



**EN-STANDARDIEN MUKAISTEN
TESTIEN KEHITYS JA
KÄYTTÖÖNOTTO
LAATTALIIMOILLE**

Anssi Aulu

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2012
Laboratorioalan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Laboratorioalan koulutusohjelma

ANSSI AULU:

EN-standardien mukaisten testien kehitys ja käyttöönotto laattaliimoille

Opinnäytetyö 40 sivua, josta liitteitä 9 sivua
Kesäkuu 2012

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää ja ottaa käyttöön EN-standardien mukaisia testausjärjestelmiä laattaliimoille CE-merkintää varten sekä testata, miten kolme eri liimaa suoriutuvat testeistä. Merkinnän saanti edellyttää virallisen testauslaitoksen antamaa hyväksyntää sekä säännöllisesti suoritettavia testejä, joihin kuuluvat leikkausmurtolujuus, avoin aika ja valuma. Laattaliimoilla tarkoitetaan mm. keraamisten laattojen kiinnitykseen käytettäviä liimoja.

Työ suoritettiin Kiilto Oy:lle, joka valmistaa kemianteollisuuden tuotteita. Kiilto Oy:n kaksi laattaliimaa (dispersioliima I ja reaktiivinen liima) sekä erilaisten levyjen kiinnittämiseen tarkoitettu liima (dispersioliima II) testattiin mainituilla menetelmillä. Dispersioliima I oli aiemmin lähetetty viralliseen testauslaitokseen, jossa se oli läpäissyt kaikki testit. Liimojen nimiä ei tässä työssä haluttu paljastaa. Työ oli tarpeellinen, koska CE-merkintä tulee pakolliseksi rakennustuotteisiin heinäkuussa 2013 ja menetelmät haluttiin testata ja ottaa käyttöön hyvissä ajoin.

Kiilto Oy:llä oli jo käytössä valuma- sekä avoin aika -testit kiinnityslaasteille, mutta täysin uutena asiana tuli leikkausmurtolujuustestin käyttöönotto. Kiillon oma valumatesti ei ollut aivan standardin mukainen, vaan hieman vaativampi. Yksikään testatuista liimoista ei koetta läpäissyt, joten oli kehitettävä standardin mukainen testausjärjestelmä.

Liimat itsessään suoriutuivat kokeista seuraavanlaisesti: Dispersioliima I läpäisi kaikki neljä leikkausmurtolujuustestiä, kun taas reaktiivinen liima ja dispersioliima II eivät antaneet vaadittuja tuloksia yhdessä testeistä. Reaktiivinen liima ja dispersioliima II läpäisivät avoin aika -testit, mutta dispersioliima I:llä ei saatu vaadittavia tuloksia. Valumatestin läpäisi ainoastaan reaktiivinen liima.

Dispersioliima I ei antanut vaadittua tulosta avoin aika -kokeesta, joten reseptin muuttaminen aloitettiin ja projekti Kiilto Oy:ssä jatkuu, kunnes liima saavuttaa hyväksytyt tulokset avoin aika -testissä. Työn varsinaiset tavoitteet saavutettiin: Testausjärjestelmät jokaista menetelmää varten rakennettiin onnistuneesti ja jokaisesta menetelmästä tehtiin yksityiskohtaiset työohjeet. Kaikki liimat testattiin kehitetyillä menetelmillä.

Asiasanat: laattaliimat, leikkausmurtolujuus, avoin aika, valuma, EN-standardit.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Laboratory Science

AULU, ANSSI:

Test Development and Establishment for Tile Adhesives in Accordance with EN Standards

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 9 pages
June 2012

The objective of this thesis was to develop and establish test systems in accordance with EN standards for tile adhesives and their CE markings. In addition, three different tile adhesives were to be tested and their performance observed. Adhesive needs to be tested and approved by official testing facility to be entitled for CE marking. Tests have to be regularly conducted for quality control purposes and they include shear adhesion strength, open time, and slip.

The project was carried out for Kiilto Oy which manufactures chemical industry products. The names of the three adhesives used in this project were kept confidential. The project was necessary, because CE marking for construction products is becoming compulsory in July 2013 and methods were to be established and tested before that.

There were already existing tests for slip and open time for cementitious adhesives in Kiilto Oy. The slip test was a variation of the one presented in the standard and slightly more demanding. None of the adhesives passed the test, and therefore a test system in accordance with the standard was to be established. The test to measure shear adhesion strength was completely new.

The objectives of this study were accomplished. The test systems for shear adhesion strength, open time, and slip were successfully established, and all three adhesives were tested with those methods. Comprehensive work instructions were made for each method.

Key words: tile adhesive, shear adhesion strength, open time, slip, EN standards.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	RAKENNUSTUOTEASETUS JA CE-MERKINTÄ.....	6
3	TESTAUSMENETELMÄT.....	7
3.1	Leikkausmurtolujuustesti.....	7
3.1.1	Dispersioliimat.....	7
3.1.2	Reaktiiviset liimat.....	9
3.2	Avoin aika.....	10
3.3	Valuma.....	11
4	LAADUNVALVONTA.....	13
4.1	Vaadittavat ominaisuudet.....	13
4.2	Testaustiheys.....	14
5	TESTAUSMENETELMIEN KEHITYS KÄYTÄNNÖSSÄ.....	15
5.1	Leikkausmurtolujuus.....	15
5.2	Avoin aika.....	18
5.3	Valuma.....	20
6	TESTIEN TULOKSET JA TULKINTA.....	22
6.1	Leikkausmurtolujuus.....	22
6.1.1	Dispersioliima I.....	22
6.1.2	Dispersioliima II.....	23
6.1.3	Reaktiivinen liima.....	23
6.2	Avoin aika.....	24
6.2.1	Dispersioliima I.....	24
6.2.2	Dispersioliima II.....	26
6.2.3	Reaktiivinen liima.....	26
6.3	Valuma.....	28
7	POHDINTA.....	29
	LÄHTEET.....	31
	LIITTEET.....	32
	Liite 1. Työohje leikkausmurtolujuuden määrittämiseen dispersioliimoille.....	32
	Liite 2. Työohje leikkausmurtolujuuden määrittämiseen reaktiivisille liimoille.....	35
	Liite 3. Työohje avoimen ajan määrittämiseen laattaliimoille.....	37
	Liite 4. Työohje valuman määrittämiseen laattaliimoille.....	39

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena oli CEN:n (eurooppalainen standardoimisjärjestö) standardien mukaisten testien kehitys ja käyttöönotto laattaliimoille. Standardit käsittelevät sementti- ja dispersiopohjaisia laattaliimoja sekä reaktiivisia laattaliimoja, mutta työ on rajattu kahteen jälkimmäiseen.

Työ tehtiin Kiilto Oy:lle, joka on vuonna 1919 perustettu kemianteollisuuden tuotteita valmistava suomalainen yritys (Kiilto 2012). Yritys toimii Suomen lisäksi Venäjällä, IVY-alueella, Baltiassa, Skandinaviassa ja Puolassa. Kiilto Oy:n liiketoimintaan kuuluu liimojen ja niihin läheisesti liittyvien tuotteiden kehitys, valmistus ja markkinointi. (Kiilto 2012.)

Kiilto Oy:n kahdelle laattaliimalle pyrittiin saamaan hyväksyntä CE-merkinnän käyttöön ja toinen liimoista oli jo saanut viralliselta testauslaitokselta hyväksynnän merkinnän käyttöön. CE-merkintä laattaliimassa vaatii säännöllisiä testauksia, jotka aiotaan suorittaa vastaisuudessa Kiilto Oy:ssä. Työn tavoitteena oli kehittää testausmenetelmät ja soveltaa niitä Kiilto Oy:n käyttöön sekä arvioida menetelmiä tulosten ja käyttökokeusten perusteella. Lisäksi testattiin saako liima vastaavat tulokset, jotka virallinen testauslaitos oli liimasta saanut sekä arvioitiin miten toinen liima suoriutuu testeistä. Lisäksi arvioitiin miten levyjen liimaamiseen tarkoitettu erikoisliima, jolle ei kuitenkaan olla hakemassa CE-merkintää, suoriutuu kokeiluista. Kaikki kolme liimaa olivat olleet markkinoilla jo pitkään.

Laattaliimoille tehtäviin testeihin kuuluvat valuman, avoimen ajan sekä leikkausmurto-
lujuuden määrittäykset, joissa seurataan yhteensä viittä eri EN-standardia. Yhtiön käytössä oleva valumakoe oli hieman standardista poikkeava, joten testi suoritettiin molemmilla tavoilla. Leikkausmurtolujuutta mittaava testausjärjestelmää ei ole ennen käytetty Kiilto Oy:ssä, joten sen kehittämisellä oli suurin painoarvo.

2 RAKENNUSTUOTEASETUS JA CE-MERKINTÄ

EU:n uusi rakennustuoteasetus julkistettiin huhtikuussa 2011. Sen myötä eurooppalainen CE-merkintä (ransk. *Conformité Européene*) tulee kaikissa EU:n jäsenmaissa pakolliseksi rakennustuotteisiin heinäkuussa 2013 (Ympäristöministeriö 2011). Ennen tätä ajankohtaa merkintä on ollut Suomessa pakollinen vain muutamissa rakennustuoteryhmissä, kuten rakennussementissä ja palovaroittimissa (Tukes 2011). CE-merkinnällä pyritään muun muassa luomaan paremmat edellytykset rakennustuotteiden vapaalle liikkuvuudelle EU:n sisällä. Merkinnän avulla taataan luotettavien ja tarkkojen tietojen saanti rakennustuotteiden suoritusasoista ja ominaisuuksista, jolloin eri maissa valmistettuja tuotteita on helpompi vertailla keskenään. Rakennustuotteeseen kiinnitetty CE-merkintä osoittaa, että tuote on testattu standardin mukaisella testimenetelmällä. Se ei kuitenkaan ole laatumerkki, eikä yksinään takaa tuotteen käytettävyyttä rakennuskohteissa. (Ympäristöministeriö 2011.)

CE-merkinnän edellytyksenä on, että kyseiselle tuotteelle on voimassa eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi, jossa määritetään CE-merkinnän edellyttämät tuoteominaisuudet, sekä vaatimustenmukaisuuden osoittamisessa käytettävät menetelmät. Valmistaja vakuuttaa tuotteensa CE-merkinnällä, että tuote on sitä koskevan harmonisoidun tuotestandardin mukainen. Tämä tarkoittaa käytännössä, että tuotteen ominaisuudet vastaavat standardia, laadunvalvonta sekä testaukset on suoritettu edellytetyllä tavalla ja virallinen testauslaitos on suorittanut kolmannen osapuolen mahdolliset valvonta- tai tarkastustehtävät. (Tukes 2007.)

Tuotestandardisointi on laajenemassa, mutta vielä on rakennustuotteita, joita harmonisoitu standardisointi ei kata. Tällöin valmistajalla on mahdollisuus saada tuotteeseen CE-merkintä ja päästä EU:n sisämarkkinoille hankkimalla eurooppalainen tekninen arviointi (ETA). (Virtanen 2011.)

3 TESTAUSMENETELMÄT

Laattaliimoille suoritettaviin testeihin kuuluvat leikkausmurtolujuus, avoin aika ja valuma. Testit suoritetaan tietyissä olosuhteissa; lämpötilan tulee olla (23 ± 2) °C, suhteellisen kosteuden (50 ± 5) % ja ilmavirrannopeuden alle 0,2 m/s. Käytettyjen kaakeli- laattojen tulee olla uusia, puhtaita ja kuivia. Kaikki testimateriaalit tulee säilyttää vähintään 24 tuntia standardiolosuhteissa ennen testien aloittamista. (EN 1308:2007.)

3.1 Leikkausmurtolujuustesti

Leikkausmurtolujuustestissä mitataan liiman kykyä kestää sivuttaista vetoa. Testissä kaksi laattaa liimataan yhteen ja altistetaan erilaisille olosuhteille. Lopulta testikappaletta vedetään pituussuunnassa kasvavalla voimalla, kunnes liimaus murtuu. Testi voidaan suorittaa joko vetokoneella tai puristuskoneella. Testi on hieman erilainen dispersioliimoille ja reaktiivisille liimoille olosuhteiden, laattojen ja liimausmuottien osalta. Dispersioliimaa testattaessa seurataan standardia EN 1324, kun taas reaktiivisen liiman kohdalla seurataan standardia EN 12003.

3.1.1 Dispersioliimat

Testissä käytettävien laattojen tulee kuulua standardin EN 14411 ryhmään BIII. Laatta on lasitettu ja huokoinen. Vedenimukyky on (15 ± 3) % laatan massasta. Mitoiltaan laatta on (108 ± 1) mm \times (108 ± 1) mm \times $(8,5 \pm 1,5)$ mm. Lisäksi laatan liimauspinnan profiilin on alle 0,25 mm paksu. (EN 1324:2007.)

Liimaa lisätään laatan huokoiselle pinnalle erityisen teflonmuotin avulla. Muotin mitat ovat $108 \text{ mm} \times 102 \text{ mm} \times 1,5 \text{ mm}$ ja siinä on 23 reikää, jotka ovat halkaisijoiltaan $14,3 \text{ mm}$. Muotti asetetaan laatan huokoisen pinnan päälle, jonka jälkeen liimaa levitetään muotin päälle niin, että jokainen kolo täyttyy. Ylimääräinen liima kaavitaan pois (kuva 1). (EN 1324:2007.)



KUVA 1. Ylimääräisen liiman kaapiminen liimausmuotilta (Kuva: Anssi Aulu 2011)

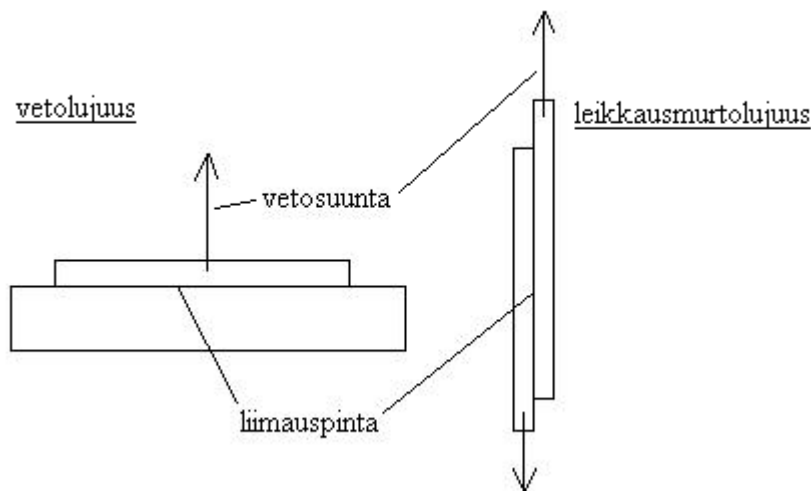
Muotti nostetaan varovasti pois. Laatan nurkkiin asetetaan neljä välisauvaa, jotka ovat paksuudeltaan $0,8 \text{ mm}$. 2 minuutin kuluttua muotin nostamisesta toinen samanlainen kaakelilaatta asetetaan liimauksen päälle 6 mm yli reunan. Liimattuja kaakelilaattoja kuormitetaan $(70 \pm 0,15)$ newtonin voimalla, eli $7,1$ kilogramman punnuksella 3 minuuttia tasaisella alustalla. Punnus ja välisauvat poistetaan varovasti, jotta laattojen keskinäinen asema säilyy muuttumattomana. (EN 1324:2007.)

Testikappaleita tarvitaan kymmenen kappaletta testiä kohden. Testejä on dispersioliimoille yhteensä neljä, jotka ovat leikkausmurtolujuus alussa, leikkausmurtolujuus vesirasituksen, lämpörasituksen sekä korotetun lämpötilan jälkeen. Testikappaleita käsitellään eri tavoin ennen vetoa. (EN 1324:2007.) Esikäsittelytavat, -ajat ja -lämpötilat on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Leikkausmurtolujuustestikappaleiden esikäsitelytavat dispersioliimoille

Testi	Esikäsitely
Leikkausmurtolujuus	14 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → veto
Vesirasitus	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 7 vrk vesiupotuksessa → veto välittömästi kuivaamisen jälkeen
Lämpörasitus	14 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 14 vrk lämpökaapissa (70 ± 3)°C → 24 h vakio-olosuhdehuoneessa → veto
Korotettu lämpötila	14 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 14 vrk lämpökaapissa (70 ± 3)°C → veto 1 minuutin sisällä lämpökaapista oton jälkeen

Veto suoritetaan testiin soveltuvalla vetokoneella, joka kykenee vetämään testikappaletta tasaisella nopeudella 5 mm/min. Vetokoneeseen asennetaan erityinen laite, joka muuttaa vetolujuuden leikkausmurtolujuudeksi. Testi voidaan suorittaa myös puristuskoneella. Tällöin puristuskoneeseen asennettavan laitteen tulee olla erilainen kuin vetokoneeseen asennettava. Vetolujuuden ja leikkausmurtolujuuden ero on kuvattuna kuviossa 1. Mitatuista leikkausmurtolujuustuloksista lasketaan keskiarvo jokaiselle eri testille. Yksittäiset tulokset, jotka poikkeavat keskiarvosta yli 20 %, jätetään huomiotta. Jäljelle jäävistä arvoista lasketaan uusi keskiarvo. Jos jäljelle jää vähemmän kuin viisi arvoa, testi uusitaan. Tulokset ilmoitetaan newtoneina neliömillimetriä kohden. (EN 1324:2007.)



KUVIO 1. Vetolujuuden ja leikkausmurtolujuuden ero (Kuvio: Anssi Aulu 2011)

3.1.2 Reaktiiviset liimat

Reaktiivisilla laattaliimoilla leikkausmurtolujuustesti on samankaltainen kuin dispersioliimoilla, vain esikäsitelyt, laatat ja liimausmuotti eroavat toisistaan. Testissä käytettävät laatat kuuluvat standardin EN 14411 ryhmään B1a (EN 12003:2008). Laatta on

lasittamaton ja vedenimukyky alle 0,5 % laatan massasta. Mitoiltaan laatta on (100 ± 1) mm \times (100 ± 1) mm \times (9 ± 1) mm. Liimausmuotin mitat ovat 100 mm \times 94 mm \times 1,5 mm ja siinä on 5 reikää halkaisijoiltaan 15 mm. Leikkausmurtolujuustesti tehdään ilman käsittelyä ja vesirasituksen sekä lämpöshokin jälkeen. Liimauspinnan pinta-alaksi on standardissa määritetty 1660 mm². (EN 12003:2008.) Esikäsittelyihin vaadittavat olosuhteet ja ajat on esitettyinä taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Leikkausmurtolujuustestikappaleiden esikäsittelytavat reaktiivisille liimoille

Testi	Esikäsittely
Leikkausmurtolujuus	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → veto
Vesirasitus	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 21 vrk vesiupotuksessa (23 ± 2)°C → veto välittömästi kuivaamisen jälkeen
Lämpöshokki	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 30 min vesiupotuksessa (23 ± 2)°C ja 30 min vesiupotuksessa 100 °C (sykli toistetaan yhteensä 4 kertaa) → veto jäähtymisen ja kuivaamisen jälkeen

3.2 Avoin aika

Avoin aika -testin työvaiheet ja niihin käytettävät ajat ovat reaktiivisille ja dispersioliimoille samat ja on määritelty tarkasti standardissa EN 1346:2007. Avoin aika -testissä mitataan liiman tartuntakykyä eri ajankohtina suoritettua kiinnityksen jälkeen. Laattaa vedetään pystysuunnassa kunnes murtuma tapahtuu. (EN 1346:2007.)

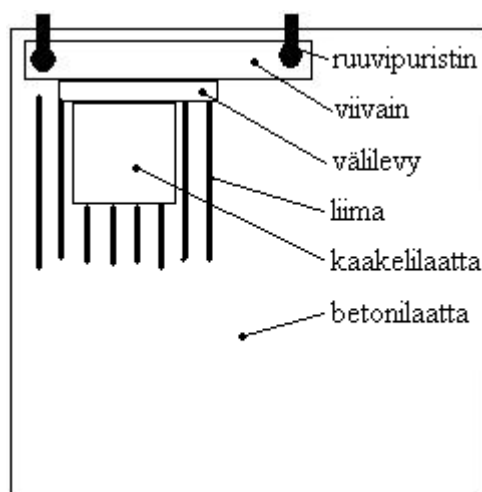
Testit tehdään standardin EN 1323 mukaisille kuiville ja puhtaille betonilaatoille. Betoni- ja kaakelilaatat ovat standardiolosuhteissa vähintään 24 tuntia ennen käsittelyä. Ennen liimausta betonilaatan pinta puhdistetaan ylimääräisistä roskista. Betonilaatalle levitetään ensin ohut kerros testattavaa liimaa teräslastalla. Tämän jälkeen levitetään paksumpi kerros liimaa ja kammataan se auki hammaslastalla 60°:en kulmassa. 5, 10, 20 ja 30 minuutin kuluttua kampaamisesta (neljä erillistä testiä), asetetaan liiman päälle kymmenen kappaletta standardin EN 14411 ryhmään BIII kuuluvia kaakelilaattoja. Laatat ovat mitoiltaan (50 ± 1) mm \times (50 ± 1) mm ja niiden vedenimukyky (15 ± 3) % laatan massasta. Laattoja kuormitetaan 20 newtonin voimalla, eli noin 2 kilogramman punnuksella 30 sekunnin ajan. Ylimääräinen liima kaavitaan betonilaatalta lastalla ennen kuin se ehtii kuivua. Varsinkin vetolaattojen ympäriltä tulee ylimääräinen liima poistaa tarkasti, jotta vedettävä pinta-ala ei ole tarkoitettua suurempi. (EN 1346:2007.)

Betonilaattoja säilytetään 27 vuorokautta standardiolosuhteissa. Kaakelilaattojen päälle liimataan vetokappaleet liimalla, joka muodostaa kovan liimasauman. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää esimerkiksi epoksi- tai polyuretaaniliimaa. Liiman annetaan kuivua 24 tuntia standardiolosuhteissa, minkä jälkeen suoritetaan vetolujuuksien määrittäminen. Vetolaitteen tulee kyetä vetämään kappaletta tasaisesti kasvavalla voimalla (250 ± 50) N/s. (EN 1346:2007.)

Mitatuista vetolujuustuloksista lasketaan keskiarvo jokaiselle neljälle eri aikavälille. Arvot, jotka poikkeavat keskiarvosta yli 20 %, jätetään huomiotta. Jäljelle jäävistä arvoista lasketaan uusi keskiarvo. Jos jäljelle jää vähemmän kuin viisi arvoa, testi uusitaan. Vetolujuusarvot raportoidaan eri ajankohtina kiinnipainetuille laatoille $0,1 \text{ N/mm}^2$:n tarkkuudella. Lisäksi ilmoitetaan murtokohta jokaisesta yksittäisestä vedosta. (EN 1346:2007.)

3.3 Valuma

Valumatestissä mitataan laattaliiman kykyä pitää kaakelilaatta paikoillaan seinässä. Valumalla tarkoitetaan laatan kulkemaa matkaa seinällä liimauksen jälkeen. Työvaiheet ja niihin käytettävät ajat ovat reaktiivisille ja dispersioliimoille samat ja ne on määritelty tarkasti standardissa EN 1308:2007. Havainnollistava piirros valumatestin asetelmasta on esitettyä kuviossa 2.



KUVIO 2. Valumatestin asetelma (Kuvio: Anssi Aulu 2011)

Testissä käytetään EN 1323 -standardin mukaista betonilaattaa. Puhtaan ja kuivan betonilaatan yläreunaan kiinnitetään teräksinen viivain ruuvipuristimien avulla. Viivaimen alapuolelle kiinnitetään teippiä, minkä jälkeen levitetään teräslastalla ohut kerros testattavaa liimaa betonilaatalle. Paksumpi kerros liimaa levitetään siten, että se peittää teipin alaosan. Levitetyn alueen sivujen pituus pitää olla vähintään 15 senttimetriä. Liima kammataan auki hammaslastalla 60 asteen kulmassa ja teippi irrotetaan. 25 millimetrin levyinen välilevy asetetaan heti viivaimen alapuolelle ja 2 minuutin kuluttua kampauksesta asetetaan EN 14411 -standardin, ryhmään B1a kuuluva kaakelilaatta välilevyä vasten. Laatan sivut ovat mitoiltaan (100 ± 1) mm ja vedenimukyky on $\leq 0,5$ % laatan massasta. Laatta painaa (200 ± 10) grammaa. Laattaa kuormitetaan $(50 \pm 0,1)$ newtonin voimalla, eli noin 5 kilogramman painolla (30 ± 5) sekuntia. Välilevy otetaan pois ja mitataan viivaimen ja kaakelilaatan välinen etäisyys kolmesta eri kohdasta työntömitalla. Betonilaatta nostetaan välittömästi pystyasentoon. (20 ± 2) minuutin jälkeen mitataan etäisyydet samoista kolmesta kohdasta. Laatan valuma omalla painollaan on mittauksien välinen keskiarvo. Valumatesti suoritetaan yhteensä kolmella laattalla ja yksittäisistä tuloksista lasketaan keskiarvo. (EN 1308:2007.)

4 LAADUNVALVONTA

4.1 Vaadittavat ominaisuudet

Laattaliimoilta vaaditaan tiettyjä ominaisuuksia, jotta sille voidaan myöntää CE-merkinnän käyttöoikeus. Lisäksi liimoille on määritelty erityisominaisuuksia ja lisäominaisuuksia, jotka voivat tuoda liimalle lisäarvoa riippuen käyttötarkoituksesta. Vaaditut sekä vaihtoehtoiset ominaisuudet ovat hieman erilaiset dispersioliimoille ja reaktiivisille liimoille. Nämä ominaisuudet ja testeissä käytetyt standardit on lueteltu taulukoissa 3 ja 4. (EN 12004:2010.)

TAULUKKO 3. Dispersioliiman vaadittavat sekä vaihtoehtoiset ominaisuudet (EN 12004:2010)

Vaadittavat ominaisuudet		
Testi	Vaatimus	Standardi
Leikkausmurtolujuus alussa	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	EN 1324
Leikkausmurtolujuus lämpörasituksen jälkeen	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	EN 1324
Avoin aika (20 min)	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	EN 1346
Erityisominaisuudet		
Testi	Vaatimus	Standardi
Valuma	$\leq 0,5 \text{ mm}$	EN 1308
Avoin aika (30 min)	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	EN 1346
Lisäominaisuudet		
Testi	Vaatimus	Standardi
Leikkausmurtolujuus vesirasituksen jälkeen	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	EN 1324
Leikkausmurtolujuus korotetussa lämpötilassa	$\geq 1 \text{ N/mm}^2$	EN 1324

TAULUKKO 4. Reaktiivisen liiman vaadittavat sekä vaihtoehtoiset ominaisuudet (EN 12004:2010)

Vaadittavat ominaisuudet		
Testi	Vaatimus	Standardi
Leikkausmurtolujuus alussa	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	EN 12003
Leikkausmurtolujuus vesirasituksen jälkeen	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	EN 12003
Avoin aika (20 min)	$\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$	EN 1346
Erityisominaisuudet		
Testi	Vaatimus	Standardi
Valuma	$\leq 0,5 \text{ mm}$	EN 1308
Lisäominaisuudet		
Testi	Vaatimus	Standardi
Leikkausmurtolujuus lämpöshokin jälkeen	$\geq 2 \text{ N/mm}^2$	EN 12003

4.2 Testaustiheys

CE-merkintä tuotteessa vaatii säännöllisiä testauksia, jotka aiotaan suorittaa Kiilto Oy:ssä. Testit, standardit ja testaustiheydet on listattuna taulukossa 5. Testaustiheydet on esitetty kirjaimilla A ja B. A tarkoittaa, että tehdään testi jokaista tuhatta tonnia kohden, kuitenkin minimissään kerran vuodessa ja maksimissaan kerran kuukaudessa. B tarkoittaa, että tehdään yksi testi, jos liimaa valmistetaan alle 2500 tonnia vuodessa. Jos tämä ylittyy, suoritetaan kaksi testiä vuodessa.

TAULUKKO 5. Laattaliimojen testaustiheys (EN 12004:2010, 15)

Testi	Standardi	Testaustiheys
Avoin aika	EN 1346	A
Valuma	EN 1308	A
Leikkausmurtolujuus alussa (dispersioliimat)	EN 1324	A
Leikkausmurtolujuus alussa (reaktiiviset liimat)	EN 12003	A
Leikkausmurtolujuus käsittelyjen jälkeen (dispersioliimat)	EN 1324	B
Leikkausmurtolujuus käsittelyjen jälkeen (reaktiiviset liimat)	EN 12003	B

5 TESTAUSMENETELMIEN KEHITYS KÄYTÄNNÖSSÄ

Kaikki testausmenetelmät piti suorittaa tietyissä olosuhteissa, jotka täytyivät Kiilto Oy:n vakio-olosuhdehuoneessa. Huoneen lämpötilaa ja kosteutta tarkkaillaan automaattisesti ja jos arvot menevät sallittujen rajojen ulkopuolelle, syttyy siitä seinään punainen valo merkiksi. Arvot pysyivät jokaisen testin aikana rajojen sisäpuolella.

5.1 Leikkausmurtolujuus

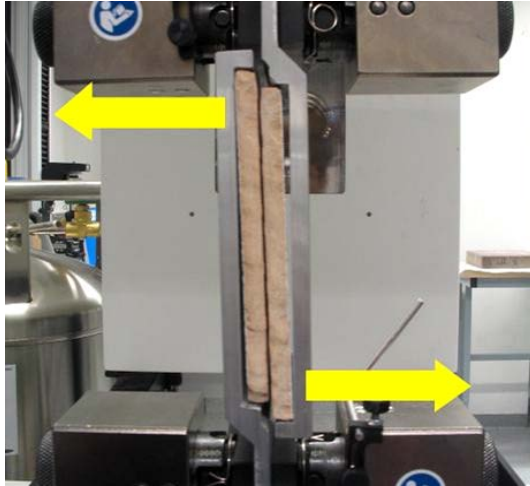
Leikkausmurtolujuustestiä ei ole tehty Kiilto Oy:ssä aikaisemmin, joten kaikki tarvittavat välineet oli teetettävä. Testiä varten teetettiin erityinen liimausteline, liimausmuotteja, 7,1 kg:n punnuksia sekä alumiiniset vetokappaleet, jotka muuttavat vetolujuuden leikkausmurtolujuudeksi. Erillistä liimaustelinettä ei standardissa mainita, mutta käytännössä se helpotti liimausprosessia. Telineen tarkoitus oli helpottaa liimausta, koska laattojen tuli olla limittäin, 6 mm yhdestä sivusta erillään ja telineessä oli jo valmiiksi 6 mm sisennys. Kun haluttiin suorittaa kaksi liimausta yhtä aikaa, piti toinen tehdä ilman liimaustelinettä, jolloin toiseen laattaan merkittiin viiva 6 mm päähän yhdestä sivusta. Kuvassa 2 havainnollistetaan miten laatat liimataan toisiinsa kiinni.



KUVA 2. Laattojen liimaus liimaustelineen avulla (Kuva: Anssi Aulu 2011)

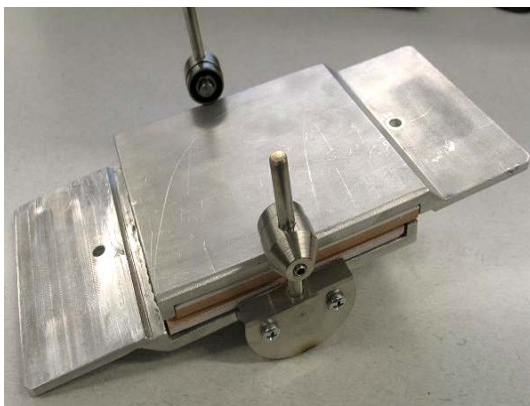
Testi haluttiin suorittaa puristuskoneen sijaan Instron 3366 -vetokoneella. Tällöin vetokappaleiden tuli olla vetokoneeseen sopivat. Standardissa oli annettu piirustukset esimerkkikappaleista, mutta Kiilto Oy:n pajalla päätettiin tehdä hieman poikkeavat kappaleet. Ne eivät olleet toisissaan kiinni millään tavalla ja lopputuloksena kappaleet alkoi-

vat vedossa vääntyä kuvan 3 mukaisella tavalla. Veto tapahtui pystysuunnassa, mutta kappaleet alkoivat samalla vääntyä keltaisten nuolten osoittamaan suuntaan voiman kasvaessa. Veto pysäytettiin, koska alumiiniset vetokappaleet olisivat todennäköisesti vääntyneet poikki. Lisäksi vetokoneen kiinnitysmekanismit olisivat voineet vaurioitua.



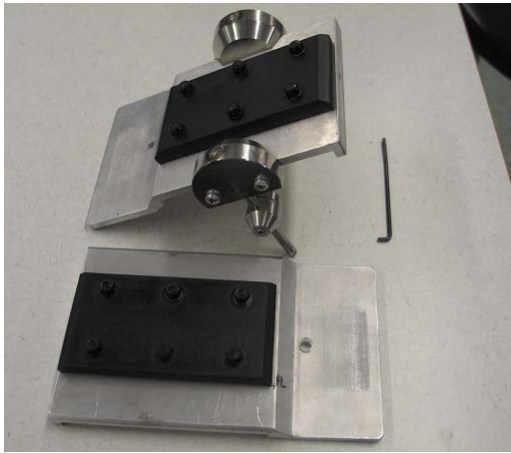
KUVA 3. Leikkausmurtolujuustesti käynnissä (Kuva: Anssi Aulu 2011, muokattu)

Vetokappaleisiin tarvittiin jonkinlainen mekanismi pitämään ne yhdessä vedon aikana, mutta samalla piti huomioida mahdollisen kitkan vaikutus. Kappaleisiin päätettiin tehdä sivu-ulokkeet, joihin kiinnitettiin irrotettavat ja laakeroidut metallikappaleet (kuva 4). Tällöin kappaleet pysyisivät yhdessä ja kitka olisi murtumisen aikana minimaalista. Laakeroidut kappaleet oli kiinnitetty metallitappeihin kuusiokoloruuveilla ja ne voitiin irrottaa vastaavasti pienellä kuusiokoloavaimella. Prosessia nopeuttaisi jos ruuveihin kiinnitettäisiin pienet siivekkeet, jolloin ne voisi kiristää käsin.



KUVA 4. Parannetut vetokappaleet (Kuva: Anssi Aulu 2012)

Tässä vaiheessa huomattiin arvioida alumiinisten kappaleiden kestävyys. Kappaleiden tekijän mukaan yksi kappale kestää noin 400–500 kiloa, eli karkeasti 4–5 kilonewtonia. Yhdessä käytettynä nämä kestäisivät siis noin 8–10 kilonewtonia. Instron 3366 -vetokoneen maksimivoima on 10 kilonewtonia. Vedon maksimivoimaksi päätettiin rajata 7,0 kilonewtonia, mutta se nostettiin 7,2 kilonewtoniin, koska ensimmäisessä vesirasitus-testissä muutama testikappale ei murtunut. Yhdessä lämpörasitustestistä yksikään testikappale ei murtunut, joten maksimivoima rajattiin 7,5 kilonewtoniin. Tämä oli kuitenkin liikaa alumiinikappaleille, jotka vääntyivät vedossa hieman. Kappaleet suoristettiin pajalla ja niitä lisäksi vahvistettiin ruuveilla kiinnitetyillä, paksuilla teräslevyillä (kuva 5). Vahvistetut vetokappaleet kestivät testeissä vääntymättä.



KUVA 5. Teräslevyillä vahvistetut vetokappaleet (Kuva: Anssi Aulu 2012)

Vedon maksimivoimaa nostettiin suuremmaksi testien edetessä. Kun kaikki testit oli suoritettu, voitiin kokeilla kestävätkö kappaleet vetokoneen maksimivoiman, joka oli 10 kilonewtonia. Maksimivoimaksi rajattiin 9,8 kilonewtonia ja testikappaleena käytettiin murtumattomia kappaleita edellisistä testeistä. Vetokappaleet kestivät voiman, mutta testikappaleiden liimaus ei kuitenkaan murtunut. Maksimivoima päätettiin rajata hieman alemmaksi, jotta vetokappaleet varmasti kestäisivät.

Testin suorittaminen oikealla tavalla osoittautui turvalliseksi. Ensimmäisessä testivedossa kaakelilaatta halkesi moneen osaan, mikä johtui todennäköisesti laatan leikatusta ja epätasaisesta pinnasta. Tämän jälkeen laattojen sivuiksi, joihin vetokoneen voima kohdistuisi, valittiin leikkaamattomat ja tasaiset pinnat. Vain yksi laatta hajosi tämän jälkeen ja kappaleita testattiin yhteensä 90. Vetokonetta käytettäessä kannattaa kuitenkin käyttää silmäsuojaimia, jotta laatan haljetessa mahdolliset pienet kaakelisirpaleet

eivät lennä silmiin. Leikkausmurtolujuuden määrittämisestä tehtiin yksityiskohtaiset työohjeet dispersioliimoille sekä reaktiivisille liimoille erikseen. Työohjeet ovat liitteinä (liitteet 1 ja 2).

5.2 Avoin aika

Avoin aika -testejä oli tehty Kiilto Oy:ssä jo pitkään kiinnityslaasteilla, joten vaadittava laitteisto ja välineet olivat heti saatavilla. Testi suoritettiin vetokoneella, jonka valmistaja on FORM+TEST (kuva 6). Vetokoneen minimirasitus on 0,5 kilonewtonia ja maksimirasitus 12 kilonewtonia.



KUVA 6. FORM+TEST -vetokone (Kuva: Anssi Aulu 2011)

Vetokappaleiden kiinnittämiseen kaakelilaattojen päälle käytettiin aluksi epoksiliimaa, joka sisälsi kahta eri komponenttia, epoksihartsia ja kovetetta. Kovetteessa oli käytetty 2,4,6-tris(dimetyyliaminometyyli)fenolia, joka on merkaptoeetteri ja epoksihartsissa bisfenoli-A-epikloorihydriiniä. Molemmat aineet muun muassa ärsyttävät silmiä ja ihoa. Yksi tuotekehityksen työntekijöistä oli allerginen epoksiliiman höyryille ja muutama muukin oli saanut lieviä oireita työskennellessään tilassa, jossa käytetään epoksiliimaa. Tämän vuoksi vetokappaleiden liimaamiseksi laattoihin alettiin käyttää polyuretaaniliimaa. Tästä oli hyötyä myös vetokappaleiden puhdistamisessa. Epoksiliimalla liimatut vetokappaleet piti ensin lämmittää lämpökaapissa vähintään 100 celsius asteessa, minkä jälkeen kaakelilaatat piti hakata vasaralla rikki ja kova liimasauma irrottaa puukolla irti. Polyuretaaniliima ja kaakelilaatta irtosivat vetokappaleista huomattavasti helpommin. Ennen puhdistusta, polyuretaaniliimalla liimatut palat upotettiin asetoniin muutamaksi päiväksi, jolloin liimasauma pehmeni merkittävästi.

Testivetoja oli yhtä liimaa kohden yhteensä 40 (kuva 7). Testit ehdittiin suorittamaan jokaiselle liimalle ennen kuin huomattiin, että standardista EN 1346 oli saatavilla päivitetty versio, jossa käytetään lastaa, jonka hampaat ovat aiempaa isommat. Tällöin liimaa jää betonilaatalle enemmän, mikä todennäköisesti vaikuttaa liimauspinnan hitaampaan kuivumiseen ja sitä kautta avoimeen aikaan. Dispersioliima I:llä ei saatu hyväksytyjä tuloksia vanhentuneella standardilla, joten testi päätettiin uusiksi. Muita liimoja ei testattu uuden standardin mukaisella hammaslastalla, koska niistä saatiin hyväksytyt tulokset, jotka todennäköisesti vain paranisivat suuremman liimamäärän ansiosta.



KUVA 7. Testikappaleet valmiina vetoon (Kuva: Anssi Aulu 2011)

Vetokoneen testiohjelmaa muokattiin hieman dispersioliima I:stä varten. Aiemmassa ohjelmassa vetokone veti voimankasvunopeudella $0,10 \text{ N/mm}^2/\text{s}$. Koska kaakelilaattojen sivun pituus on 50 millimetriä, yksiköksi saadaan N/s laskukaavalla 1.

$$0,10 \text{ N/mm}^2/\text{s} \times (50 \times 50) \text{ mm} = 250 \text{ N/s} \quad (1)$$

Voima saa kasvaa vetokoneessa nopeudella 200–300 N/s (EN 1346:2007, 6). Alin mahdollinen voimannousu saattaisi vähentää epäonnistuneiden vetojen määrää. 200 N/s muunnettuna yksikköön $\text{N/mm}^2/\text{s}$ on laskettu kaavalla 2.

$$\frac{200 \text{ N/s}}{(50 \times 50) \text{ mm}} = 0,08 \text{ N/mm}^2/\text{s} \quad (2)$$

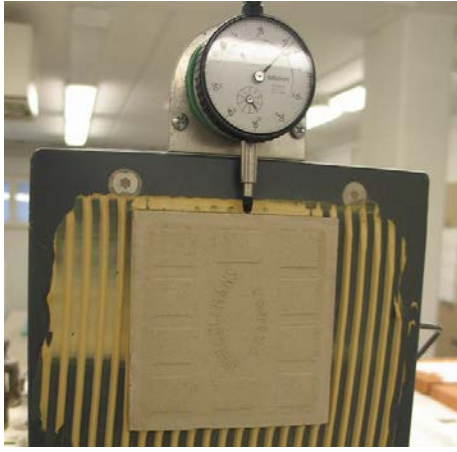
Uudella veto-ohjelmalla ja hammaslastalla ei kuitenkaan saatu riittäviä tuloksia. Kiilto Oy:ssä on tehty avoimen ajan testejä rutiininomaisesti kiinnityslaasteilla jo pitkään.

Testit on tehty muuten samalla tavalla, mutta lisäksi kaakelilaatat on hierretty paikoilleen ennen punnuksen asettamista laatan päälle. Standardissa ei mainita hiertämistä, mutta käytännössä näin tehdään aina laatoitustöissä. Tällöin nahkamainen liimapinta todennäköisesti rikkoutuu enemmän ja laatta ottaa paremmin kiinni kostempaan liimapintaan. Testi päätettiin suorittaa uudestaan käyttäen uutta hammaslastaa, vetonopeutta ja hiertämistekniikkaa.

Testistä ei edelleenkään saatu hyväksytyjä tuloksia, joten dispersioliima I:n valmistusreseptiä piti muuttaa, jotta se ei kuivuisi ja muodostaisi nahkamaista pintaa liian nopeasti. Reseptistä muokattiin neljä uutta versiota, joissa oli vaihdettu raaka-aineiden suhteita tai lisätty uusia raaka-ainetta. Liimaa valmistettiin pieni määrä Diaf-merkkisen sekoittajan avulla jokaisesta versiosta. Liiman kuivumista seurattiin ensin levittämällä sitä betonilaatalle, minkä jälkeen liima kammattiin auki hammaslastalla. Kuivuminen testattiin sormen avulla. Kolme versiota kuivuivat yhtä nopeasti kuin tuotantoversio, mutta neljäs versio ei muodostanut nahkamaista pintaa edes 20 minuutissa. Neljännessä versiossa liimaan lisättiin ainetta, joka on hygroskooppista ja hidastaa liimapinnan kuivumista, mutta saattaa vähentää liimasauman vedensietokykyä. Ainoastaan tämä versio vaikutti lupaavalta, joten sitä päätettiin testata. Avoimen ajan määrittämisestä tehtiin työohje, joka on liitteenä (liite 3).

5.3 Valuma

Valumatestiä kokeiltiin ensin Kiilto Oy:n omalla testausjärjestelmällä, joka ei ole täysin standardin EN 1308 mukainen. Testissä käytetään betonilaatan sijasta muovista tehtyä levyä ja testausta ei suoriteta vakio-olosuhdehuoneessa. Mittaus tapahtuu erityisellä mittarilla, joka antaa tuloksen 0,01 millimetrin tarkkuudella. Testi on huomattavasti vaativampi, koska muovi ei ime kosteutta toisin kuin betoni, joten liima ei jäykisty yhtä nopeasti. Lisäksi mittarin jousi painaa laattaa alaspäin voimalla, joka vastaa vaa'alla mitattuna noin 50–70 grammaa, eli noin 25–35 prosenttia käytetyn laatan massasta. Kuvassa 8 on esitetty valumatestin asetelma. Kaikilla testatuilla liimoilla saatiin erityisen huonoja tuloksia, joten seuraavaksi siirryttiin testaamaan valumaa standardin mukaisella tavalla.



KUVA 8. Kiilto Oy:ssä käytettävä valumatesti (Kuva: Anssi Aulu 2012)

Standardin mukainen testi päätettiin tehdä isolle betonilaatalle, jolloin samalle laatalle saatiin mahtumaan kolme tai neljä testiä (kuva 9). Viivaimeksi otettiin väliaikaisesti pala metallilevyä. Viivain kiinnitettiin kahdella ruuvipuristimella, mutta käytännössä yksikin piti viivaimen tiukasti paikoillaan. Mittaukset suoritettiin työntömitalla, joka antoi tuloksen 0,01 millimetrin tarkkuudella. Testit suoritettiin vakio-olosuhdehuoneessa.



KUVA 9. Standardin EN 1308:2007 mukainen valumatesti (Kuva: Anssi Aulu 2012)

Aluksi levitetty liimakerros kammattiin auki lastalla, jossa oli 4×4 millimetrin hammastus. Myöhemmin huomattiin, että EN 1308 -standardista oli saatavilla päivitetty versio, jossa käytettiin 6×6 millimetrin hammastusta. Lisäksi vanhentuneen standardin ohjeiden mukaan mitattiin valuma vain yhdestä kohdasta, kun taas uudessa mitattiin kolmesta eri kohdasta. Testit jouduttiin suorittamaan uudestaan jokaisen liiman kohdalla. Valuman määrittämisestä tehtiin työohje, joka on liitteenä (liite 4).

6 TESTIEN TULOKSET JA TULKINTA

6.1 Leikkausmurtolujuus

Leikkausmurtolujuustestien tulokset ovat eriteltyinä liimojen mukaan. Taulukoihin on listattu yksittäiset tulokset ja niiden keskiarvo sekä hyväksytyjen tulosten määrä. Su-luissa oleva lukema tarkoittaa, että tulos poikkeaa keskiarvosta yli 20 prosenttia, jolloin tulosta ei hyväksytä eikä huomioida uudestaan lasketussa keskiarvossa. Jos tuloksen edellä on suurempi kuin merkintä, vetokoneeseen määritetty maksimivoima ei ole saanut liimausta murtumaan, joten tulos on suurempi kuin ilmoitettu lukema.

6.1.1 Dispersioliima I

Dispersioliima I antoi alkulujuus-, lämpörasitus- ja korotettu lämpötila -testeille tulok-siksi $> 1,3 \text{ N/mm}^2$ sekä vesirasitustestille $1,2 \text{ N/mm}^2$ (taulukko 6). Vaadittavat ominai-suudet ovat, että leikkausmurtolujuus alussa ja lämpörasituksen jälkeen on suurempi tai yhtä suuri kuin $1,0 \text{ N/mm}^2$. Lisäominaisuuksien läpäisemiseksi leikkausmurtolujuus korotetussa lämpötilassa pitää olla suurempi tai yhtä suuri kuin $1,0 \text{ N/mm}^2$ ja leikkaus-murtolujuus vesirasituksen jälkeen suurempi tai yhtä suuri kuin $0,5 \text{ N/mm}^2$. Näin ollen dispersioliima I läpäisi jokaisen leikkausmurtolujuustestin.

TAULUKKO 6. Leikkausmurtolujuus, dispersioliima I

Testi	Alkulujuus	Vesirasitus	Lämpörasitus	Korotettu lämpötila
Laatta 1 (N/mm^2)	$>1,30$	1,18	$>1,37$	$>1,30$
Laatta 2 (N/mm^2)	$>1,25$	1,15	$>1,29$	$>1,30$
Laatta 3 (N/mm^2)	$>1,25$	1,13	$>1,29$	(0,94)
Laatta 4 (N/mm^2)	$>1,25$	1,17	$>1,29$	$>1,30$
Laatta 5 (N/mm^2)	$>1,24$	1,03	$>1,28$	$>1,31$
Laatta 6 (N/mm^2)	$>1,24$	1,27	$>1,30$	$>1,31$
Laatta 7 (N/mm^2)	$>1,25$	1,28	$>1,31$	$>1,30$
Laatta 8 (N/mm^2)	$>1,26$	1,29	$>1,30$	1,31
Laatta 9 (N/mm^2)	$>1,25$	1,24	$>1,30$	$>1,31$
Laatta 10 (N/mm^2)	$>1,25$	1,31	$>1,31$	$>1,31$
KA (N/mm^2)	$>1,3$	1,2	$>1,3$	$>1,3$
Hyväksytyjä tulok-sia (kpl)	10	10	10	9

6.1.2 Dispersioliima II

Dispersioliima II antoi lämpörasitus- ja korotettu lämpötila -testeille tulokseksi $>1,3$ N/mm² sekä alkulujuustestille $>1,2$ N/mm² (taulukko 7). Liimaus ei kestänyt vesiupotusta, jolloin laatat irtosivat toisistaan jo vedessä ollessaan. Vaadittavat ominaisuudet sekä lisäominaisuudet ovat samat kuin dispersioliima I:lle. Liima läpäisi vaaditut ominaisuudet, mutta lisäominaisuuksista ainoastaan korotettu lämpötila -testin, koska vesirasitusta liima ei kestänyt.

TAULUKKO 7. Leikkausmurtolujuus, dispersioliima II

Testi	Alkulujuus	Vesirasitus	Lämpörasitus	Korotettu lämpötila
Laatta 1 (N/mm ²)	$>1,10$	-	$>1,37$	1,20
Laatta 2 (N/mm ²)	$>1,19$	-	1,22	$>1,30$
Laatta 3 (N/mm ²)	1,08	-	1,30	$>1,30$
Laatta 4 (N/mm ²)	$>1,19$	-	1,32	$>1,30$
Laatta 5 (N/mm ²)	$>1,19$	-	$>1,47$	$>1,31$
Laatta 6 (N/mm ²)	$>1,19$	-	1,38	1,17
Laatta 7 (N/mm ²)	$>1,19$	-	1,41	$>1,31$
Laatta 8 (N/mm ²)	1,19	-	1,14	$>1,31$
Laatta 9 (N/mm ²)	1,18	-	1,28	$>1,30$
Laatta 10 (N/mm ²)	$>1,18$	-	$>1,56$	$>1,30$
KA (N/mm ²)	$>1,2$	-	$>1,3$	$>1,3$
Hyväksytyjä tuloksia (kpl)	10	0	10	10

6.1.3 Reaktiivinen liima

Reaktiivinen liima antoi alkulujuustestille tulokseksi $>3,6$ N/mm² ja vesirasitustestille $3,9$ N/mm² (taulukko 8). Reaktiivinen liima ei kestänyt lämpöshokkitestiä, koska laatat irtosivat toisistaan jo kappaleita keitetessä ja ainoastaan yksi kappale kesti keittämisen. Vain yhden testikappaleen vetäminen vetokoneella nähtiin hyödyttömänä, joten sitä ei tehty. Reaktiivisen laattaliiman vaadituissa ominaisuuksissa mainitaan, että alkulujuus- ja vesirasitustulosten on oltava $\geq 2,0$ N/mm². Lisäominaisuuksissa lämpöshokkituloksen on oltava $\geq 2,0$ N/mm². Reaktiivinen liima läpäisi vaaditut ominaisuudet, mutta ei lisäominaisuuteen vaadittavaa lämpöshokkitestiä.

TAULUKKO 8. Leikkausmurtolujuus, reaktiivinen liima

Testi	Alkulujuus	Vesirasitus	Lämpöshokki
Laatta 1 (N/mm ²)	>3,96	4,75	-
Laatta 2 (N/mm ²)	>3,64	3,14	-
Laatta 3 (N/mm ²)	>3,68	4,19	-
Laatta 4 (N/mm ²)	>3,67	3,82	-
Laatta 5 (N/mm ²)	3,06	3,47	-
Laatta 6 (N/mm ²)	2,91	3,66	-
Laatta 7 (N/mm ²)	>3,65	4,03	-
Laatta 8 (N/mm ²)	>3,64	4,60	-
Laatta 9 (N/mm ²)	>3,65	3,70	-
Laatta 10 (N/mm ²)	>3,65	3,94	-
KA (N/mm ²)	>3,6	3,9	-
Hyväksytyt tulokset (kpl)	10	10	0

6.2 Avoin aika

Avoimen ajan tulokset on eritelty testattujen liimojen mukaan. Taulukoissa on listattu päivämäärä, tulosten keskiarvo sekä hyväksytyjen tulosten määrä. Liimauksen kuivumisaika on myös kerrottu, jos aika on standardista poikkeava. Viiva tarkoittaa, että tulosta ei ole saatu, eli joko laatta on irronnut heti tai vetokone on antanut negatiivisen tuloksen. Suluissa oleva lukema tarkoittaa, että tulos poikkeaa keskiarvosta yli 20 prosenttia, jolloin tulosta ei hyväksytä eikä huomioida uudestaan lasketussa keskiarvossa. Jos hyväksytyjä tuloksia oli vähemmän kuin viisi, testi uusittiin.

6.2.1 Dispersioliima I

Dispersioliima I antoi aluksi avoin aika -testin tuloksiksi 5, 10, 20 ja 30 minuutin kohdalla 1,1 N/mm², 1,7 N/mm², 0,3 N/mm² ja 0,2 N/mm² samassa järjestyksessä (taulukko 9, testit 1-4). 20 ja 30 minuutin testit kuitenkin jouduttiin uusimaan, koska hyväksytyjä tuloksia saatiin molemmista alle viisi. Uusituista testeistä saatiin tarvittava määrä hyväksytyjä tuloksia vain 20 minuutin avoimelle ajalle. Lisäksi tulokset jäivät alle vaatimusten (taulukko 9, testit 5 ja 6). Taulukosta 2 nähdään, että 20 minuutin kohdalla vaaditaan tulokseksi vähintään 0,5 N/mm², jotta liima on oikeutettu CE-merkinnän käyttöön. 5 ja 10 minuutin avoin aika -testien tulokset olivat hyviä, joten huono tulos pidemmällä ajoilla johtui liimapinnan liian nopeasta kuivumisesta, jolloin kaakelilaatta ei enää ottanut siihen kunnolla kiinni. Jo 6-8 minuutin kohdalla huomattiin sormella kokeilemalla, että liimauspinnalle muodostui ohut nahkamainen pinta. 20 minuutin kulut-

tua nahkamainen pinta oli huomattavasti paksumpi ja vaati kovempaa puristusta menäkseen rikki.

Päivitetyn EN 1346 -standardin ja vetokoneen uuden ohjelman myötä avoin aika -testi uusittiin 20 ja 30 minuutin osalta. Uudella veto-ohjelmalla ja standardilla tulokseksi saatiin $0,3 \text{ N/mm}^2$ molempien avoimien aikojen kohdalla. Tulokset olivat hieman aiempaa paremmat, mutta jäivät silti vetolujuusvaatimuksesta (taulukko 9, testit 7 ja 8). Lisäksi tuloksissa oli sen verran vaihtelua, että hyväksytyjä tuloksia saatiin molemmille testeille vain kaksi kappaletta.

TAULUKKO 9. Avoin aika, dispersioliima I

Testi (nro)	1	2	3	4	5	6	7	8
Avoin aika (min)	5	10	20	30	20	30	20	30
Päivämäärä	7.11.	7.11.	7.11.	7.11.	9.12.	9.12.	19.1.	19.1.
Laatta 1 (N/mm^2)	(0,77)	(0,76)	-	(0,31)	(0,30)	(0,07)	(0,20)	(0,31)
Laatta 2 (N/mm^2)	0,94	(0,75)	-	0,17	0,20	0,11	(0,34)	-
Laatta 3 (N/mm^2)	1,11	1,85	0,28	(0,22)	0,17	(0,07)	(0,18)	(0,15)
Laatta 4 (N/mm^2)	1,23	1,74	0,29	(0,08)	0,17	0,14	(0,22)	0,21
Laatta 5 (N/mm^2)	0,97	1,59	(0,62)	-	(0,13)	-	(0,55)	(0,15)
Laatta 6 (N/mm^2)	(1,39)	1,78	0,31	(0,07)	0,24	-	(0,12)	(0,34)
Laatta 7 (N/mm^2)	1,06	1,86	(0,39)	-	0,26	-	(0,41)	-
Laatta 8 (N/mm^2)	(0,78)	1,47	(0,23)	-	0,18	(0,24)	0,24	(0,36)
Laatta 9 (N/mm^2)	1,08	(2,11)	0,29	(0,05)	0,22	(0,20)	(0,21)	(0,18)
Laatta 10 (N/mm^2)	(2,01)	(2,37)	(0,04)	-	0,22	0,11	0,29	0,28
KA (N/mm^2)	1,1	1,7	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,3
Hyväksytyjä tuloksia (kpl)	6	6	4	1	8	3	2	2

Testi suoritettiin uudestaan käyttäen uutta hammaslastaa, vetonopeutta ja hiertämistekniikkaa sekä saman liiman eri tuotantoerää. Normaalisti liimausten annetaan kuivua 28 vuorokautta, mutta projektin nopeuttamiseksi liiman annettiin kuivua ensin 8 vuorokautta, jolloin vedettiin puolet kappaleista (taulukko 10, testit 9 ja 10). Heikkojen tuloksien vuoksi liiman annettiin vielä kuivua yhteensä 14 vuorokautta, jolloin vedettiin loput kappaleet (taulukko 10, testit 11 ja 12). Tulokset paranivat, kun liiman annettiin kuivua pidempään, mutta liima ei saavuttanut vaatimuksia.

Uutta testiä varten valmistettiin pieni määrä uudella reseptillä tehtyä liimaa. Kymmenen liimauksen sijaan suoritettiin viisi molemmilla avoimilla ajoilla. Liimauksen annettiin kuivua ainoastaan 4 vuorokautta, joka oli liian vähän ja tulokset jäivät vaatimuksista (taulukko 10, testit 13 ja 14).

TAULUKKO 10. Avoin aika, dispersioliima I

Testi (nro)	9	10	11	12	13	14
Avoin aika (min)	20	30	20	30	20	30
Päivämäärä	3.2.	3.2.	9.2.	9.2.	2.3.	2.3.
Laatta 1 (N/mm ²)	0,356	0,343	0,376	0,295	0,273	-
Laatta 2 (N/mm ²)	0,320	0,164	-	0,332	-	0,206
Laatta 3 (N/mm ²)	0,212	0,145	0,252	0,610	0,295	0,180
Laatta 4 (N/mm ²)	0,122	0,250	-	-	0,218	0,136
Laatta 5 (N/mm ²)	0,150	0,148	0,130	0,183	0,225	0,121
KA (N/mm ²)	0,2	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2
Liiman kuivumisaika (vrk)	8	8	14	14	4	4

6.2.2 Dispersioliima II

Dispersioliima II läpäisi avoimen ajan testit. Tuloksiksi saatiin 5, 10, 20 ja 30 minuutin kohdalla 1,4 N/mm², 1,3 N/mm², 1,1 N/mm² ja 0,7 N/mm² samassa järjestyksessä (taulukko 11). Hyväksyttävien tulosten määrä oli riittävä. Käytännössä 5 ja 10 minuutin avoin aika -testien tulokset dispersioliimoille eivät ole merkityksellisiä, koska niille ei ole määritetty vaadittavia arvoja. Jatkossa tarvitsee testata ainoastaan 20 ja 30 minuutin avoimen ajan -testit, koska ainoastaan näille on ilmoitettu vaadittavat arvot.

TAULUKKO 11. Avoin aika, dispersioliima II

Testi (nro)	1	2	3	4
Avoin aika (min)	5	10	20	30
Päivämäärä	17.11.	17.11.	17.11.	17.11.
Laatta 1 (N/mm ²)	1,48	1,04	1,23	(0,95)
Laatta 2 (N/mm ²)	1,50	(0,80)	1,14	0,78
Laatta 3 (N/mm ²)	1,31	1,75	(1,35)	0,71
Laatta 4 (N/mm ²)	1,18	1,16	1,03	0,92
Laatta 5 (N/mm ²)	1,31	1,18	0,99	(1,14)
Laatta 6 (N/mm ²)	1,39	(1,48)	0,99	0,67
Laatta 7 (N/mm ²)	1,27	(0,96)	1,07	0,74
Laatta 8 (N/mm ²)	1,47	1,12	1,10	(0,57)
Laatta 9 (N/mm ²)	1,39	1,27	1,31	(0,59)
Laatta 10 (N/mm ²)	1,54	1,35	1,02	0,62
KA (N/mm ²)	1,4	1,3	1,1	0,7
Hyväksytyt tulokset (kpl)	10	7	9	6

6.2.3 Reaktiivinen liima

Taulukosta 12 nähdään, että reaktiivisen liiman avoimen ajan tuloksiksi saatiin 10, 20 ja 30 minuutin kohdalla 3,3 N/mm²; 2,9 N/mm² ja 3,4 N/mm² edellä mainitussa järjestyk-

sessä. Reaktiivisen liiman vetolujuus on kuitenkin paljon tätä suurempi, sillä liimasauma ei murtunut yhdessäkään vedossa. Ainoastaan metallisen vetokappaleen epoksiliimaus ja betonilaatta pettivät. Taulukosta 3 nähdään, että lujuusvaatimus on 20 minuutin avoimella ajalla $0,5 \text{ N/mm}^2$, joka ylitettiin melkein kuusinkertaisesti. Reaktiivisen liiman erityisominaisuuksissa ei ole mainittu 30 minuutin avointa aikaa, joten vastaisuudessa ainoastaan 20 minuutin avoimen ajan testi tarvitsee suorittaa.

5 minuutin avoin aika -testi aloitettiin, mutta laattoja ei vedetty, koska tätä ei nähty tarpeelliseksi suurien tuloksien vuoksi. Testi jätettiin suorittamatta myös, jotta vetokone ei kuormittuisi liikaa. Yksi vedoista kävi erittäin lähellä vetokoneen maksimikuormitusta, joka on 12 000 newtonia. Kuudes laatta 30 minuutin avoimella ajalla antoi tulokseksi $4,5 \text{ N/mm}^2$, joka vastaa 11 250 newtonia. Betonilaatan ei pitäisi kestää näin suurta vetolujuutta, mutta poikkeuksia kuitenkin ilmaantui. Jatkossa veto suositellaan pysäytettäväksi, jos vetolujuus ylittää $4,0 \text{ N/mm}^2$.

TAULUKKO 12. Avoin aika, reaktiivinen liima

Testi (nro)	1	2	3	4
Avoin aika (min)	5	10	20	30
Päivämäärä	17.11.	17.11.	17.11.	17.11.
Laatta 1 (N/mm^2)	-	(2,56)	2,48	3,40
Laatta 2 (N/mm^2)	-	(2,40)	2,70	3,15
Laatta 3 (N/mm^2)	-	3,20	(3,84)	3,35
Laatta 4 (N/mm^2)	-	(4,10)	2,79	3,64
Laatta 5 (N/mm^2)	-	3,17	(2,31)	2,77
Laatta 6 (N/mm^2)	-	3,13	2,53	(4,50)
Laatta 7 (N/mm^2)	-	-	3,63	3,50
Laatta 8 (N/mm^2)	-	3,70	(3,82)	(2,07)
Laatta 9 (N/mm^2)	-	3,34	3,39	3,69
Laatta 10 (N/mm^2)	-	3,38	2,49	(2,58)
KA (N/mm^2)	-	3,3	2,9	3,4
Hyväksytyt tulokset (kpl)	-	6	7	7

6.3 Valuma

Valumaa testattiin ensin Kiillon omalla menetelmällä, joka oli hieman vaativampi standardin mukaiseen menetelmään verrattuna. Kaikilla testatuilla liimoilla saatiin erityisen huonoja tuloksia. Dispersioliima I:llä liimattu laatta valui nopeasti useita senttimetrejä ja testi keskeytettiin. Dispersioliima II:lla liimattu laatta valui ensimmäisellä kerralla 4,0 ja toisella 4,5 millimetriä. Reaktiivisella liimalla liimattu laatta valui puolestaan ensimmäisellä kerralla 3,5 ja toisella 3,9 millimetriä. Standardin EN 12004:2010 mukaan, läpäistäkseen valumatestin, laatta ei saa valua yli 0,5 millimetriä.

EN 1308:2007 -standardin mukaisesti suoritettu valumatesti antoi dispersioliima I:lle tulokseksi 32,8 millimetriä (taulukko 13). Testi toistettiin toisella tuotantoerällä ja tulokseksi saatiin 32,0 millimetriä. Tämän jälkeen liimaa vahvennettiin valuman pienentämiseksi. Liimaan lisättiin vahventajaa 2, 8 sekä 12 prosenttia ja näistä mitattiin valuma uudestaan. 2 % vahvennetun liiman valumaksi saatiin 13,5 mm, 8 % vahvennetun 3,3 mm ja 12% vahvennetun 0,9 mm. Jotta liima olisi läpäissyt valumatestin, sitä olisi pitänyt vahventaa niin paljon, että liiman muut ominaisuudet olisivat voineet heikentyä. Dispersioliima II sai valumatestistä tulokseksi 1,3 millimetriä. Vähäisellä vahventamisella olisi todennäköisesti päästy alle 0,5 millimetriin. Reaktiivinen liima puolestaan läpäisi testin saaden tulokseksi 0,2 millimetriä.

TAULUKKO 13. Valumatestin tulokset

Liima	Yksittäiset tulokset (mm)			KA (mm)
Dispersio I	30,51	32,10	35,69	32,8
Dispersio I	34,22	29,35	32,37	32,0
Dispersio I (vahvennettu 2 %)			13,5	13,5
Dispersio I (vahvennettu 8 %)			3,3	3,3
Dispersio I (vahvennettu 12 %)			0,9	0,9
Dispersio II	1,63	0,91	1,44	1,3
Reaktiivinen	0,30	0,15	0,19	0,2

7 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä haluttiin testata ja ottaa käyttöön EN-standardien mukaiset testausjärjestelmät laattaliimoille. Testeihin kuuluivat leikkausmurtolujuus, avoin aika sekä valuma. Työ tehtiin Kiilto Oy:lle, joka on Lempäälässä sijaitseva kemianteollisuuden yritys. Testausjärjestelmien käyttöönoton ohella haluttiin nähdä, miten kaksi eri laattaliimaa sekä yksi erikoisliima selviytyvät kokeista. Toinen laattaliimoista oli jo läpäissyt kaikki kokeet virallisessa testauslaitoksessa.

Työ oli ajankohtainen kahdelle mainitulle laattaliimalle (dispersioliima I ja reaktiivinen liima), koska niillä tulee olla CE-merkintä viimeistään heinäkuussa 2013, jolloin EU:n määräämä rakennustuoteasetus tulee voimaan kaikissa EU:n jäsenmaissa. Kolmas testattu liima (dispersioliima II), joka on tarkoitettu erilaisten levyjen liimaamiseen, ei kuulu harmonisoidun tuotestandardin piiriin, joten sille ei tällä hetkellä haeta CE-merkintää. Dispersioliima II testattiin lähinnä vertailun vuoksi. Jos liimalle haluttaisiin CE-merkki, olisi liimalle mahdollisesti haettava eurooppalainen tekninen arviointi.

Testausjärjestelmien käyttöönotossa ei tullut vastaan ylitsepääsemättömiä esteitä, mutta pieniä parannuksia jouduttiin tekemään; leikkausmurtolujuustestiin kehitettyjä vetokappaleita jouduttiin muokkaamaan muutamaa otteeseen, jotta ne soveltuivat käytettyyn vetokoneeseen. Avoin aika -testi oli Kiilto Oy:lla jo käytössä, mutta vetokoneen ohjelmaa muokattiin hieman yhden liiman kohdalla. Kiilto Oy:llä käytössä oleva valumatesti oli standardista hieman poikkeava ja liian vaativa testatuille liimoille, joten testausjärjestelmä valumalle kehitettiin käytetyn standardin mukaisella tavalla.

Yksikään liima ei läpäissyt kaikkia vaadittuja testejä. Dispersioliima I läpäisi kaikki leikkausmurtolujuustestit (alkulujuus, vesirasitus, lämpörasitus, korotettu lämpötila), mutta ei valuma- ja avoin aika -testejä. Dispersioliima II läpäisi muut leikkausmurtolujuustestit paitsi vesirasitustestin. Dispersioliima II läpäisi myös avoin aika -testit, mutta ei valumatestiä. Reaktiivinen liima puolestaan läpäisi kaikki muut testit paitsi lämpöshokkitestin (leikkausmurtolujuus).

Dispersioliima I:n testaamiseen käytettiin paljon aikaa, jotta saataisiin hyväksytyt tulokset, sillä liima oli läpäissyt kaikki testit virallisessa testauslaitoksessa. Valuma- ja avoin

aika -testit uusittiin pienin muutoksin useita kertoja, mutta ilman vaadittavia tuloksia. Testauslaitos sai dispersioliima I:n valumaksi 0,4 millimetriä, mutta Kiillolla suoritettu testi antoi tulokseksi yli 30 millimetriä. Käytännössä liima saavuttaisi vaaditun tuloksen ainoastaan lisäämällä liimareseptin vahventajan osuutta huomattavalla määrällä. Avoin aika -testien tulokset molempien aikojen osalta (20 ja 30 minuuttia) eivät olleet riittäviä. Virallinen testauslaitos oli saanut 20 minuutin ajalle tulokseksi $0,7 \text{ N/mm}^2$ ja 30 minuutin ajalle $0,5 \text{ N/mm}^2$, mutta Kiilto Oy:ssä tehdyissä testeissä ei päästy yli $0,5 \text{ N/mm}^2$:n lukuun ottamatta yksittäisiä tuloksia. Syy, miksi testauslaitoksessa päästiin vaadittuihin tuloksiin voi johtua monesta eri tekijästä, kuten erilaisista käytetyistä laitteista, testaajan työskentelytavoista tai liiman eri tuotantoerästä. Tuloksien valtava ero valumatestissä jäi kuitenkin selvittämättä.

Valumatestin läpäiseminen ei kuulu vaadittaviin ominaisuuksiin, joten se jätetään dispersioliima I:n CE-merkinnän tiedoista pois. 20 minuutin avoin aika -testi sen sijaan kuuluu vaadittuihin ominaisuuksiin, joten sen läpäiseminen on yhtenä ehtona CE-merkinnän saamiselle. Liiman reseptin muuttamisessa päästiin jo hyvään alkuun, mutta verrattavia tuloksia ei ehditty saamaan. Liiman reseptiä muokattaessa tulee myös ottaa huomioon miten liiman muut ominaisuudet mahdollisesti muuttuvat. Kaikki testit tulisi tällöin suorittaa uudestaan ja jos liiman reseptiä muutetaan huomattavasti, tulisi liima testauttaa uudestaan virallisessa testauslaitoksessa.

Työ onnistui kokonaisuudessaan hyvin, sillä testausjärjestelmät saatiin rakennettua ja menetelmistä tehtiin yksityiskohtaiset työohjeet. Leikkausmurtolujuustestin kehittämistä oli Kiilto Oy:lle erityistä hyötyä, koska kyseistä menetelmää ei ole ennen yhtiössä käytetty. Kaikki kolme liimaa testattiin jokaisella menetelmällä ja kaikista saatiin verrattavia tuloksia. Dispersioliima I:n reseptin muokkauksessa päästiin alkuun ja projekti jatkuu Kiilto Oy:ssä.

LÄHTEET

EN 1308. Adhesives for tiles - Determination of slip. 2007. Brussels: European committee for standardization.

EN 1324. Adhesives for tiles - Determination of shear adhesion strength of dispersion adhesives. 2007. Brussels: European committee for standardization.

EN 1346. Adhesives for tiles - Determination of open time. 2007. Brussels: European committee for standardization.

EN 12003. Adhesives for tiles - Determination of shear adhesion strength of reaction resin adhesives. 2008. Brussels: European committee for standardization.

EN 12004. Adhesives for tiles - Requirements, evaluation of conformity, classification and designation. 2010. Brussels: European committee for standardization.

Kiilto. 2012. Tietoa Kiillosta: Kiilto Oy. Luettu 2.3.2012.
http://www.kiilto.com/fi/tietoa_kiillosta/kiilto_oy/

Tukes. 2007. Rakennustuotteiden CE-merkintä. Julkaistu 8.2007. Luettu 4.3.2012.
<http://tukes.fi/Tiedostot/rakennustuotteet/CE-esite.pdf>

Tukes. 2011. CE-merkinnän pakollisuus. Päivitetty 11.1.2011. Luettu 2.3.2012.
<http://tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet/CE-merkinnan-pakollisuus/>

Virtanen, M. 2011. Harmonisoidut tuotestandardit ovat pääreitti CE-merkintään. Julkaistu 21.4.2011. Rakennuslehti. Luettu 4.3.2012.
<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/25274.html>

Ympäristöministeriö. 2011. EU:n rakennustuoteasetus osittain voimaan pääsiäisenä. Julkaistu 14.4.2011. Luettu 4.3.2012.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=383199&lan=fi>

LIITTEET

Liite 1. Työohje leikkausmurtolujuuden määrittämiseen dispersioliimoille

1 (3)

Tarvikkeet

- Liimauspaino (7 kilogramman punnus)
- Huokoisia, sivuiltaan (108 ± 1) mm \times (108 ± 1) mm ja paksuudeltaan 7-10 mm olevia kaakelilaattoja, joiden vedenimukyky on (15 ± 3) % laatan massasta (EN 14411, ryhmä BIII) (esim. Pukkila Harmony -laattoja)
- Laattaleikkuri
- Liimausmuotti, jossa on 23 reikää
- 4 välisauvaa, joiden paksuus on 0,8 mm (esim. hitsauskoneen metallilankaa)
- Teräslasta
- Vetokone
- Vetokoneeseen asennettavat alumiiniset kappaleet, jotka muuttavat vetolujuuden leikkausmurtolujuudeksi
- Sekuntikello
- Testattava dispersioliima

Testiolosuhteet

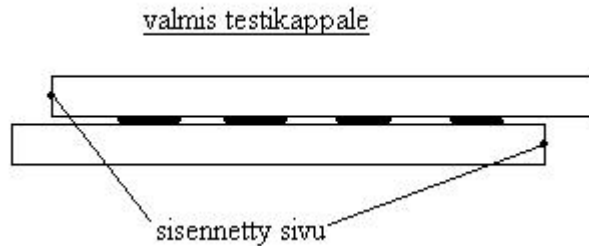
Lämpötilan tulee olla 23 ± 2 C ja suhteellisen ilmankosteuden (50 ± 5) %. Ilmavirran nopeus tulee olla työalueella alle 0,2 m/s. Työssä käytettävät laatat sekä testattava liima tulee säilyttää vähintään 24 tuntia testiolosuhteissa ennen testin suorittamista.

Työn suoritus

Leikkaa laatoista laattaleikkurilla 107 x 107 mm kokoisia, jotta ne varmasti mahtuvat vetokappaleisiin. Varmista, että ensimmäinen leikattu laatta mahtuu hyvin vetokappaleeseen ennen kuin leikkaat lisää. Jos leikkaaminen tuntuu kankealta, kannattaa leikkurin "kiskot" rasvata öljyn ja paperin avulla. Leikatessa yksi tasainen viilto laattaan riittää, minkä jälkeen sen pitäisi katketa yhdellä napakalla iskulla.

Varmista ennen liimausta, että valmiin testikappaleen sisennetyiksi sivuiksi tulevat tasanaiset pinnat, mieluiten leikkaamattomat, jotta laatta pysyy vedossa varmasti ehjänä. Kuvio 1 havainnollistaa tätä. Varmista myös aloittaessasi testin, että testikappale tulee oikein päin alumiinikappaleiden väliin, jotta paino jakautuu juuri kyseessä oleville sivuille.

(jatkuu)



KUVIO 1. Valmiin testikappaleen sisennetyt sivut (Kuvio: Anssi Aulu 2011)

Aseta liimausmuotti laatan huokoisen pinnan päälle. Levitä liimaa lastan avulla niin, että muotin jokainen kolo täyttyy, minkä jälkeen kaavi ylimääräinen liima muotin päältä. Aseta laatta liimaustelineeseen liimapinta ylöspäin. Nosta muotti varovasti ylös ja käynnistä sekuntikello. Aseta laatan nurkkiin neljä välisauvaa koskettamatta liimausta. 2 minuutin kuluttua aseta toinen samanlainen kaakelilaatta liimauksen päälle huokoinen pinta liimausta vasten siten, että laatat ovat 6 millimetriä sivuistaan limittäin.

Kuormita laattoja 7,1 kilon punnuksella 3 minuuttia tasaisella alustalla. Tämän aikana voidaan puhdistaa liimausmuotti. Samanaikaisesti voidaan käyttää kahta liimausmuotia, jolloin toisen päällä olevan liiman annetaan kuivua, minkä jälkeen kuivunut liima voidaan käsin hieroa pois. Muotin reiät saa helposti puhdistettua sormen avulla hanskoja käyttäen. Puhdistukseen voidaan käyttää myös vesipesua, mutta tällöin muotti tulee kuivata hyvin ennen seuraavaa liimausta. Samanaikaisesti voidaan suorittaa kaksi liimausta (toinen liimaus aloitetaan kun punnus on laitettu ensimmäisen testikappaleen päälle), mutta tällöin liimausmuotin puhdistuksessa tulee olla nopea. Lopuksi poistetaan punnus ja välisauvat varovasti niin, että laattojen keskinäinen asema säilyy muuttumattomana.

Testikappaleita käsitellään eri tavoin ennen vetoa (taulukko 1). Testikappaleita tarvitaan kymmenen kappaletta testiä kohden. Testejä ovat leikkausmurtolujuus, leikkausmurtolujuus vesirasituksen, lämpörasituksen sekä korotetun lämpötilan jälkeen. Mitattaessa leikkausmurtolujuutta korotetussa lämpötilassa on otettava huomioon, että testikappale saa olla korkeintaan 1 minuutin lämpökaapin ulkopuolella ennen vetoa. Tämän vuoksi veto kannattaa suorittaa käyttämällä hyväksi vetokoneeseen yhdistettyä lämpökaappia.

TAULUKKO 1. Esikäsittelytavat

Testi	Esikäsittely
Leikkausmurtolujuus	14 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → veto
Vesirasitus	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 7 vrk vesiupotuksessa → veto välittömästi kuivaamisen jälkeen
Lämpörasitus	14 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 14 vrk lämpökaapissa (70 ± 3)°C → 24 h vakio-olosuhdehuoneessa → veto
Korotettu lämpötila	14 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 14 vrk lämpökaapissa (70 ± 3)°C → veto 1 minuutin sisällä lämpökaapista oton jälkeen tai veto lämpökaapissa

(jatkuu)

Veto suoritetaan Instron 3366 -vetokoneella. Menetelmän nimi on laattaliimojen leikkausmurtolujuus. Kiinnityskappaleina käytetään suurimpia, eli 10 kilonewtonia kestäviä kappaleita, joiden kiinnitystapit asetetaan vaakatasoon. Kannattaa käyttää käsineitä kiinnitystappeja irrottaessa ja uudelleen kiinnittäessä. Kiristä kiinnityskappaleet tukevasti kiinni etteivät ne heilu.

Vetokoneen maksimivoima on rajattu 9300 newtoniin, koska alumiiniset vetokappaleet eivät välttämättä kestä paljon suurempaa voimaa. Lisäksi tällä vältetään vetokoneen ylimääräistä kuormitusta. Kappaleet on testattu 9600 newtonin voimalla, mutta tälläkään ei liimasauma välttämättä murre riippuen alkukäsittelyistä. Varmista, että liimauspinta-alaksi on määritetty 5508 mm^2 , koska samaa menetelmää käytetään myös reaktiivisilla liimoilla, jolle pinta-alaksi on määritetty 1660 mm^2 .

Jos testikappale murtuu, mutta veto ei jostain syystä pysähdy, pitää se tehdä manuaalisesti painamalla start-painikkeen alapuolella olevaa stop-painiketta. Testin yksittäiset tulokset katsotaan Stress at Max Load -sarakkeesta. Stress at Break -sarakkeen tulokset taas riippuvat murtuman säädetyistä herkkyysarvosta. Kun liimaus murtuu, paina näytölle ilmestyvää ok-painiketta, jolloin vetokappale laskeutuu takaisin samaan asentoon. Jos painike ei jostain syystä toimi, paina oikeassa reunassa olevaa return-painiketta, joka myös laskee kappaleen samaan asentoon.

Yksittäiset tulokset, jotka poikkeavat keskiarvosta yli 20 prosenttia, jätetään huomiotta. Jäljelle jäävistä arvoista lasketaan uusi keskiarvo. Jos jäljelle jää vähemmän kuin viisi arvoa, testi pitää uusida. Tulokset raportoidaan $0,1 \text{ N/mm}^2$:n tarkkuudella. Dispersioliimoille vaadittavat tulokset ja testaustiheydet on esitetty standardissa EN 12004:2010.

Testiraportin tulee sisältää:

- EN-standardin numero ja painos
- Näytteenoton paikka ja päivämäärä
- Liiman tyyppi, kaupallinen nimi ja valmistaja
- Testinäytteen kuvaus
- Näytteiden käsittely ja varastointi ennen testausta
- Testiolosuhteet
- Testauspäivämäärä
- Testin tulokset (yksittäiset tulokset, keskiarvo ja murtokohdat)
- Leikkausmurtolujuus jokaisen käsittelyn jälkeen (N/mm^2)
- Muut testin tulokseen mahdollisesti vaikuttaneet tekijät

Liite 2. Työohje leikkausmurtolujuuden määrittämiseen reaktiivisille liimoille

1(2)

Tarvikkeet

- Liimauspaino (7 kg:n punnus)
- Mitoiltaan $(100 \pm 1) \text{ mm} \times (100 \pm 1) \text{ mm} \times (9 \pm 1) \text{ mm}$ olevia kaakelilaattoja, joiden vedenimukyky on alle 0,5 % laatan massasta (EN 14411, BIa), esimerkiksi Pukkilan lasittamattomia ja läpivärjättyjä kuivapuristelaattoja.
- Liimausmuotti, jossa on 5 reikää
- Liimausteline
- 4 välisauvaa, joiden paksuus on 0,8 mm (esim. hitsauskoneen metallilankaa)
- Teräslasta
- Sekuntikello
- Testattava reaktiivinen liima
- Instron 3366 -vetokone
- Vetokoneeseen asennettavat kappaleet, jotka muuttavat vetolujuuden leikkausmurtolujuudeksi

Testiolosuhteet

Lämpötilan tulee olla $23 \pm 2 \text{ C}$ ja suhteellisen ilmankosteuden $(50 \pm 5) \%$. Ilmavirran nopeus tulee olla työalueella alle 0,2 m/s. Työssä käytettävät laatat sekä testattava liima tulee säilyttää vähintään 24 tuntia testiolosuhteissa ennen testin suorittamista.

Työn suoritus

Kaksikomponenttisen liiman ollessa kyseessä, sekoitetaan liiman hartsia ja kovetetta annetun suhteen mukaisesti. Liimaus kannattaa suorittaa heti liiman sekoittamisen jälkeen, jotta liima ei ehdi jäykistyä lopussa liikaa. Tämän vuoksi kannattaa myös suorittaa kaksi liimausta kerralla tai vaihtoehtoisesti sekoittaa uusi erä liimaa, kun puolet testi-kappaleista on liimattu.

Aseta liimausmuotti laatan sileän pinnan päälle. Levitä liimaa lastan avulla niin, että muotin jokainen kolo täyttyy, minkä jälkeen kaavi ylimääräinen liima muotin päältä. Aseta laatta liimaustelineeseen liimapinta ylöspäin. Nosta muotti varovasti ylös ja käynnistä sekuntikello. Aseta laatan nurkkiin neljä välisauvaa koskettamatta liimausta. 2 minuutin kuluttua aseta toinen samanlainen kaakelilaatta liimauksen päälle sileä pinta liimausta vasten, 6 millimetriä yli reunan.

Kuormita laattoja 7,1 kilogramman punnuksella 3 minuuttia tasaisella alustalla. Tämän aikana voidaan puhdistaa liimausmuotti. Kätevimmän sen saa puhdistettua paperin tai liinan avulla. Lopuksi poista punnus ja välisauvat varovasti niin, että laattojen keskinäinen asema säilyy muuttumattomana.

(jatkuu)

Testikappaleita käsitellään eri tavoin ennen vetoa (taulukko 1). Testikappaleita tarvitaan kymmenen kappaletta testiä kohden. Testejä ovat leikkausmurtolujuus sekä leikkausmurtolujuus vesirasituksen ja lämpöshokin jälkeen.

Lämpöshokkikäsitteily voidaan suorittaa esimerkiksi isossa kattilassa liedon päällä. Vedden tulee olla kiehuva kun testikappaleet asetetaan sinne pihtien avulla. Kaikkien kappaleiden tulee olla upoksissa. Jäähdytysvettä kannattaa olla paljon isossa ämpäriässä, sillä tällöin vesi ei kuumene yli 25 °C, kun testikappaleet siirretään ämpäriin.

TAULUKKO 1. Esikäsitteilytavat

Testi	Esikäsitteily
Leikkausmurtolujuus	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → veto
Vesirasitus	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 21 vrk vesiupotuksessa (23 ± 2)°C → veto välittömästi kuivaamisen jälkeen
Lämpöshokki	7 vrk vakio-olosuhdehuoneessa → 30 min vesiupotuksessa (23 ± 2)°C ja 30 min vesiupotuksessa 100 °C → molemmat vesiupotukset suoritetaan yhteensä 4 kertaa peräkkäin → 30 min vesiupotuksessa (23 ± 2)°C jäähdyttämistä varten → veto välittömästi kuivaamisen jälkeen

Veto suoritetaan Instron 3366 -vetokoneella. Menetelmän nimi on laattaliimojen leikkausmurtolujuus. Kiinnityskappaleina käytetään suurimpia, eli 10 kilonewtonia kestäviä kappaleita, joiden kiinnitystapit asetetaan vaakatasoon. Kannattaa käyttää käsiineitä kiinnitystappeja irrottaessa ja uudelleen kiinnittäessä. Kiristä kiinnityskappaleet tukevasti kiinni etteivät ne heilu.

Vetokoneen maksimivoima on rajattu 9300 newtoniin, koska alumiiniset vetokappaleet eivät välttämättä kestä paljon suurempaa voimaa. Lisäksi tällä vältetään vetokoneen ylimääräistä kuormitusta. Kappaleet on testattu 9600 newtonin voimalla. Varmista, että liimauspinta-alaksi on määritetty 1660 mm², koska samaa menetelmää käytetään myös dispersioliimoilla, joille pinta-alaksi on määritetty 5508 mm².

Jos testikappale murtuu, mutta veto ei jostain syystä pysähdy, pitää se tehdä manuaalisesti painamalla start-painikkeen alapuolella olevaa stop-painiketta. Testin yksittäiset tulokset katsotaan Stress at Max Load -sarakeesta. Stress at Break -sarakeen tulokset taas riippuvat murtuman säädetyistä herkkyyksarvosta. Kun liimaus murtuu, paina näyttölle ilmestyvää ok-painiketta, jolloin vetokappale laskeutuu takaisin samaan asentoon. Jos painike ei jostain syystä toimi, paina oikeassa reunassa olevaa return-painiketta, joka myös laskee kappaleen samaan asentoon.

Yksittäiset tulokset, jotka poikkeavat keskiarvosta yli 20 prosenttia, jätetään huomiotta. Jäljelle jäävistä arvoista lasketaan uusi keskiarvo. Jos jäljelle jää vähemmän kuin viisi arvoa, testi pitää uusida. Tulokset raportoidaan 0,1 N/mm²:n tarkkuudella. Reaktiivisille liimoille vaadittavat tulokset ja testaustiheydet on esitetty standardissa EN 12004:2010.

Liite 3. Työohje avoimen ajan määrittämiseen laattaliimoille

1(2)

Tarvikkeet

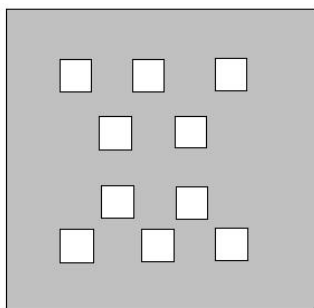
- Vetolaite, joka kykenee vetämään kappaletta tasaisesti kasvavalla voimalla (250 ± 50) N/s
- EN 14411 -standardin ryhmään BIII kuuluvia, huokoisia, mitoiltaan (50 ± 1) mm x (50 ± 1) mm olevia kaakelilaattoja, joiden veden imukyky on (15 ± 3) % laatan massasta. Paksuuden tulee olla 7–10 mm ja huokoisen pinnan profiilin alle 0,25 mm paksu.
- EN 1323 -standardin mukaisia betonilaattoja
- Metallisia vetokappaleita
- Hammaslasta, jonka hampaat ovat kooltaan 6 mm x 6 mm, ja ovat lastassa 6 mm välein
- Iso ja pieni teräslasta
- Testattava liima
- Sekuntikello

Testiolosuhteet

Lämpötilan tulee olla (23 ± 2) C ja suhteellisen ilmankosteuden (50 ± 5) %. Ilmavirran nopeus tulee olla työalueella alle 0,2 m/s. Kaikki työssä käytettävät välineet sekä testattava liima tulee säilyttää vähintään 24 tuntia testiolosuhteissa ennen testin suorittamista.

Työn suoritus

Levitetään ohut kerros liimaa betonilaatalle teräslastalla. Sitten levitetään paksumpi kerros liimaa ja kammataan se auki hammaslastalla 60 asteen kulmassa. 20 minuutin kuluttua kampaamisesta asetetaan liiman päälle vähintään kymmenen kappaletta kaakelilaattoja. Laatat voidaan kiinnittää esimerkiksi kuvion 1 osoittamalla tavalla, jotta vetokoneen jalat mahtuvat hyvin betonilaatalle.



KUVIO 1. Kymmenen laatan asettelu betonilaatalle (Kuvio: Anssi Aulu 2011)

(jatkuu)

Laattoja kuormitetaan 2 kilogramman painolla 30 sekuntia. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää yhden kilogramman painoisia, vetokappaleita. Yhdellä kertaa voidaan kuormittaa esim. kolmea laattaa, kunhan kuormitus kestää yksittäisellä laaatalla noin 30 sekuntia. Ylimääräinen liima poistetaan betonilaatalta teräslastalla, jotta vetokone saadaan tasaisesti kiinnitettyä. Tärkeää on varovasti poistaa ylimääräinen liima myös laattojen sivuilta, jotta vedettävä pinta-ala ei ole tarkoitettua suurempi. Dispersioliimoilla testi suoritetaan myös 30 minuutin kohdalla. Reaktiivisilla liimoilla tämä ei välttämättä ole tarpeen, koska niille ei ole määritetty pitkitettyä avointa aikaa, kuten dispersioliimoille. Myöskään 5 ja 10 minuutin avoin aika -testejä ei käytännössä tarvitse tehdä.

Laattoja säilytetään 27 vuorokautta standardiolosuhteissa. Vetokappaleet liimataan laattoihin Kiilto Kestopur -liimalla ja annetaan liiman kuivua 24 tuntia standardiolosuhteissa, minkä jälkeen suoritetaan vetolujuuksien määrittäminen.

Lasketaan mitattujen vetolujuustuloksien keskiarvo jokaiselle aikavälille. Arvot, jotka poikkeavat keskiarvosta yli 20 prosenttia, jätetään huomiotta. Jäljelle jäävistä arvoista lasketaan uusi keskiarvo. Jos jäljelle jää vähemmän kuin viisi arvoa, testi pitää uusua. Vetolujuusarvot raportoidaan eri ajankohtina kiinnipainetuille laatoille $0,1 \text{ N/mm}^2$:n tarkkuudella. Avoin aika minuuteissa on se maksimiaikaväli, jolloin liima saavuttaa standardissa EN 12004:2010 määritetyt vetolujuusvaatimukset. Dispersioliimoilla ja reaktiivisilla liimoilla vetolujuuden tulee olla $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ vähintään 20 minuutin kohdalla. Dispersioliimoille on lisäksi määritetty pidennetty avoin aika, mihin päästään jos vetolujuus on 30 minuutin kohdalla $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$.

Liite 4. Työohje valuman määrittämiseen laattaliimoille

1(2)

Tarvikkeet

- Liimauspaino (5 kg:n punnus)
- EN 14411 -standardin, ryhmään BI_a kuuluva (vedenimukyky alle 0,5 % laatan massasta), mitoiltaan (100 ± 1) mm x (100 ± 1) mm ja massaltaan (200 ± 10) g oleva kaakelilaatta
- EN 1323 -standardin mukainen betonilaatta
- Teräksinen viivain/viivoitin
- Yksi/kaksi ruuvipuristinta tai vastaava (viivaimen kiinnittämiseen betonilaataan)
- Teräksinen välilevy, jonka leveys on noin 25 mm
- Maalarinteippiä
- Teräslasta
- Hammaslasta, jonka hampaat kooltaan 6 x 6 mm ja jotka ovat lastassa 6 mm:n välein
- Työntömitta, joka on tarkkuudeltaan 0,01 mm
- Testattava laattaliima

Testiolosuhteet

Lämpötilan tulee olla (23 ± 2) C ja suhteellisen ilmankosteuden (50 ± 5) %. Ilmavirran nopeus tulee olla työalueella alle 0,2 m/s. Kaikki työssä käytettävät välineet sekä testattava liima tulee säilyttää vähintään 24 tuntia testiolosuhteissa ennen testin suorittamista.

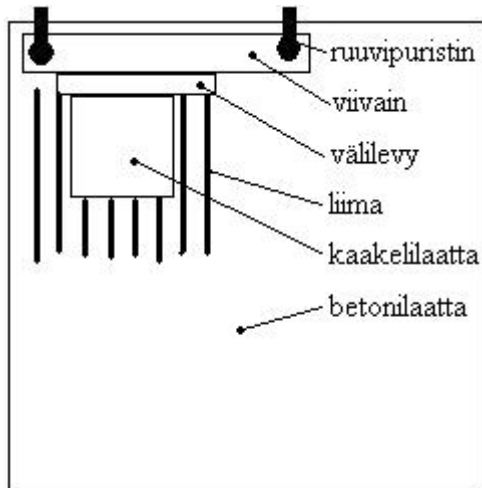
Työn suoritus

Kiinnitä viivain betonilaatan yläreunaan esimerkiksi ruuvipuristimella. Kiinnitä maalarinteippiä viivaimen alapuolelle ja levitä ohut kerros liimaa betonilaatalle teräslastalla. Levitä paksumpi kerros liimaa niin, että se peittää paksultikin myös maalarinteipin alaosan. Liimatun pinta-alan tulee olla vähintään 15 × 15 senttimetriä. Tärkeintä kuitenkin on, että liimattu ala on hieman isompi kuin kaakelilaatan pinta-ala.

Kampaa liima auki valumisen suuntaan hammaslastalla 60 asteen kulmassa, minkä jälkeen irrota maalarinteippi. Aseta 25 millimetrin levyinen välilevy heti viivaimen alapuolelle ja 2 minuutin kuluttua kampauksesta aseta kaakelilaatta välilevyn alapuolelle (sileä puoli liimaa vasten). Kuormita laattaa 5 kilogramman punnuksella (30 ± 5) sekuntia. Ota välilevy pois ja mittaa viivaimen ja kaakelilaatan välinen etäisyys työntömitalla kolmesta kohtaa (reunoilta ja keskeltä). Merkitse lukemat ylös ja nosta laatta välittömästi pystyasentoon. (20 ± 2) minuutin jälkeen laske betonilaatta vaakatasoon ja mittaa kolme etäisyyttä uudestaan samoista kohdista. Varo liikuttamasta kaakelilaattaa etäisyyttä mitatessasi.

(jatkuu)

Valumatesti suoritetaan vähintään kolme kertaa, minkä jälkeen lasketaan keskiarvo. Isolle 40 × 40 senttimetrin kokoiselle betonilaatalle saadaan mahtumaan kolme tai neljä valumatestiä yhdelle puolelle. Pienelle betonilaatalle ei välttämättä mahdu kuin yksi. Laatan valuma omalla painollaan on mittauksien välinen arvo. Valumatestin asettelu havainnollistetaan kuviossa 1.



KUVIO 1. Valumatestin asettelu (Kuvio: Anssi Aulu 2011)

Testiraportin tulee sisältää:

- EN-standardin numero ja painos
- Näytteenoton paikka ja päivämäärä
- Liiman tyyppi, kaupallinen nimi ja valmistaja
- Testinäytteen kuvaus
- Näytteiden käsittely ja varastointi ennen testausta
- Testiolosuhteet
- Testauspäivämäärä
- Valuma millimetreinä (yksittäiset tulokset ja keskiarvo)
- Muut testin tulokseen mahdollisesti vaikuttaneet tekijät