B
56.3	77.7	710	741	-1.9	Ring B
50.8	65.4	652	680	-2.0	Ring B
46.6	56.6	607	633	-2.1	Ring B
41.3	46.8	552	576	-1.5	Ring B
38.1	43.6	533	556	1.7	Ring B
32.0	31.3	452	472	-0.2	Ring B
26.3	21.1	371	387	-3.0	Ring B
3.0	n/a				

Test 1 Baseline (Pa): p01- = 0.0 p01+ = 1.9 p02- = 0.0 p02+ = 3.0

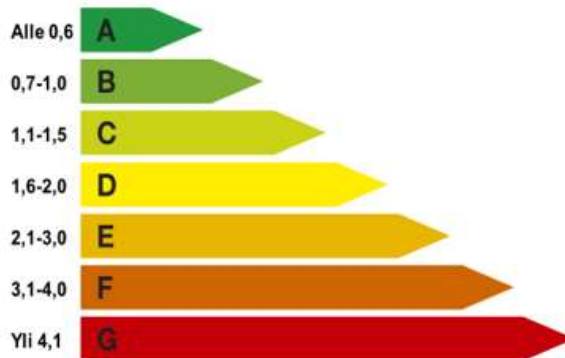
TIIVIYSMITTAUSRAPORTTI

OKT Kouri
Linnuntie 60
96440 ROVANIEMI



Julkisivu

TIIVIYSMITTAUSLUOKITUS



q50 **n50**

0,6	0,5

<i>Mittaaja</i> <i>Nimi ja koulutus</i>	<i>Petri Kuisma, TkT</i>
Rakennuksen tiiveysmittaaja henkilösertifikaatti nro.	VTT - C - 20281 - 31 - 14

SISÄLLYSLUETTELO

1	YHTEENVETO.....	3
2	KOHTEEN YLEISTIEDOT.....	4
2.1	Rakennuksen tumiste- ja laajuustiedot.....	4
2.2	Tutkimuksen tilaaja.....	4
2.3	Tutkimuksen tavoite.....	4
2.4	Tutkimuksen tekijä.....	4
3	LÄHTÖARVOT.....	4
3.1	Ulko- ja sisäilman olosuhteet.....	4
3.2	Tiiviyksmittauksen kattavuus.....	5
3.3	Mittauksessa käytetyt mittalaitteet ja koejärjestelyt.....	5
4	TULOKSET.....	5
4.1	Mittaustulokset.....	5
4.2	Tulos ja sen arviointi.....	6
4.3	Ilmavuotokohdat.....	6

LIITTEET

- Tiiviyksmittauspöytäkirjat
 - o Mittausraportti

1 YHTEENVETO

Tiiviysmittauksen kohteena on 2010 rakennettu omatalo Linnuntie 60 96440 Rovaniemellä. Rakennuksen oli kauttaaltaan valmis.

Tiiviysmittaus suoritettiin 9.5.2018 klo 12:00 - 15:30 välisenä aikana. Tiiviysmittaus suoritettiin standardin SFS EN 13829 mukaan mittausmenetelmällä B eli IV-kanavat ja muut rakennuksen vaipan läpi menevät aukot tiivistettyinä.

Rakennuksen ilmatiiviysluokka ilmoitetaan lukuna q50, joka kuvaa rakennuksen vaipan läpi vuotavan vuotoilman määrää rakennuksen vaipan pinta-alan suhteessa tunnin aikana koetilanteessa -50 Pascalin alipaineessa. Hyvä arvo $1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ tarkoittaa, että rakennuksen vaipan läpi vuotaa ilmaa yksi kuutiometri jokaista vaipan pinta-alaneliometriä kohti tunnin aikana koetilanteessa -50 Pascalin paine-erolla (sisä/ulko).

Mittausolosuhteet vaihtelivat mittauksen aikana. Mittaustulosten perusteella todetaan, että rakennus oli ilmatiiveydeltään hyvä (alle $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$) vertailuarvoon verrattuna.

Mittauksen epätarkkuus on luokkaa 7-10 %.

2 KOHTEEN YLEISTIEDOT

2.1 Rakennuksen tunniste- ja laajuustiedot

Kohde oli puurakenteinen omakotitalo, joka valmistui vuonna 2018. Tilaajan ilmoittamat pinta-alat ja tilavuudet ovat seuraavat:

- kerrosala 200 m²
- ilmatilavuus 590 m³
- vaipan pinta-ala 477m²

Rakennus on puurakenteinen. Katossa ja seinissä on yhtenäinen höyrysulku. Huoneistossa on koneellinen tulo-/poistoilmanvaihto lämmön talteenotolla.

Kohde sijaitsee osoitteessa Linnuntie 60 96440 Rovaniemi.

2.2 Tutkimuksen tilaaja

Kalle Kouri rakennuksen omistajat.

2.3 Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksella pyrittiin selvittämään rakennuksen ilmatiiviys osana rakentamisen laadunvarmistusta.

2.4 Tutkimuksen tekijä

Tiivysmittauksen suoritti Petri Kuisma, TkT Lapin ammattikorkeakoulusta.

3 LÄHTÖARVOT

3.1 Ulko- ja sisäilman olosuhteet

OLOSUHTEET	ULKOILMA	SISÄILMA
Lämpötila klo 12.00	17 °C	+22 °C
Kosteus (RH)	37 %	32 %
Tuulen nopeus	Heikko, noin 6 m/s	
Ilmanpaine	1020,3 hPa	
Paine-ero 1, julkisivu	- 5 Pa	
Paine-ero 2, takapiha	- 5 Pa	
Sää	Aurinkoinen	

3.2 Tiiviyksmittauksen kattavuus

Tiiviykskoe suoritettiin standardin SFS-EN 13829 ja RT 80-10974 -kortin mukaisesti. Koe suoritettiin sekä ali- että ylipaineella.

3.3 Mittauksessa käytetyt mittalaitteet ja koejärjestelyt

Tiiviyksmittaus aloitettiin mittausolosuhteiden kartoittamisella. Tuuli oli ajoin puuskittaista, mutta muuten mittausolosuhteet pysyivät melko tasaisena mittauksen ajan.

Puhallin kiinnitettiin ulko-oven tilalle ja suoritettiin tarvittavat mittauskytkennät. Suoritettiin vaipan tiivistykset ja vesilukkojen täyttämiset. Myös ilmanvaihtokanavat ja savuhormi oli tiivistetty.

Aluksi rakennus todettiin lievästi alipaineiseksi paine-eromittarilla. Sitten suoritettiin alipainemittaus (-50 Pa).

Käytetyt mittalaitteet:

- Fluke 32 TiR-lämpökamera, kalibroitu 11/2014
- Fluke AirMeter-ilmansuuremittari
- Paine-eromittari Swema 300
- Minneapolis Blower Door-puhallin + ohjausyksikkö, kalibroitu 11/2015
- PC
- Digikamera.

4 TULOKSET

4.1 Mittaustulokset

Rakennuksen ilmatiiiviyksmittausluokitus on seuraava:

- Hyvä taso: $\leq 1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$
- Vertailutaso: $2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$
- Minimitaso: $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$

Alipainemittauksella kohteen ilmapuotoluukuksi saatiin (q_{50}) $0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$.

Liitteenä on ohjelmistosta tulostettu mittausraportti.

4.2 Tulos ja sen arviointi

Saavutettu tulos on hyvää tasoa nykyisten kriteerien mukaan. Mittausepävarmuudeksi arvioitiin 7-10 %.

4.3 Ilmavuotokohdat

Erityisen suuria yksittäisiä ilmavuotoja ei havaittu rakennuksen vaipassa.

BlowerDoor Test													
Test Standard EN 13829, Method A													
Minneapolis BlowerDoor Modell 4 - Tectite Express 3.6.7.0													
Object: 96440 Rovaniemi					Technician: _____ Date: 9.5.2018								
Temperature and Wind Conditions													
Inside Temperature:		22 °C			Wind Force:		6						
Outside Temperature:		17 °C			Number of exterior pressure taps:		1						
Barometric Pressure:		(Standard): 101325 Pa			Building Wind Exposure:		C						
Uncertainty because of Wind (Table Geißler): 50 %													
Depressurization					Pressurization								
Baseline Δp_{01+}		Δp_{01-}		Δp_{02+}		Baseline Δp_{01+}		Δp_{01-}		Δp_{02+}		Δp_{02-}	
(baseline) 7,3 Pa		-		12,1 Pa		(baseline) 11,3 Pa		-0,4 Pa		4,6 Pa		-	
Sets of Measurement													
Ring	Building Pressure	Fan Pressure	Fan Flow V_f	Tolerance	Ring	Building Pressure	Fan Pressure	Fan Flow V_f	Tolerance				
Ø ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m³/h]	[%]	Ø ABCDE	[Pa]	[Pa]	[m³/h]	[%]				
Δp_{01}	7,3	—	—	—	Δp_{01}	10,9	—	—	—				
C	-58	261	340	-0,29	C	81	253	335	0,83				
C	-57	258	338	-0,13	C	80	192	291	-12,38				
C	-50	213	306	-1,16	C	66	203	299	3,72				
C	-47	210	305	1,52	C	65	200	297	3,52				
C	-44	206	301	4,99	C	61	170	273	0,49				
C	-31	119	227	-3,50	C	54	164	268	7,34				
C	-32	123	231	-3,55	C	50	145	251	6,30				
C	-28	111	219	-0,26	C	48	128	236	2,97				
C	-22	84	190	-1,38	C	38	75	179	-6,56				
C	-19	82	187	4,12	C	38	77	181	-4,43				
Δp_{02}	12,1	—	—	—	Δp_{02}	4,6	—	—	—				
Correlation Coefficient r :		0,993		Confidence interval		Correlation Coefficient r :		0,953		Confidence interval			
C_{env}	[m²/(h Pa²)]	14	max. 19	min. 11	C_{env}	[m²/(h Pa²)]	22	max. 42	min. 12				
C_L	[m²/(h Pa²)]	14	max. 19	min. 11	C_L	[m²/(h Pa²)]	22	max. 42	min. 12				
n	[-]	0,75	max. 0,82	min. 0,67	n	[-]	0,63	max. 0,80	min. 0,47				

Results		V =	590 m ³	A _F =	200 m ²	A _E =	477 m ²	
	V ₅₀	Uncertainty	n ₅₀	Uncertainty	w ₅₀	Uncertainty	q ₅₀	Uncertainty
	m ³ /h	%	1/h	%	m ³ /m ² h	%	m ³ /m ² h	%
Depressurisation	269	+/- 51 %	0,46	+/- 51 %	1,3	+/- 51 %	0,56	+/- 51 %
Pressurisation	264	+/- 51 %	0,45	+/- 51 %	1,3	+/- 51 %	0,55	+/- 51 %
Average	267	+/- 51 %	0,45	+/- 51 %	1,3	+/- 51 %	0,56	+/- 51 %

Regulation complied with: **Input**

Maximum allowable:

Select

Note: The result does not exclude faults in the construction.

Business Info:

Date, Sign Stamp

BlowerDoor Air Leakage Graph
Object:

