



RAPORTTI

FCLT-HANKE | CLT-LIITOKSET

2. TAMMIKUUTA 2018

Tausta ja tavoite

FCLT-hankkeessa on tarkoitus lisätä puurakentamista hankkeen toimialueella. CLT-liitosten pilotti käynnistyi keväällä 2017 asiakasyrityksen kontaktista, jolla oli tarve selvittää naulaton ja ruuviton CLT- seinäliitos. Puuliitoksista tehtiin taustatutkimus, jonka perusteella testiin valittiin kolme liitosta: BTALU-palkkikannatin (kuva 1), ETB-päätykiilakiinnike (kuva 2) ja puinen kiilaliitos (kuva 3). Testauksen tavoite oli selvittää puisen kiilaliitoksen ilmanpitävyys- ja vesitiiviys sekä mitata vertailuarvot palkkikiinnitykseen tarkoitetuilla kiinnikkeillä. Liitosten valintaan vaikutti liitosten oletettu käyttäytyminen testissä. Kaikki kolme liitosta testattiin ilman tiivistettä sekä puinen kiilaliitos myös tiivistettynä.

Rakennuksen ilmapitävyys koostuu yksittäisten rakennusosien ominaisuuksista. Ilmapitävyydellä on vaikutusta rakennuksen fysikaaliseen käyttäytymiseen. CLT-levyn kerroksittainen rakenne tekee itse materiaalista syrjäliimattuna hyvin ilmatiiviin. Oleellinen ilmavuodon kohde on levyjen liitoskohta.



Kuva 1. BTALU-palkkikannatin



Kuva 2. ETB-päätykiilakiinnike

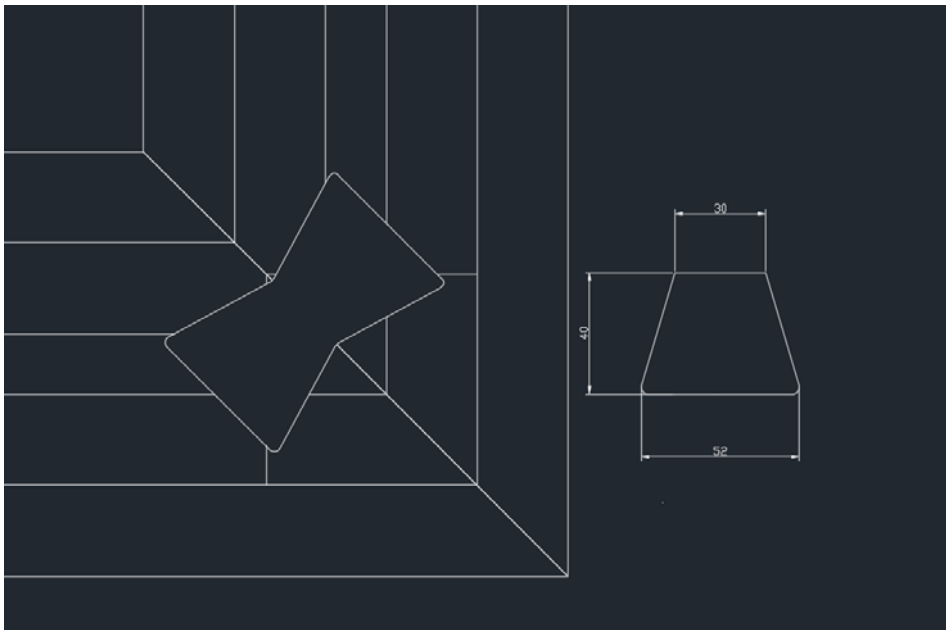


Kuva 3. Puinen kiilaliitos

Liitosten materiaali tilattiin CLT Finland Oy:ltä. Levytyyppi oli 140 mm vahva, syrjäliimattu 5-kerroksinen levy, jonka lamellien paksuudet olivat 30-30-20-30-30 mm. Levyt työstettiin CNC-koneella kokoon 950 mm x 630 mm, jonka yhteydessä niihin työstettiin tarvittavat urat ja upotukset. BTALU-palkkikannattimelle työstettiin myös kiinnitystappien reiät. BTALU-kannattimen liitos ei tiivistynyt, koska liitoksella ei ollut kiilaavaa vaikutusta ja poikkesi näin oleellisesti ETB-kiinnikkeestä sekä puisesta kiilaliitoksesta. BTALU-kannattimia asennettiin korkeussuunnassa 950 mm:n matkalle kolme kappaletta.

ETB-päätykiilakiinnike vaikutti asennettaessa tiiviiltä kiilautuvuuden ansiosta. Kiinnikkeitä asennettiin 950 mm:n matkalle kaksi kappaletta. Myös ETB-kiinnikettä käytettäessä kiinnikkeiden väliin jäi tyhjää ilmatilaa, mutta saumassa ei ollut suoraa ilmarakoa sisältä ulospäin. Liitoksen kiilautuvuuden ansiosta oletus oli, että liitoksen ilmanpitävyys on hyvä.

Puinen kiilaliitos (kuva 4.) mukaili X-fix L –kiilaliitosta, joka on itävaltalaislähtöinen seinäliitostapa. Liitoksessa ei käytetä ruuveja tai muita vastaavia menetelmiä CLT-levyjen kiinnittämiseen toisiinsa. Liitettävien seinäelementtien päihin työstettiin lohenpyrstön mallinen ura. Seinäelementit kiinnitettiin toisiinsa kahdella, kiilamuotoon työstetyllä vanerista valmistetulla soirolla.



Kuva 4. Puinen kiilaliitos

Testaus

Jokaiselle liitokselle suoritettiin ilmanläpäisevyyden- ja vesitiiveyden testaus noudattaen standardeja SFS-EN 1026 (IKKUNAT JA OVET. ILMANLÄPÄISEVYYS. TESIMENETELMÄT) ja SFS-EN 1027 (IKKUNAT JA OVET. VESITIIVIYS. TESTIMENETELMÄ). Testit suoritettiin Centria-ammattikorkeakoulu Oy:n olosuhdelaboratoriossa. Testitilan lämpötila vaihteli välillä 20-22 °C, suhteellinen kosteus välillä 30-42 % ja ilmanpaine 995-1000 hPa. Testilaitteistona käytettiin ikkuna- ja ovitestauksiin tarkoitettua laitteistoa (kuvat 5-7). Taulukossa 1 on esitettynä testilaitteiston mittausantureiden tyyppi- ja kalibrointitiedot.

Ikkuna- ja Ovitestauskammio			
Laite	Tyyppi / nro.	sn:	Kalibrointi/vertailumittaus
Paine-erolähetin	Satron HD3SD27SHD	434450044	12.5.2016
Paine-erolähetin	Satron VD3SD27SHo	650650079	13.5.2016
Lineaarianturi	LT-M 0050-S	96441229	17.12.2015
Lineaarianturi	LT-M 0050-S	94310235	17.12.2015
Lineaarianturi	LT-M 0050-S	4460849	17.12.2015

Taulukko 1. Testilaitteiston mittausantureiden tyyppi- ja kalibrointitiedot (Lähde: Pasi Polvi, Centria-ammattikorkeakoulu Oy)

Testikappaleille valmistettiin sovite (kuva 8) testikammioon. Sovitteeseen työstettiin 400*950 mm kokoinen aukko testikappaleita varten. Testikappaleet kiinnitettiin sovitteeseen tukipuiden ja ruuvien avulla. Sovitteen ja testikappaleiden välinen liitos tiivistettiin silikonilla, samoin kuin ruuvien kannat (kuvat 9-11). Kiinnityksen ja tiivistämisen jälkeen silikonin annettiin kuivua vuorokausi ennen testin aloittamista. Liitoksen vaakasuorat saumat suojattiin. Testin kokonaiskesto oli 2-3 tuntia riippuen rakenteen tiiveydestä. Testin päätyttyä testikappale vaihdettiin ja liitokset tiivistettiin uudelleen.



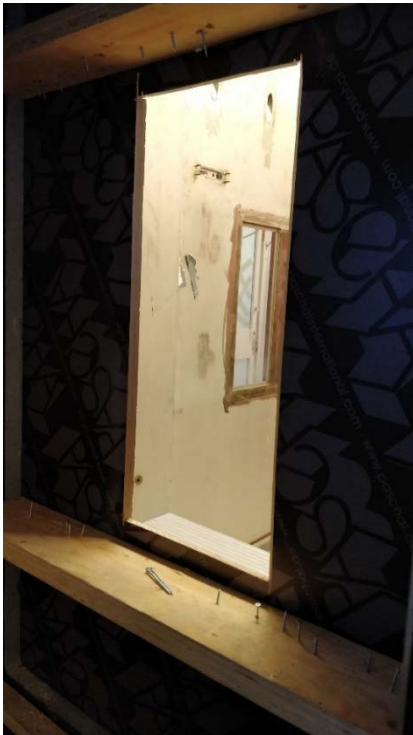
Kuva 5. Testilaitteisto



Kuva 6. Testilaitteisto



Kuva 7. Testilaitteisto



Kuva 8. Sovite sisäpuolelta



Kuva 9. Liitos asennettuna sovitteeseen

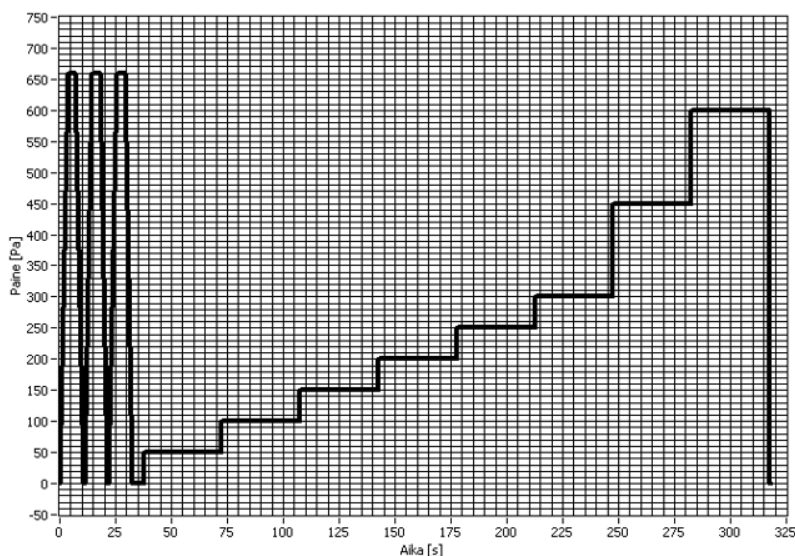


Kuva 10. Liitoksen saumat tiivistettynä



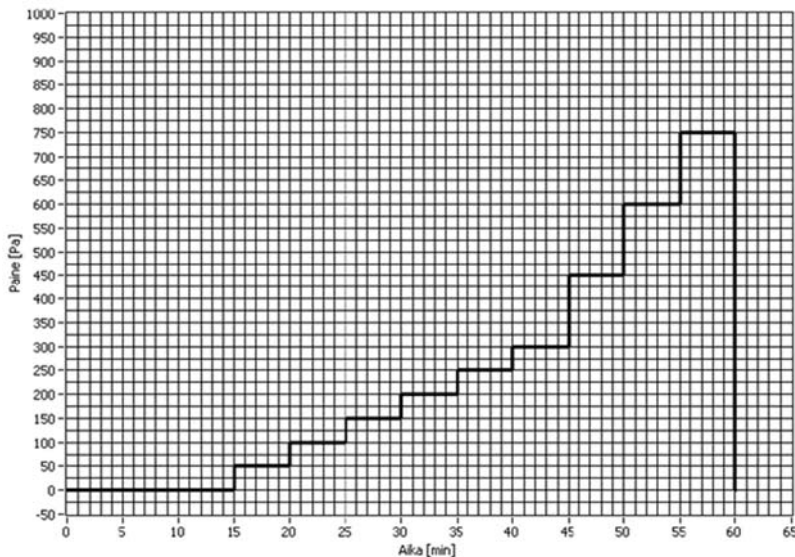
Kuva 11. Sovitteen saumat tiivistettynä

Ilmavuodot rakennuksissa aiheutuvat sisä- ja ulkopuolen paine-eroista. Ilmanläpäisevyyden testimenetelmässä käytettiin maksimi ilmanpaine-erona 600 Pascalia. Testi suoritettiin paineistamalla liitos positiiviseen (ulkoa sisäänpäin) ja negatiiviseen (sisältä ulospäin) suuntaan. Testin alussa testikappaleet altistettiin kolmelle 10 % testin maksimipainetta suuremmalle painepulssille laitteen toimintavarmuuden todentamiseksi. Testissä käytetty paine-eron muutos ajan funktiona on esitetty alla olevassa kuvassa 12.



Kuva 12. Paine-eron muutos ajan funktiona ilmanläpäisevyyden testissä (Lähde: SFS-EN 1026)

Vesitiiviuden testimenetelmässä käytetty maksimi paine-ero oli 600 Pascalia. Paine-eron muutos ajan funktiona on esitetty alla olevassa kuvassa 13.



Kuva 13. Paine-eron muutos ajan funktiona vesitiiviuden testissä (Lähde SFS-EN 1027).

Käytetty ikkunoiden- ja ovien vesitiiviuden testilaitteisto (standardi SFS-EN 1027 IKKUNAT JA OVET. VESITIIVIYS. TESTIMENETELMÄ) poikkeaa seinäelementtien vesitiiviuden testaukseen tarkoitetusta testilaitteistosta (standardi SFS-EN 12155 JULKISIVUJÄRJESTELMÄT. VESITIIVIYS. LABORATORIOTESTI STAATTISELLA PAINEELLA) siten, että siinä suuttimet sijaitsevat 700 mm sijasta 400 mm:n etäisyydellä toisistaan. Molemmissa standardeissa suutinten veden tuotoksi on määritetty 2 litraa minuutissa suutinta kohden. Ikkuna- ja ovien vesitiiviuden standardin mukaisesti suutin asetettiin avautuvat sauman (tässä tapauksessa liitossauman) ylälaidan korkeudelle 24 asteen kulmaan 40 cm pinnasta. Suuttimista avautuva vesisuihkun kulma on 120 astetta, jolloin koko testikappale altistui kosteudelle. Liitosten vedenpitävyyden luokittelu on tehty seinäelementeille arviointiin tarkoitetun standardin SFS-EN12154:1999 (CURTAIN WALLING. WATERTIGHTNESS. PERFORMANCE REQUIREMENTS AND CLASSIFICATION) mukaisesti aiemmin esitetyistä testimenetelmien poikkeamista huolimatta.

Tulokset

Testikappaleiden ilmanpitävyyden luokittelu tehtiin standardin SFS-EN 12152 (CURTAIN WALLING. AIR PERMEABILITY. PERFORMANCE REQUIREMENTS AND CLASSIFICATION) mukaisesti. Standardissa annetaan luokitusohjeistus rakenteen ilmanpitävyydelle testatun ilmanläpäisevyyssarvon perusteella. Luokituksessa huomioidaan rakenteen saumojen pituus. Luokitus on esitettyinä taulukossa 2.

Maksimipaine $P_{\max}$ (Pa)	Ilmanläpäisevyys $m^3/m \cdot h$	Luokka
150	0,5	A1
300	0,5	A2
450	0,5	A3
600	0,5	A4
> 600	0,5	AE

Taulukko 2. Ilmanpitävyyden luokitus huomioiden rakenteen saumojen pituus (Lähde SFS-EN 12152).

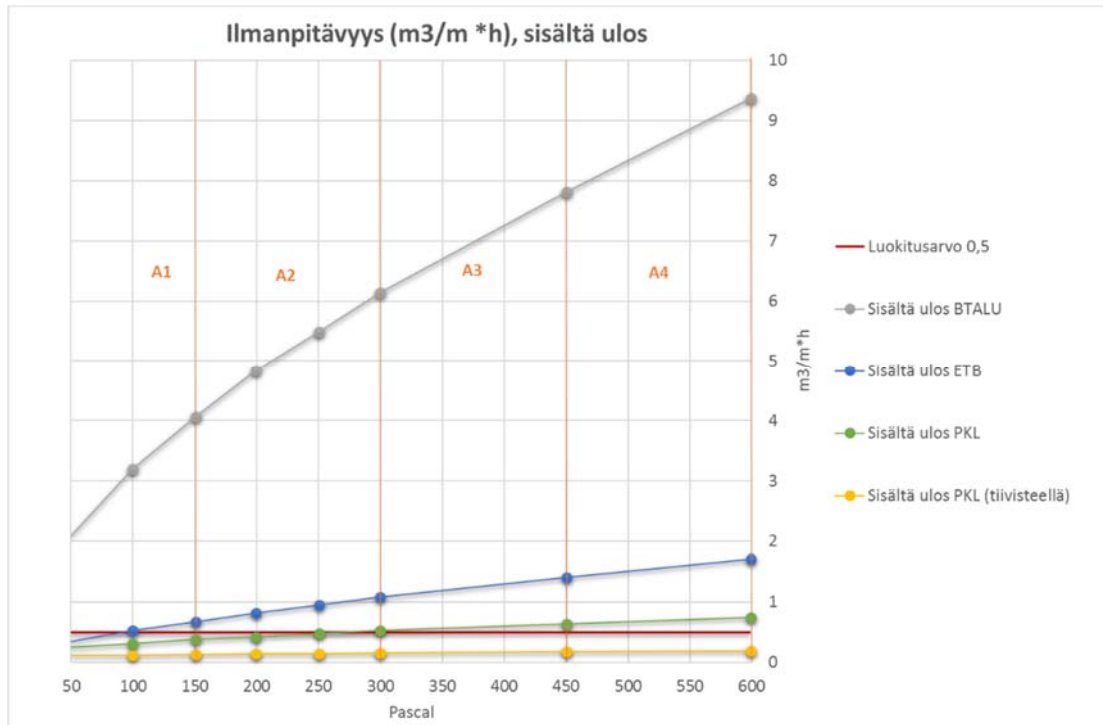
Taulukossa 3 on esitettyä ilmanläpäisevyyden mittausarvot. Mittausarvot on suhteutettu testikappaleen korkeuteen (0,950 m), jotta arvoa voidaan suoraan verrata luokitusarvon yksikköön ($m^3/m \cdot h$). Ilman tiivistettä BTALU- ja ETB- kiinnikkeet eivät saavuttaneet alinta ilmanpitävyyden luokitusarvoa. Puinen kiilaliitos (PKL) saavutti ilman tiivistystä luokituksen A1 molempiin paineistussuuntiin, mutta oli tiiviimpi paineistaessa sisältä ulospäin. Käytettäessä tiivistenauhaa HBD XL 20/2 puinen kiilaliitos kesti yli 600 Pascalin paineen molempiin paineistussuuntiin.

	Paine	Ulkoa sisälle BTALU	Sisältä ulos BTALU	Ulkoa sisälle ETB	Sisältä ulos ETB	Ulkoa sisälle PKL	Sisältä ulos PKL	Ulkoa sisälle PKL (tiivisteellä)	Sisältä ulos PKL (tiivisteellä)
Ei luokitusta	49,7	2,011	2,085	0,296	0,352	0,291	0,254	0,029	0,112
	99,53	3,106	3,196	0,470	0,529	0,409	0,316	0,050	0,123
A1	150,61	3,984	4,058	0,614	0,676	0,489	0,382	0,060	0,128
	199,58	4,723	4,836	0,739	0,815	0,567	0,424	0,076	0,136
	250,44	5,429	5,488	0,860	0,951	0,629	0,474	0,084	0,144
A2	299,89	6,046	6,136	0,974	1,086	0,700	0,523	0,094	0,150
A3	450,25	7,741	7,812	1,275	1,410	0,879	0,639	0,119	0,176
A3	599,31	9,175	9,376	1,533	1,712	1,037	0,747	0,143	0,196

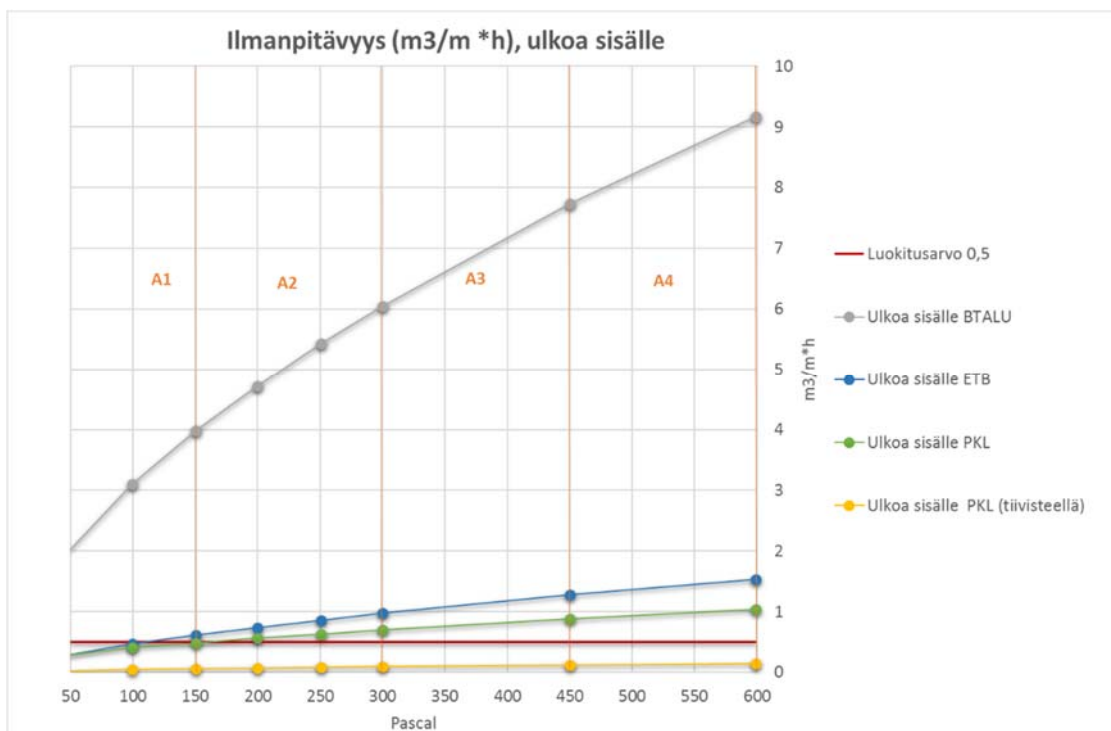
Taulukko 3. Ilmanläpäisevyyden mittauksen arvot tuotteittain sekä ilmanpitävyyden luokitus.

BTALU-liitoksen kannattimien väliin jäänyt ilmatila heikensi ilmanpitävyyden luokitusarvoa. Liitoksessa olisi tullut käyttää kiinnittimien välissä tiivistettä tiiviimmän rakenteen saavuttamiseksi.

Kuvissa 14 ja 15 on esitettyä ilmanpitävyys sauman pituuden suhteen eri liitoksilla ja paineistussuunnan mukaan. Raja-arvo on merkitty punaisella vaakaviivalla ($0,5 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$).



Kuva 14. Ilmanpitävyys sisältä ulos ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$), huomioiden rakenteen saumanpituus.



Kuva 15. Ilmanpitävyys ulkoa sisälle ($\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{h}$), huomioiden rakenteen saumanpituus.

Testiliitosten vedenpitävyyden luokittelu tehtiin standardin SFS-EN 12154 (CURTAIN WALLING. WATERTIGHTNESS. PERFORMANCE REQUIREMENTS AND CLASSIFICATION) mukaisesti. Standardin mukainen luokittelu on esitettynä alla olevassa taulukossa 4 ja taulukossa 5 on esitettynä testikappaleiden saavuttamat vedenpitävyyden luokitusarvot.

Maksimi testipaine P_{max} Pa	Luokitus
150	R4
300	R5
450	R6
600	R7
Yli 600	RE XXX

Taulukko 4. Vedenpitävyyden luokittelu (Lähde SFS-EN 12154).

Liitos	Vedenläpäisyypaine (Pa)	Luokituspaine (Pa)	Luokka
BTALU	300 Pa	300 Pa	R5
ETB	450	450 Pa	R6
Puukiilaliitos	1200 Pa	1050 Pa	E1050
Puukiilaliitos tiivisteellä	750 Pa	600 Pa	R7

Taulukko 5. Testikappaleiden vedenpitävyyden luokittelu SFS-EN 12154 mukaisesti.

Huomionarvoista testissä on, että tiivistetty puinen kiilaliitos sai heikomman vedenpitävyyden luokitusarvon kuin puinen kiilaliitos ilman tiivistettä.