

# Puuelementtien välisen sauman tiivistys kumitiivisteellä

Eero Tuominen<sup>1</sup>, Juha Vinha<sup>1</sup> ja Jarno Naskali<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tampereen yliopisto, rakennustekniikka, rakennusfysiikka

<sup>2</sup> Timberfinder

## Tiivistelmä

Vuoden 2019 aikana tehdyissä laboratorionkokeissa tutkittiin puurakenteisten yläpohja- ja seinäelementtien välisen sauman tiivistämiseen suunnitellun F-tiivisteiden toimivuutta. Pienoiskoossa toteutettu F-tiivisteellä tiivistetty sauma asetettiin märkäkuppikokeeseen sauman läpi kulkevan kosteusvirran selvittämiseksi. Tutkimuksessa ei ollut mukana sauman yli vallitsevaa paine-eroa, joka tavanomaisissa rakenteissa oletettavasti lisäisi sauman vuotoa. Tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että kumitiivisteellä ei saavuteta hyvää diffuusiotiiveyttä.

## 1. Johdanto

Tässä tutkimuksessa selvitettiin märkäkuppikokeella puurakenteisten yläpohjaelementtien välisen sauman tiivistämiseen suunnitellun F-tiivisteiden toimivuutta. Tavoitteena on selvittää, onko elementtisauman tiiveys riittävä rakennuksen ulkovaipan osaksi pelkkää F-tiivistettä käytettäessä. F-tiivisteellä on tarkoitus korvata yleisesti käytössä oleva polyuretaanivaahdolla tiivistäminen, joka on aikaa vievä työvaihe elementtiasennuksessa.

## 2. Tutkittava rakenne ja mittausmenetelmä

Tutkimuksessa käytetty F-tiiviste on suunniteltu käytettäväksi puurakenteisten yläpohjaelementtien saumoissa höyryn- ja ilmansulkuna. Tyypillisesti näissä rakenteissa lähellä rakenteen sisäpintaa on asennettuna muovikalvo, jonka jatkeena tiiviste toimii elementtisaumoissa. Lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan näkökulmasta tiivisteiden tulee olla paitsi diffuusiotiivis, myös kestävä rakenteen yli vallitsevan paine-eron aiheuttama konvektiovirtaus sauman läpi.

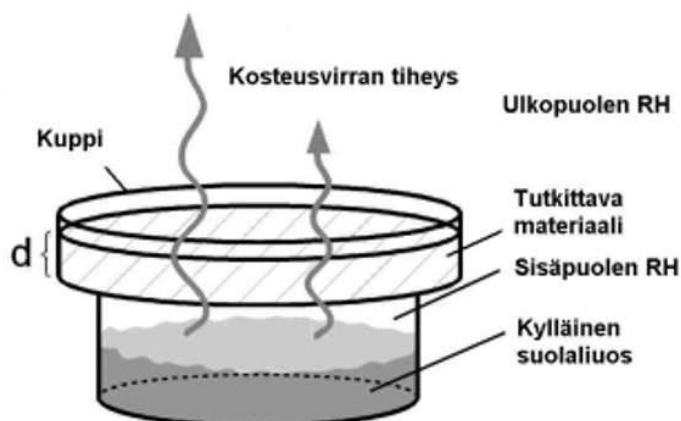
Tutkimuksessa päätettiin selvittää ensin sauman diffuusiotiiveys märkäkuppikokeella; ilmatiiveyden osalta tarvittaisiin toinen koejärjestely, joka suunniteltiin tehtäväksi diffuusiokokeista vapautuvilla koekappaleilla. Ilmatiiveyden mittausta ei tätä kirjoitettaessa ole vielä tehty, koska diffuusiokoe on edelleen kesken.

### 2.1 Märkäkuppikoe

Tyypillisesti standardin [1] mukaisella märkäkuppikokeella määritetään materiaalin vesihöyrynläpäisevyys koekappaleen läpi kulkevan kosteusvirran perusteella. Nyt tutkittavan sauman diffuusiotiiveyden määrittäminen päätettiin toteuttaa samaa koejärjestelyä mukailen.

Materiaalin vesihöyrynläpäisevyyden mittaaminen kuppikokeella (kuva 1) perustuu kosteuden tasaiseen virtaukseen. Kokeessa materiaali asennetaan tiiviiksi kanneksi kuppiin, jonka sisällä on vakiona pysyvä suhteellinen kosteus, joka saadaan aikaan suolaliuoksella. Kuppi viedään kosteushuoneeseen, jonka ilman suhteellinen kosteus eroaa kupin sisällä olevasta. Koe

suoritetaan vakioämpötilassa, jolloin vakiona pidettävästä suhteellisesta kosteudesta seuraa vakio vesihöyrypitoisuus. Vesihöyrypitoisuusero aiheuttaa kosteusvirran testattavan kappaleen läpi.



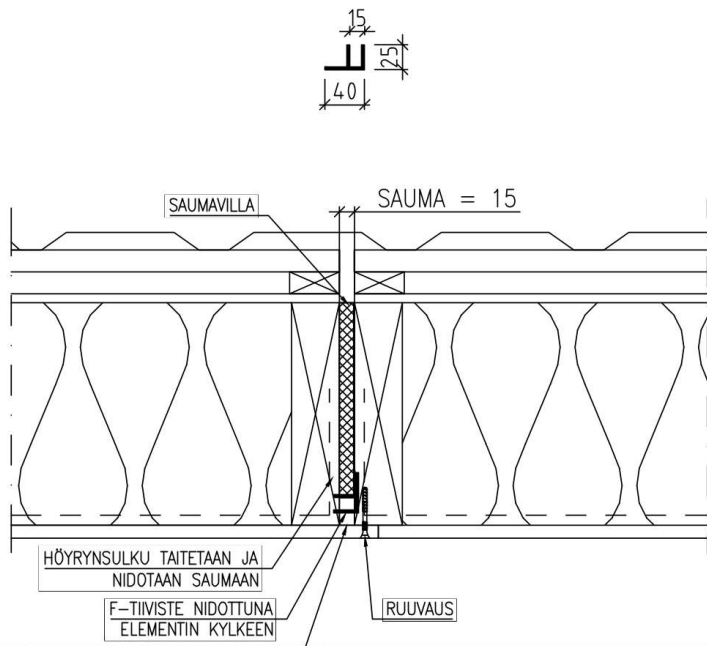
Kuva 1. Märkäkuppikokeen toimintaperiaate

Kosteusvirran suuruus mitataan seuraamalla kupin painon muutosta. Painomuutoksen perusteella tiedetään kylläisestä suolaliuksesta haihtunut kosteus. Koejärjestelyn virhelähteitä ovat muun muassa lämpötilan vaihtelu ja siitä seuraava suhteellisen kosteuden vaihtelu, punnitusten tarkkuus sekä käyttäjän tekemät virheet, kuten kylläisen suolaliuksen läikyttäminen punnitusten yhteydessä.

Tässä tutkimuksessa kupin ulkopuolista kosteutta ja lämpötilaa seurattiin ennen tutkimusta tehdaskalibroituilla Vaisalan HMP110 antureilla. Ulkopuoliseksi kosteudeksi valittiin noin 12 % RH, joka toteutettiin kylläisellä Litiumkloridi (LiCl) -suolaliuksella. Sisäpuolisena kosteutena käytettiin puolestaan noin 94 % RH kosteustasoa, joka toteutettiin kylläisellä Kaliumnitraatti (KNO<sub>3</sub>) -suolaliuksella [2]. Sisäpuolella käytetyn suolaliuksen tuottama kosteustaso tarkastettiin ennen kokeiden aloitusta myöhemmin ulkopuolisen kosteuden seurantaan käytetyillä antureilla. Kosteustasojen ero haluttiin suureksi, jotta kosteusvirta olisi mahdollisimman suuri ja näin punnituksissa käytetyn Sartorius ED6202S-CW -vaa'an lukematarkkuus 0,01 g aiheuttaisi mahdollisimman vähän haittaa. Tutkimuksen aikana lämpötila oli 22 °C ± 1 °C.

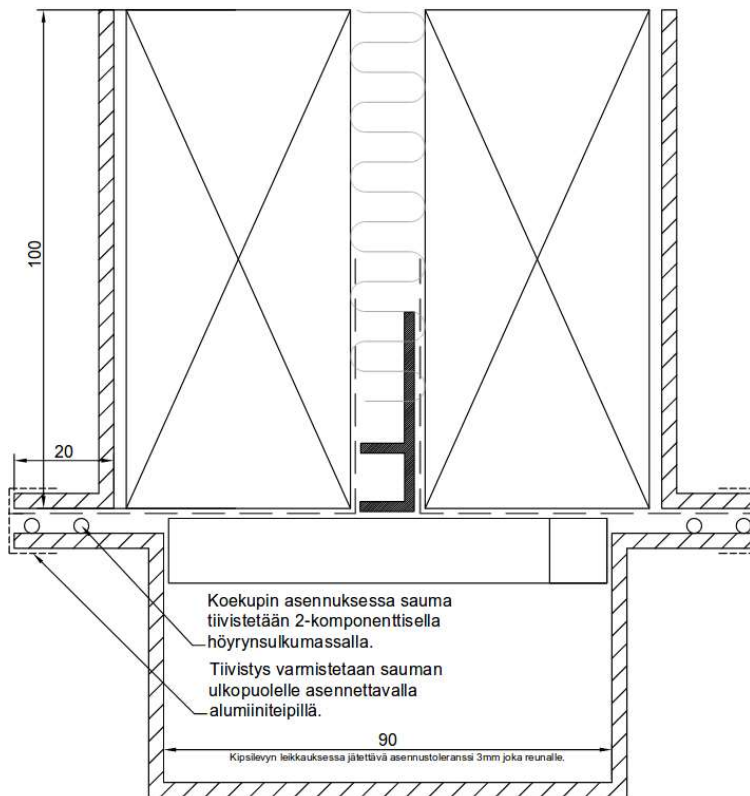
## 2.2 Koekappaleet

Koekappaleet rakennettiin edustamaan kuvan 2 mukaista saumarakennetta. Elementtisaumassa puurankarunko on verhottu sisäpinnastaan kipsilevyllä, jonka takana kulkee höyrynsulkumuovi. Puurankojen väli on eristetty mineraalivillalla ja ulkopinnassa käytetään tuulensuojakipsilevyä. Tuulensuojakipsilevyn ulkopuolella on tarvittavat koolaukset ja tuuletusrako sekä ulkoverhoilu. Sauman kohdalla höyrynsulku taitetaan puurangan kylkeen. F-tiivistettä käytetään saumaan muodostuvan kahden höyrynsulkumuovin välisen, noin 15 mm leveän sauman tiivistämiseen. F-tiivisteen ulkopuolella rakenteessa on lisäksi mineraalivillakaista sauman lämmöneristeinä.



Kuva 2. F-tiivisteiden dimensiot ja F-tiivisteellä toteutettu puurakenteisten elementtien sauma

Lähelle sisäpintaa asennetulla yhtenäisellä höyrynsulkumuovilla toteutetun puurankarakenteen kosteustekninen toiminta on yleisesti tunnettu hyväksi, jos muovikalvon epäjatkuvuuskohtat saadaan tiivistettyä asiallisesti. Tästä johtuen saumarakennetta mukailevaan koekappaleeseen ei otettu mukaan mineraalivillaeristeistä osaa ja rakenne koostuu ainoastaan sisäpuolisesta verhouksesta, höyrynsulkumuovista, puurangoista ja F-tiivisteestä sekä saumavillasta (kuva 3).



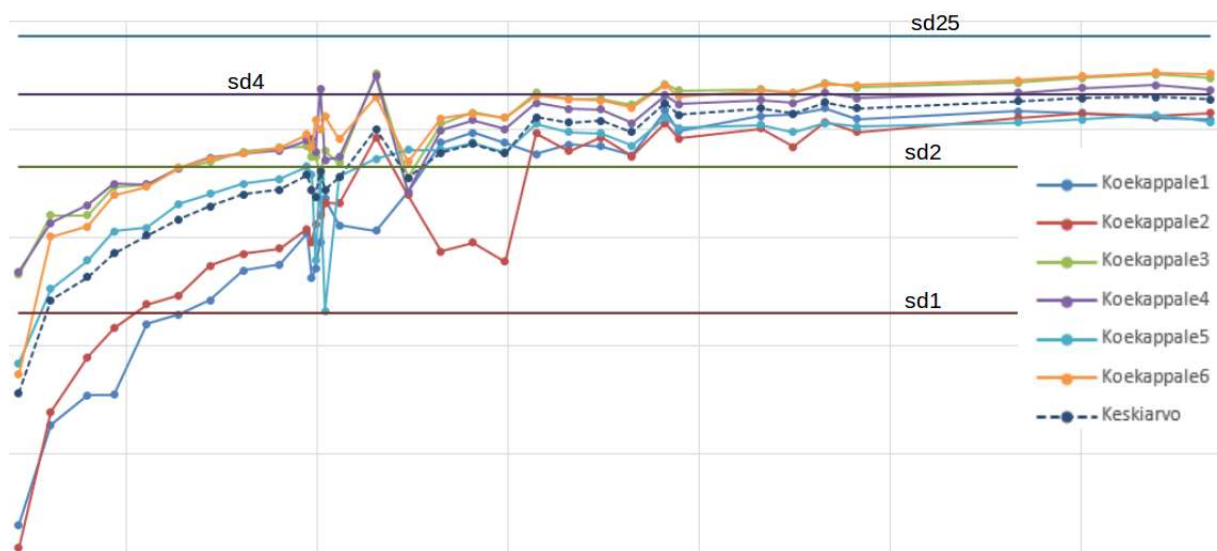
Kuva 3. F-tiivisteiden dimensiot ja F-tiivisteellä toteutettu puurakenteisten elementtien sauma

Rankojen paksuus on rajattu 100 mm:n, jotta puurankojen kosteuspitoisuuden tasapainottuminen olisi nopeampaa. Ulkopinnan tuulensuojalevyä ei ole suunniteltu jatkettavaksi sauman yli, eikä tuulensuojaa siksi otettu mukaan tutkittavaan koekappaleeseen. Sisäpinnan kipsilevyllä sen sijaan voi olla vaikutusta rakenteen toimintaan ja se on asennettu sauman päälle ennen koekappaleen asentamista kupin kanneksi.

Saumarakennetta varten valmistettiin punnituksiin käytetyn vaa'an kapasiteetti huomioiden sopivan kokoiset koekupit, joiden kanneksi koekappale asennetaan. Itse saumarakenne asennettiin ja tiivistettiin peltisen kehyksen sisälle, jotta kosteusvirta rakenteen reunoilta tulisi estetyksi. Sauman kokonaispituudeksi rajautui 220 mm kupin avoimen pinnan ollessa 90x200 mm<sup>2</sup>.

### 3. Tulokset

Koekappaleiden punnitustuloksista koostetut painomuutoskuvaajat [g/h] on koostettu kuvaan 4. Kuvassa on lisäksi vaakasuorat viivat, jotka kuvaavat  $S_d$  -arvoltaan 1 (hengittävyden "yläraja"), 2 (ilmansulkupaperi), 4 (tutkittu koekappale) ja 25 (mukautuva höyrynsulkumuovi) tuotteita. Kuvaajasta voidaan myös havaita, että koejärjestelyn tasaantuminen on vienyt yli neljä kuukautta aikaa, mikä sinänsä oli odotettavissa, koska paksujen puukappaleiden tasaantuminen on hidasta.



Kuva 4. Mitattujen koekappaleiden painomuutoskuvaajat sekä vertailuksi laskennalliset painomuutokset muutaman eri vesihöyrynvastuksen kalvoilla.

$S_d$ -lukuja vastaavien painomuutosten laskennassa on käytetty kokeiden kuppikokoja 90x200mm<sup>2</sup>, eikä niitä siksi voi verrata F-tiivistetyn sauman läpäisevyyteen; puun ja höyrynsulkumuovin vesihöyrynläpäisevyys on tunnetusti suuri ja siksi enin osa kosteusvirrasta on virrannut nimenomaan F-tiivisteellä toteutetun sauman kautta oleellisesti kuppia pienemmän pinta-alan läpi. Jos käytetään laskennassa sauman todellista keveyttä (15 mm), niin tiivisteiden diffuusiovastuserroin on ollut keskimäärin  $S_d = 0,57$  m, joka vastaa vesihöyrynvastusta  $2,89 \cdot 10^9$  m<sup>2</sup>sPa/kg.

Pinta-alaan suhteutetut diffuusiotiiveyttä kuvaavat luvut eivät sovi kuvaamaan sauman tiiveyttä. Voidaan kuitenkin todeta, että sauman läpi virtaa merkittävästi enemmän kosteutta kuin oli odotettavissa; diffuusiovastuksesta iso osa syntyy jo yksin kipsilevystä ( $S_d = 0,12$  m).

#### 4. Yhteenveto

Tutkimuksessa mitattiin kosteusvirtaa F-tiivisteellä toteutetun puuelementtisauman läpi. Tutkitun saumarakenteen läpi kulkenut kosteusvirta on höyrinsulkumuovin ja puun merkittävästä vesihöyrynvastuksesta johtuen virrannut enimmäkseen sauman kautta. Koko testatun saumarakenteen (90x200 mm<sup>2</sup>) pinta-alalle laskettuna diffuusiovastuskerroin ( $S_d$ ) oli noin 3,5 m ( $2,89 \cdot 10^{-9}$  m<sup>2</sup>sPa/kg) ja vastaavasti todelliselle sauman pinta-alalle laskettuna (15x200 mm<sup>2</sup>)  $S_d = 0,57$  m ( $1,8 \cdot 10^{-10}$  m<sup>2</sup>sPa/kg). Saumarakenteen diffuusiotiiveys on heikko ja vertautuu hengittäviin rakenteisiin. Tiivisteiden ilmatiiveyttä ei testattu, joten tiivisteiden käyttöä tutkitun tyyppisissä saumoissa ei voi suositella.

#### Lähdeluettelo

- [1] SFS-EN ISO 12572:2001
- [2] SFS-EN ISO 12571:2013