

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Miitta Turunen

CE-MERKITTYJEN VANERILEVYJEN VAATIMUKSET JA
VAATIMUSTEN ALITTAMISEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Kesäkuu 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU

Tekijä
Miitta Turunen

Nimeke
CE-merkittyjen vanerilevyjen vaatimukset ja vaatimusten alittamiseen vaikuttavat tekijät

Toimeksiantaja
UPM-Kymmene Oyj, Joensuun vaneritehdas

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa, mitkä tekijät vaikuttavat CE-merkittyjen vanerilevyjen liimasaumojen leikkauslujuuksien vaatimusten alittamiseen sekä vertailla samalla laadunvalvonnan käytäntöä Suomen standardoimisliiton laatimiin standardeihin. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona UPM-Kymmene Oyj:n Joensuun vaneritehtaalle.

CE-merkintä tuli pakolliseksi kaikkiin pysyvästi rakenteisiin tuleville rakennusmateriaaleihin, joille on laadittu harmonisoitu tuotestandardi, 1.7.2013 ja tällä merkinnällä valmistaja varmistaa, että tuote täyttää direktiivien turvallisuusvaatimukset. Puulevyjen tuotestandardi on SFS-EN 13986: 2004.

Tutkimuksissa tutkitut liimasaumat olivat normaaleja, päivittäin laadunvalvonnassa tutkittavia koepaloja. Verrattuna muiden tuotteiden lujuusvaatimuksiin, CE-merkittyjen levyjen vaatimukset olivat melko alhaisia, joten kaikki koekappaleet lujuuksien ja puustamurtumaprosenttien perusteella täyttivät vaatimukset. Poikkeuksena tästä olivat koepalat, jotka murtuivat leikkausalueen ulkopuolelta. Tuloksiin heikentävästi vaikuttivat eniten koekappaleissa olevat paikat sekä jatkosaumat. Lisäksi testauskäytäntöjen ja standardien ohjeiden välillä oli hieman eroavaisuuksia.

Kehitysideana oli mm. tehdä tehtaiden laadunvalvonnan ohjeistusta yhtenäisemmäksi sekä päivittää ohjeistusta noudattamaan tarkemmin standardeja.

Kieli	Sivuja	50
suomi	Liitteet	2
	Liitesivumäärä	8

Asiasanat
CE-merkintä, vaneri, liimasauma, leikkauslujuus



THESIS
June 2014
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND

Author

Miitta Turunen

Title

The Requirements of CE marked Plywood and Factors Affecting the Requirements

Commissioned by

UPM Plywood mill, Joensuu

Abstract

The purpose of this thesis is to identify the factors which affect the shearing strength of glue joints in CE marked plywood. In addition, the practice of quality control is also compared in the standards compiled by the Finnish Standards Association SFS. The thesis was commissioned by UPM plywood mill in Joensuu.

CE marking became mandatory 1.7.2013 for all construction materials that are permanently installed into structures if the material has a harmonized product standard. With this marking the product manufacturer confirms that the product fulfills the qualifications. The product standard for wood-based panels is SFS-EN 13986: 2004

The examined glue joints were normal and daily examined samples in the quality control. Compared to the strength requirements of other products the requirements of the CE marked plywood were quite low and all of the specimens passed the tests. With the exception of those samples which ruptured outside of the rupture area. The flaws that diminished the results were patches in samples and scarf-jointed veneers. Moreover, the practice of testing and the specifications of standards were not quite congruent.

As an idea of development, the purpose was to make the instructions of quality control between UPM factories more harmonious and update them to follow standards more accurately.

Language

Finnish

Pages

50

Appendices

2

Pages of Appendices

8

Keywords

CE marking, veneer, glue joint, shear strength

Sisältö

1	Johdanto	5
2	UPM-Kymmene Oyj:n esittely	5
3	Vanerin valmistus.....	6
3.1	Tuotantoprosessi	7
3.2	Vanerin käyttökohteet	8
4	CE-merkintä.....	8
4.1	CE-merkityt tuotteet	9
4.2	CE-merkinnän asettamat vaatimukset liimasaumoille ja vaatimustenmukaisuuden valvonta	10
5	Vanerin ja liimasauman lujuuteen vaikuttavat tekijät.....	11
5.1	Puu	11
5.2	Kosteus.....	12
5.3	Liimaus	12
6	Tutkimuksen tarkoitus ja toteutus	14
6.1	Tutkimusasetelma ja kohderyhmä	14
6.2	Testikappaleet	14
6.3	Tutkimuslaitteet	19
6.4	Esivalmistelut.....	20
6.5	Testien suoritus	21
6.6	Puustamurtumaprocentin määrittäminen	22
6.7	Tulosten tulkinta ja vaatimukset.....	23
7	Tutkimustulokset.....	24
7.1	Levyjen yläpinnan liimasaumat.....	26
7.2	Levyjen keskisauman liimasaumat	27
7.3	Levyjen alapinnan keskisaumojen liimasaumat	28
7.4	Koepaloissa esiintyneiden vikojen vaikutus liimasaumojen leikkauslujuuteen	30
8	Pohdinta.....	38
8.1	Tulokset ja niiden luotettavuus	38
8.2	Toteutus.....	39
8.3	Kehitysideat	40
	Lähteet.....	41

Liitteet

Liite 1	Liimasauman leikkauslujuuksien keskiarvot ja keskihajonnat
Liite 2	Koekappaleissa esiintyneet viat

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa UPM Kymmene Oyj:n Joensuu vaneritehtaan CE-merkittyjen tuotteiden liimasauman leikkauslujuuteen alentavasti vaikuttavat ja levyjen hylkäämiseen johtavat tekijät. Tarkoituksena oli, että tuloksia voidaan myöhemmin hyödyntää tuotannosuunnittelussa, mikäli vaatimukset alittavia tuotteita oli ja niillä oli jokin yhteinen tekijä. Samalla vertailtiin Suomen standardisoimisliiton, SFS ry:n, määrittelemiä toimintaohjeita tehtaan käytäntöön. Tutkimus toteutettiin levyistä, jotka valmistettiin 27.2.–29.4.2014 välisenä aikana.

Tehtaan laadunvalvontaan kuuluu normaalistikin CE-merkittyjen vanerilevyjen liimasauman leikkauslujuuden tutkiminen. Tutkimuksessa käytettiin levyjä, jotka oli liimattu fenoli-formaldehydihartsilla. Näistä levyistä, joista on otettu koepalat leikkauslujuuden määrittämistä varten, lähetetään vielä Lahden teknologiakeskukseen koepalat taivutuslujuuden, kimmomoduulin ja formaldehydipäästöjen määrittämistä varten. Tämä kuuluu tehtaan normaaleihin päivärutiineihin.

2 UPM-Kymmene Oyj:n esittely

UPM:llä on Suomessa pitkä historia metsäteollisuudessa. Ensimmäiset paperitehtaat ja puuhiomot aloittivat toimintansa 1870-luvulla. 1880-luvulla aloitettiin sellun valmistus ja 1920-luvulla paperinjalostus. Vanerin valmistus aloitettiin konsernissa 1930-luvulla. Tänä päivänä UPM-konserni koostuu kaiken kaikkiaan noin sadasta yhtiöstä, jotka ovat joskus olleet itsenäisiä, kuten Kymi, Schauman ja Kaukas. UPM-Kymmene Oyj aloitti toimintansa 1.5.1996, kun Kymmene Oy ja Repola Oy sekä sen tytäryhtiö, Yhtyneet Paperitehtaat, yhdistyivät. [1.]

UPM toimii 14 maassa ja yhtiöllä on maailmanlaajuinen myyntiverkosto. Yhtiön kokonaisliikevaihto vuonna 2013 oli 10,1 miljardia euroa ja vaneriliiketoiminnan osalta liikevaihto oli 429 miljoonaa euroa. [2, s. 23.]

Joensuun vaneritehtaan historia on ollut monivaiheinen ja siihen mahtuu vuoden 1930 tulipalo, joka tuhosi tehtaan kauttaaltaan. Tehdas muuttui vuonna 1917 lankarullatehtaasta vaneritehtaaksi ja vuotta myöhemmin aloitettiin vanerin valmistus. Vuonna 1923 tehtaan uudeksi omistajaksi nousi Oy Wilhelm Schauman Ab, joka myöhemmin vuonna 1988 yhdistyi Kymmene Oy:n kanssa. 1996 Schauman Wood Oy:stä, joka oli aikaisemmin, vuonna 1990 muodostettu, tuli UPM-Kymmene Oy:n tytäryhtiö. Nykyinen yhtiömuoto, UPM-Kymmene Wood Oy, perustettiin vuonna 2004. [3.]

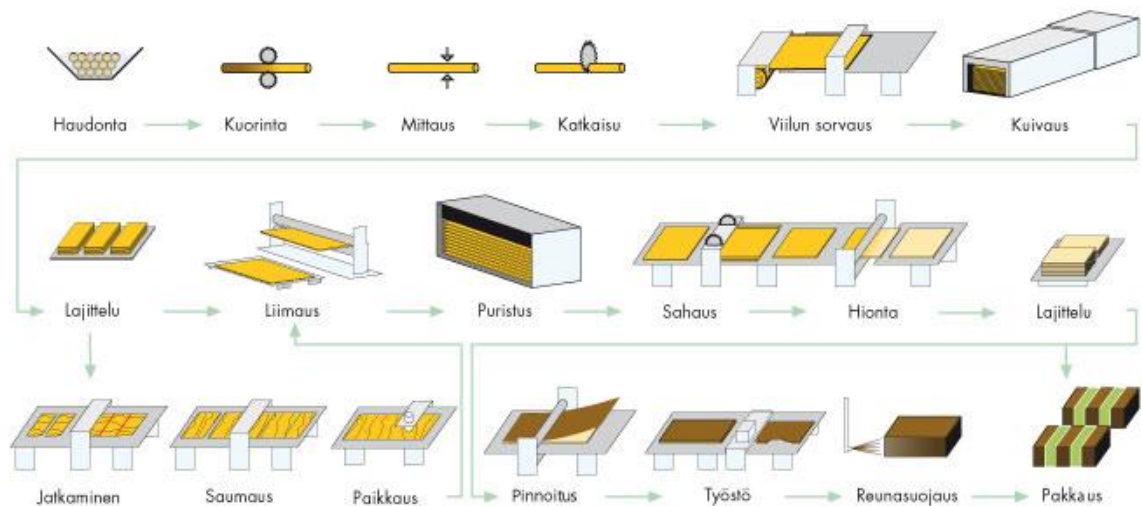
Työntekijöitä tehtaassa on viimeisimpien tietojen mukaan tuotannossa ja toimihenkilöinä yhteensä 160. Vuoden aikainen tuotantokapasiteetti on 55 000 m³. Joensuun tehtaalla valmistetaan koivuvaneria muun muassa kuljetusvälineteollisuuteen, rakentamiseen, pakkaus- ja laivanrakennusteollisuuteen. [3.]

3 Vanerin valmistus

Joensuun vaneritehtaan tärkein raaka-aine, koivu, soveltuu hyvin lujuusominaisuuksiensa ja kovuutensa vuoksi vanerin valmistukseen [6]. Vaneri valmistetaan liimaamalla ohuita puuviiluja pariton määrä yhteen niin, että päällekkäisten viilujen syyt ovat kohtisuorassa toisiaan nähden. Liimauksessa käytetään yleensä fenolihartsiliimaa, joka on säänkestävää ja kuivuessaan väriltään ruskehtavaa. [6, s. 41.] Vaneria on mahdollista valmistaa myös havupuusta sekä sekavaneria koivu- ja havupuusta.

3.1 Tuotantoprosessi

Vanerin valmistus tehtaalla (kuva 1) aloitetaan hautomosta. Koivutukkeja lämmitetään vesialtaassa sellaiseen lämpötilaan, jotta niistä saadaan sorvattua tarpeeksi hyvää ja lujaa, noin 1,2–3,2 millimetrin paksuista, viilua [6, s. 50]. Ennen sorvausta koivutukit kuitenkin katkaistaan haluttuun mittaan, Joensuun tehtaalla 1300 mm:n ja 1600 mm:n pituisiksi.



Kuva 1. Vanerin tuotantoprosessi [5]

Sorvauksessa syntynyt viilumatto kuivataan kuivauskoneessa noin 5 %:n kosteuteen, jonka jälkeen matosta leikattavat viiluarkit siirtyvät lajittelun kautta jatkojalostukseen. Viilun laadusta riippuen, viilu siirtyy suoraan liimattavaksi, paikattavaksi, jatkettavaksi tai saumattavaksi. Viilu, joka menee suoraan liimattavaksi tai paikattavaksi, on tarkoitettu pintamateriaaliksi, jolloin se on jo leikattu oikean mittaiseksi. Sisäviiluiksi tarkoitetut viilut siirtyvät jatkolinjalle tai saumaukseen, joissa palasista valmistetaan pidempiä ja leveämpiä viilumattoja. Näin myös saadaan hyödynnettyä raaka-ainetta paremmin.

Ladonnassa tapahtuvan liimauksen jälkeen levyaihiot siirtyvät esipuristimien kautta varsinaiseen kuumapuristukseen. Levyjä puristetaan 120–130 °C lämpötilassa 1,7–2,0 MPa:n paineella ja puristusaika riippuu puristettavan levyn paksuudesta. Jotta lämpö pääsee vaikuttamaan kaikkiin liimasaumoihin, ohjeaikana voidaan pitää 30 sekuntia levyn paksuusmillimetriä kohti. [6, s. 127.] Lopuksi valmiit vanerilevyt sahataan määrämittaansa, mahdollisesti pinnoitetaan ja reu-

nasuojataan maalaamalla sekä lajitellaan pakattavaksi. Pinnoittamalla saadaan parannettua vanerin kitkaominaisuuksia sekä iskun-, sään-, kulutuksen ja kemikaalinkestävyyttä [7].

3.2 Vanerin käyttökohteet

Koivuvaneri soveltuu hyvin ominaisuuksiltaan vaativiin kohteisiin, kuten betonoimislevyihin, kuljetusvälineiden ja konttien lattioihin, rakennusten lattioihin, jotka ovat raskaasti kuormitettuja, kantaviin erikoisrakenteisiin, liikennemerkkeihin sekä huonekaluteollisuuteen.

4 CE-merkintä

CE on lyhenne ranskankielisestä nimestä Conformité Européenne ja tällä merkinnällä tuotteen valmistaja tai edustaja kertoo viranomaisille tuotteen täyttävän direktiivien olennaiset turvallisuusvaatimukset. CE-merkintä voidaan kiinnittää vain niihin tuoteryhmiin, joissa sitä vaaditaan. [9.]

Merkinnällä helpotetaan tavaroiden vapaata liikkumista Euroopan sisämarkkinoilla. CE-merkintä ei kuitenkaan ole laatumerkki tai turvallisuuden tae kuluttajalle, vaan se kattaa vain tietyn osan tuotteesta, esimerkiksi mekaanisen kestävyiden tai syttyvyyden [9]. Kuluttajille merkintä kertoo tuotteen ominaisuudet vastaavanlaisella tavalla ilman päällekkäisiä viranomaishyväksyntöjä sekä helpottaa tuotteiden keskinäistä vertailua [10].

Merkintä on mahdollista saada rakennustuotteille, joille on laadittu eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi, puulevyillä se on Suomen standardisoimisliiton SFS ry:n standardi SFS-EN 13986: 2004. Kun tämä tuotestandardi on laadittu kyseiselle tuotteelle, merkintä on pakollinen rakennustuoteasetuksen määräämänä kaikissa Euroopan maissa 1.7.2013 alkaen. Tällöin CE-merkintä on pääasiallinen tapa osoittaa, että tuote täyttää viranomaisvaatimukset. Rakennustuotteilta, joilla on korkeat turvallisuusvaatimukset, merkintä edellyttää serti-

fiointilaitoksen sertifiointia. Tuotteelle tulee tehdä alkutestaus sekä valmistajalla tulee olla dokumentoitu laadunvalvontajärjestelmä, jolloin sertifiointilaitos myöntää nämä varmennettuaan todistuksen. [11.] Joensuun tehtaalla valvontaa suorittaa Inspecta Sertifiointi Oy tekemällä säännöllisesti tarkastuskäyntejä ja Suomen tasolla merkintöjen käyttöä valvoo Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES [10].

On kuitenkin muistettava, että rakennustuotteen CE-merkintä ei takaa tuotteen soveltuvuutta tiettyyn rakennuskohteeseen tietyssä maassa, vaan rakennustuotteen käyttöä, samoin kuin suunnittelua ja rakennuskohdetta, säätelevät kansalliset viranomais määräykset, kuten Suomen rakentamismääräyskokoelma, RakMk. [10.]

4.1 CE-merkityt tuotteet

WISA®-Birch on koivusta ristiin liimaamalla valmistettu vanerilevy, joka soveltuu korkeaa lujuutta ja kulutuksen kestoa vaativiin kohteisiin. Vanerilevyjä valmistetaan pääsääntöisesti kuljetusvälineiden lattioihin, rakennusteollisuuteen, julkisten tilojen sisäverhouksiin ja huonekaluteollisuuteen. WISA®-Birch-levyissä on käytetty liimana säänkestävää fenoli-formaldehydihartsia. [12.]

WISA®-Trans-levyt ovat rakenteeltaan erilaisia, kuin muut Joensuun tehtaalla valmistettavat CE-merkityt tuotteet. Levyt ovat monikerroslaminoituja eli ne ovat pinnoitettu fenolifilmillä ja niiden pinnat on kuvioitu liukastumisen estämiseksi. Tuotetta käytetään lattiamateriaalina sen kulutuksen keston vuoksi kuljetusvälineissä ja rakentamisessa esimerkiksi lastaussilloissa. [13.]

Kuten WISA®-Trans, WISA®-Wire on liukuestekuvioitua, tummanruskealla fenoli-filmillä päällystettyä koivuvaneria. Tuote soveltuu käytettäväksi teknisiin käyttökohteisiin, kuten kuljetusvälineiteollisuuteen esimerkiksi rautatievaunuissa ja rekan perävaunujen lattioissa. Rakennusteollisuudessa levyjä käytetään varastojen lattioissa ja huoltosilloissa. Levyissä on liimauksessa käytetty säänkestävää fenoliliimaa. [14.]

4.2 CE-merkinnän asettamat vaatimukset liimasaumoille ja vaatimustenmukaisuuden valvonta

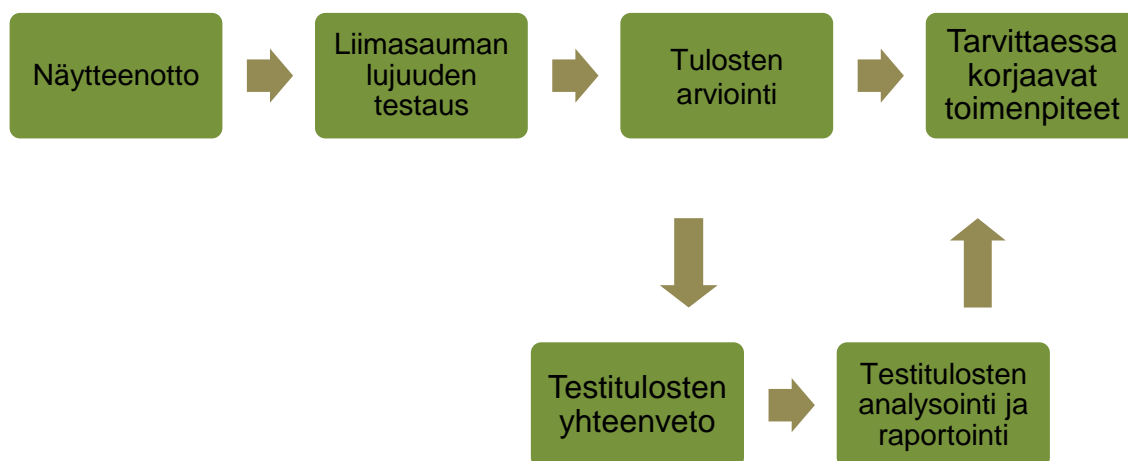
Vanerilevyjen tulee täyttää standardin SFS-EN 13986: 2004 asettamat vaatimukset. Joensuun tehtaalla levyistä testataan liimasaumojen leikkauslujuus ja samaisista levyistä lähetetään Lahden teknologiakeskukseen koepalat taivutuskokeita varten. Luvussa 6.7 kerrotaan liimasauman lujuusvaatimukset.

Ennen kuin tuotteeseen voidaan kiinnittää CE-merkintä, valmistajan tulee laatia suoritustasoilmoitus (Declaration of Performance eli DoP). Rakennustuotteen suoritustason pysyvyyden arvioinnissa sekä varmennuksessa käytettävät menettelyt määritellään rakennustuotteen AVCP-luokan (Assessment and Verification of Constancy of Performance) mukaan. Rakennustuotteet on jaettu vaatuuksensa mukaan viiteen luokkaan: 1+, 1, 2+, 3 ja 4. [15.] Joensuun tehtaalla on tuotannon sisäisen laadunvalvonnan vaatimuksenmukaisuustodistus, joka kuuluu AVCP-luokkaan 2+.

AVCP-luokassa 2+ valmistajan tulee huolehtia sisäisestä dokumentoidusta laadunvalvonnasta, tehdä lisätestauksia tuotteille testausohjelman mukaisesti sekä määrittellä tuotetyyppi mm. laskennan, tyyppitestauksen ja taulukkojen avulla. Laadunvalvonnan sertifiointilaitos suorittaa tehtaalle alkutarkastuksen sekä valvoo ja arvioi jatkuvasti tehtaan sisäistä laadunvalvontaa. [15.]

Laadunvalvontajärjestelmä edellyttää, että laadunvalvonnassa suoritetaan säännöllisesti tarkastuksia ja kokeita. Levyiltä vaadittuja ominaisuuksia tarkkailaan SFS:n standardin SFS-EN 326-2 mukaan ja liimauksen laatua tarkkaillaan ottamalla kerran 8 tunnin aikana, joka käsittää yhden työvuoron, yksi liimasaumapari laadunvalvontaan testattavaksi. [16, s.24.]

Kuva 2 näkyy Joensuun tehtaan CE-merkittyjen tuotteiden valvonta. Liimasauman leikkauslujuuskokeiden tulokset tutkii CE-testauksen yhteyshenkilö ja ne analysoidaan sekä raportoidaan. Tulokset raportoidaan kaksi kertaa vuodessa myös ulkopuoliselle luokituslaitokselle, joka tässä tapauksessa on Inspecta Sertifiointi Oy.



Kuva 2. CE-vaatimustenmukaisuuden valvonta tuotannossa (Häkki 2014)

5 Vanerin ja liimasauman lujuuteen vaikuttavat tekijät

Vaneri on painoonsa nähden lujaa materiaalia erityisesti leikkauslujuudeltaan, minkä saa aikaa viilujen ristiin liimaaminen. Koska vanerilevyssä on monta kerrosta, puun erilaiset kimmo- ja lujuusominaisuudet ovat hyvin tasaiset. Näiden lujuusominaisuuksien ansiosta vaneri soveltuu seinä-, katto- ja lattiaelementeiksi ja erilaisiin kantaviin laattoihin ja palkkeihin. [6, s. 247.]

5.1 Puu

Puun ominaisuudet, jotka vaikuttavat merkittävimmin liimauksen laatuun, ovat puun rakenne ja viat, puun kosteus ja sitä kautta puun eläminen, sekä liimattavan pinnan laatu. Sekavanereiden valmistuksessa tulee myös ottaa huomioon eri puulajien ominaisuudet. [19, s. 113.]

Puun ominaisuudet ovat erilaisia riippuen siitä, mistä suunnasta katsotaan. Puusta on mahdollista tarkastella poikkileikkausta, säteen suuntaista leikkausta sekä tangentin suuntaista leikkausta. Kun tarkastellaan puun leikkauspintoja,

liimauksen laatuun vaikuttavat seuraavat tekijät: pinta- ja sydänpuu, vuosirenkkaat, oksat, vinosyisyys sekä muut puun kasvuhäiriöt. [19, s. 113–114.]

Sydän- ja pintapuuhun sekä kevät- ja kesäpuuhun liima kiinnittyy erilailla. Esimerkiksi sydänpuussa solujen huokokset ovat tukkeutuneet, jolloin liima imeytyy huonosti. Oksat, vinosyisyys ja reaktiopuu heikentävät puuta ja näin ollen myös sauman lujuutta ja vaikuttavat liiman imeytymiseen. Mikäli kosteus vaihtelee puussa, vikakohdat liikkuvat erilailla puussa muuhun puuhun verrattuna ja tämä aiheuttaa lisäjännityksiä liimasaumaan. Havupuissa sydänpuun pihka ja muut uuteaineet voivat vaikeuttaa liiman imeytymistä. [19, s. 114.]

Puun pinnan tulee olla sileä, vahingoittumatonta ja puhdas parhaan liimaustuloksen aikaansaamiseksi. Esimerkiksi juuri höylätyllä pinnalla saadaan paras liimaustulos ja palaneella pinnalla huono. [19, s. 115.]

5.2 Kosteus

Riippuen liimatyypistä, puun kosteuden tulisi olla 5-15 %. Mikäli puu on liian kuiva, se kostuu huonosti, eikä liima tällöin imeydy riittävän hyvin puuhun. Liian kostea puu taas imee liikaa itseensä liimaa, jolloin itse saumaan ei jää tarpeeksi liimaa. Koska puu on hygroskooppinen aine eli se pyrkii tasapainokosteuteen ympäröivän ilman kanssa, puu turpoaa ja kutistuu. Tästä elämisestä aiheutuu jännityksiä liimasaumoihin, mitä tapahtuu paljon koivulla sen suuren tiheyden vuoksi. Jännitykset aiheuttavat vääntelyä tai pahimmassa tapauksessa liimasauman rikkoontumisen. Jännitysten vähentämiseksi kappaleiden kosteudet tulisi saada vastaamaan käyttöolosuhteita. [19, s. 114–115.]

5.3 Liimaus

Liimaus on vanerin valmistuksessa yksi tärkeimmistä työvaiheista. Viilun pintaan levitetään liimakerros, joka saadaan kovettumaan paineen ja lämmön avulla. Tästä syntyvä liimasauma ja sen lujuus on tärkeimpiä laadun kriteerejä. [6, s. 116.] Sauman lujuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat liiman viskositeetti eli kuinka

sakeaa liima on, kuiva-ainemäärä, happamuus sekä vanhenemisominaisuudet [19, s. 117]. Valmistuksesta johtuvia liimausvirheitä, jotka vaikuttavat liimasauman lujuuteen, ovat liiman levitysmäärä sekä ladelmien liian pitkät odotusajat esimerkiksi kuumapuristimella [20, s. 128]. Nämä virheet aiheuttavat mm. esikovettumista ja liimasauman enneaikaista kuivumista.

Liimaukseen käytetään usein liimoja, joissa vesi on liuottimen roolissa. Kun liima sitoutuu, vesi poistuu saumasta, jolloin kuiva-aine muodostaa kappaleita koossapitävän sauman. Tässä reaktiossa muodostuu saumaan kutistumisjännityksiä, jotka riippuvat käytetystä liimasta, kuiva-ainemäärästä sekä sauman paksuudesta. [19, s. 117.] Liiman kuiva-ainepitoisuuden määrittäminen kuuluu Joensuuun tehtaalla laadunvalvonnan päivittäisiin rutiineihin.

Liimojen viskositeetti vaihtelee paljon ja jokaisella liimalla on sille määritelty optimiviskositeetti. Koska liiman viskositeetti kasvaa, kun varastointiaika pitenee, liimat tulee varastoida alhaisessa lämpötilassa. Liiman oikeaan viskositeettiin vaikuttaa puun huokoisuus, kosteus sekä käytetäänkö kovettumisen nopeuttamiseksi lämpöä, mikä alentaa viskositeettia. Huokoista puuta liimattaessa tulee käyttää sakeampaa liimaa, sillä ohut liimakerros imeytyisi liikaa puuhun. Liimasauman lujuuteen vaikuttaa myös liiman happamuus. Mitä neutraalimpaa (pH 7) liima on, sitä parempi on liimaustulos. [19, s. 117–118.]

Näiden tekijöiden lisäksi mm. liian paksu liimasauma voi haurastuttaa liimaa ja paksu sauma on usein muutenkin heikompi lujuudeltaan, kuin ohut sauma. Paksu liimasauma voi muodostua, jos käytetty puu on ollut liian kuivaa tai liima on kovettunut nopeasti. [19, s. 134–135.] Tämän esikovettumisen syynä on yleensä liian pitkä liimausaika, liian pieni liiman levitys, liian nopea kovete tai puristin on sulkeutunut hitaasti ja puristuslämpötila on ollut liian korkea [20, s. 128.] Liimasauman levitysmääriä mitataan kaksi kertaa 8 tunnin työvuoron aikana, ohjearvojen ollessa 145–170 g/m², ja ladonta- sekä puristusaikoja seurataan päivittäin.

6 Tutkimuksen tarkoitus ja toteutus

Liimasauman leikkauslujuustutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa, mitkä tekijät vaikuttavat liimasauman leikkauslujuuteen. Ideaalitapauksessa tutkimustuloksia olisi voitu hyödyntää tuotannossa. Samalla vertailtiin Suomen Standardisoimisliiton SFS ry:n laatimia standardeja tehtaan sisäisen laadunvalvonnan käytäntöön. Testimenetelmissä tehdas noudattaa VTT:n ohjeita, joka toimi sertifiointilaitoksena ennen Inspecta Sertifiointi Oy:tä.

6.1 Tutkimusasetelma ja kohderyhmä

Tutkimusaineiston kerääminen aloitettiin helmikuun lopussa ja koetulosten keräystä jatkettiin kaksi kuukautta aina huhtikuun loppuun saakka. Tutkimukset alkoivat standardeihin perehtymisellä, jotta tulosten tulkitseminen, kuten puustamurtumaprosentin määrittäminen, olisi jo testausvaiheessa onnistunut.

Tutkimuksissa käytettävät koekappaleet olivat viimeistelylinjalta satunnaisesti valittuja kappaleita, joiden testaus kuuluu laadunvalvonnan päivittäisiin tehtäviin, joten erillistä tutkimusaineistoa tähän tutkimukseen ei kerätty. Tuotteet, joille nämä testit tehtiin, olivat CE-merkittävät WISA®-Birch, WISA®-Trans sekä WISA®-Wire -koivuvanerilevyjä.

6.2 Testikappaleet

Vanerilevyissä esiintyy sisäistä ja levyjen välistä hajontaa ja tästä johtuen levyjä on testattava tietty määrä, sekä yksittäisistä levyistä on otettava tietty määrä koekappaleita [22, s. 4]. Liimauksen laatua tutkittaessa koekappaleiden vähimmäismäärä yksittäisestä levystä leikattuna on 10 kappaletta ja jokaisesta koekappaleiden ryhmästä tulee yksi kappale leikata tasatun levyn reunasta [22, s. 5].

Testilevyt saatiin viimeistelylinjalta kolmessa vuorossa, mikäli levyn rakenne oli ollut oikea. Aamuvuorossa otettiin yksittäisen levyn yläpinnasta koepalat, ilta- vuorossa alapinnasta ja yövuorossa levyn keskeltä. Rakenne, josta oli mahdollista ottaa ylä-, keski- sekä alapinnan saumat, oli normaali ristiin liimattu rakenne. 141-rakenteisista, eli levyistä, joissa oli suunnattu rakenne ja ylä- ja alapinnassa olivat päällimmäiset liimaviilut samansuuntaisia, saatiin otettua vain keskisaumasta testipalat. Kaikista testilevyistä otettiin levyn mitat, ristimitta, kahdeksasta pisteestä paksuus sekä tarkistettiin tasomaisuus, jolloin levyn reunat eivät saa nousta tasaisella pinnalla enempää, kuin 5 mm. Tulokset kirjattiin mitauspöytäkirjaan, joka toimitettiin laadunvalvontaan. Kaikista kolmesta pinnasta otettiin 10 koekappaletta ja niihin merkittiin tehtaan numero, sahauspäivämäärä, mistä pinnasta kappale oli otettu sekä mitä liimaa kappaleessa oli käytetty. Liimasaumojen lisäksi otettiin samaisesta levyistä taivutuskoekappaleet lähetettäväksi Lahden teknologiakeskukseen. [21.]



Kuva 3. Ylä-, keski- ja alapinnan koekappaleet sekä niiden merkintä

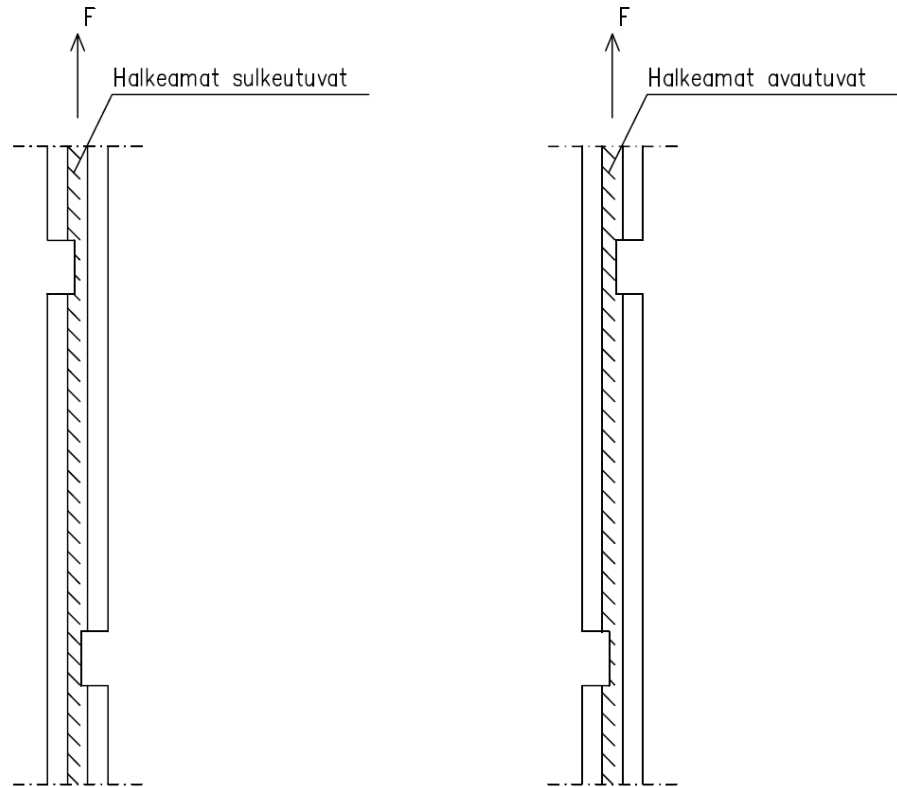
Jokainen koekappale sahattiin niin, että liimasaumojen välissä olevan kerroksen syysuunta oli kohtisuorassa koekappaleeseen nähden ja kappaleeseen sahattiin urat tutkittavaan viilukerrokseen asti (kuva 4). Urien syvyys tutkittavissa kappaleissa tuli ulottua tutkittavaan, liimasaumojen väliseen kerrokseen ja leveys tuli standardin mukaan olla 2,5-4 mm. Standardissa SFS-EN 314-1 ohjeistet-

tiin, mikäli kappaleessa olisi ollut vain 3-9 viilukerrosta, olisi tällöin voitu käyttää koko levyn paksuista näytettä. Levyjen ollessa paksumpia, ylimääräiset kerrokset oli mahdollista sahata, hioa tai höylätä pois. [23, s. 4]. Kaikki tutkimuksissa käytettävät koekappaleet muodostuivat kolmesta viilukerroksesta ja kahdesta liimasaumasta. Ylimääräiset kerrokset levystä sahattiin pois.



Kuva 4. Koekappaleet ennen esivalmisteluja

Sahauksessa tuli ottaa huomioon sorvihalkeamien suunta valmiissa koekappaleissa. Puolet koekappaleista sahattiin niin, että vedettäessä koekappaletta, keskisauman sorvihalkeamiin kohdistui puristusta ja puolet taas niin, että vedettäessä sorvihalkeamat aukesivat (kuva 5). [24.]

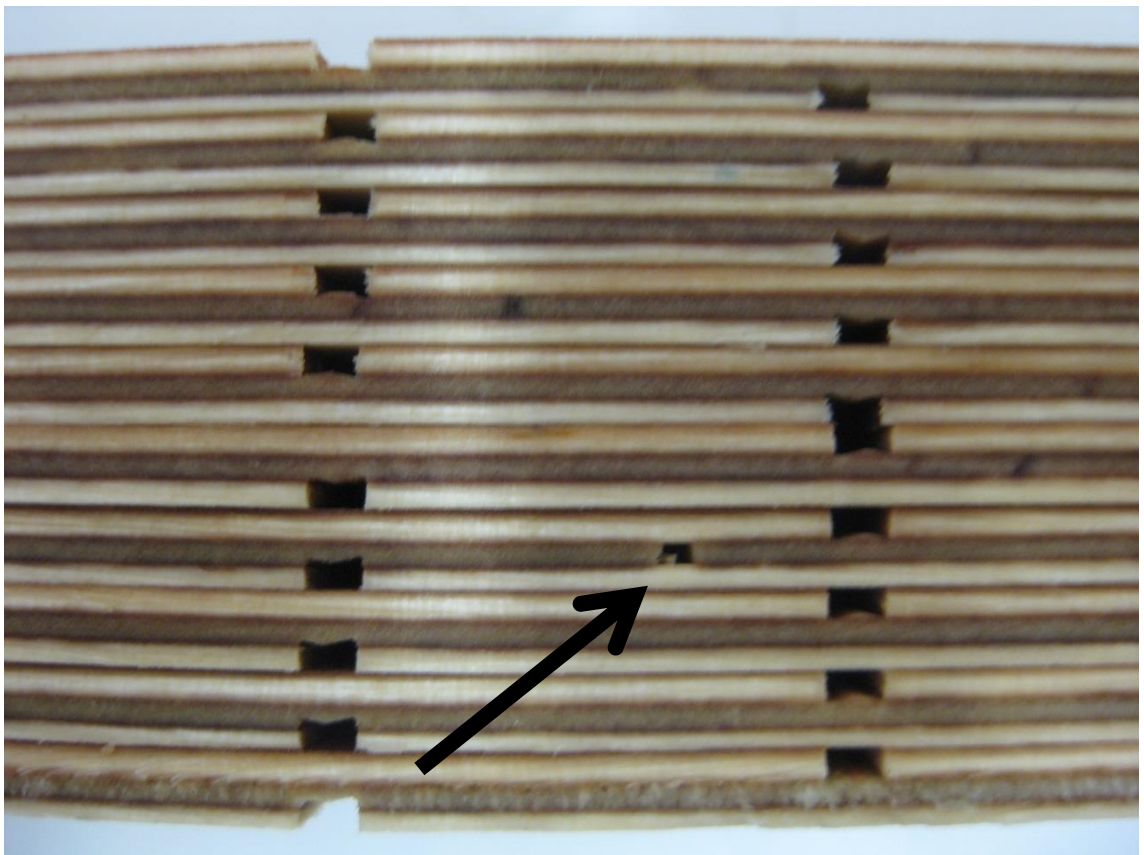


Kuva 5. Urien sijainti koekappaleissa [26]

Koekappaleet on valittava jo sahausvaiheessa niin, ettei niissä olisi mitään näkyviä vikoja, kuten paikkoja (kuva 6) tai oksia ja leikkausalueen tulisi olla ehjä (kuva 7). Näin eliminoidaan puun vikojen vaikutus leikkauslujuustuloksiin.



Kuva 6. Paikka pintaviilussa

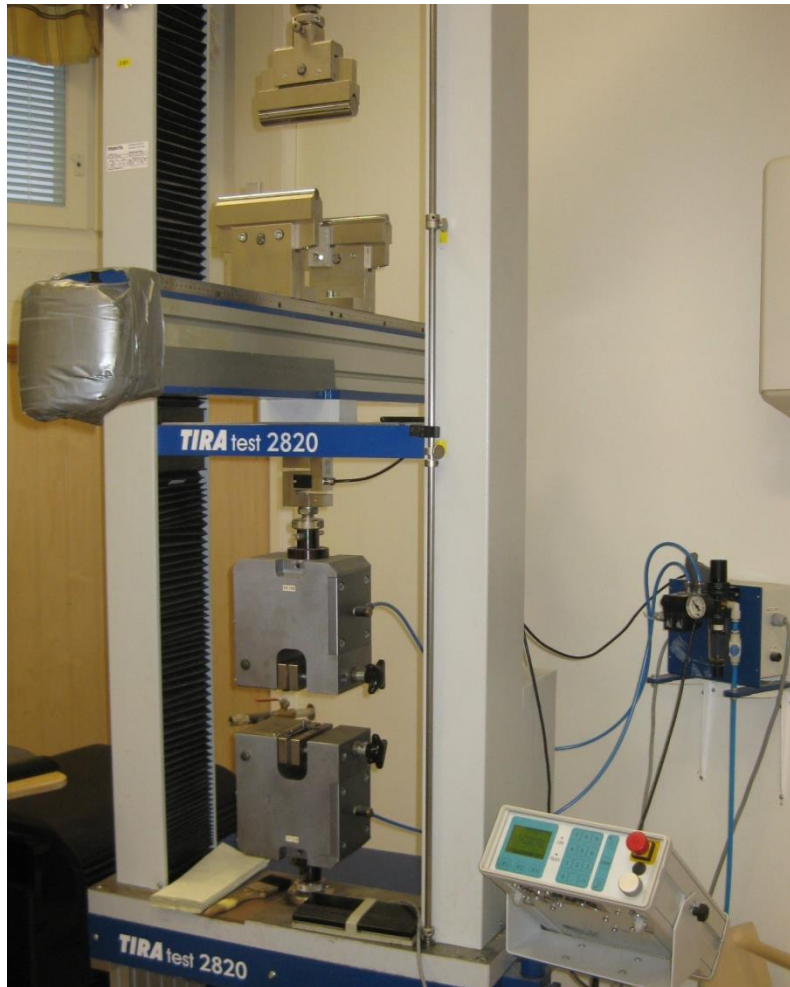


Kuva 7. Läpihalkeama leikkausalueella

6.3 Tutkimuslaitteet

Standardi SFS-EN 314-1 määrittelee CE-merkittyjen tuotteiden laadunvarmistukseen käytettävät tutkimuslaitteet. Laitteisto, jota Joensuun tehtaalla käytettiin, on seuraava:

- liotusta varten teräskulho, jossa on huoneenlämpöistä vettä
- keittoastia viikkonäytteitä varten
- kuivatusuuni, jonka lämpötila on +62 °C
- aineenkoestuslaite (20 kN), jossa on uritetut tartunnat ja joka näyttää tulokset ± 1 %:n tarkkuudella (kuva 8), kalibroitu 4.10.2013
- suurennuslasi puustamurtumaprosentin määrittämiseen
- työntömitta



Kuva 8. Aineenkoestuslaite. Testaus tapahtui alemmalla testausalueella

6.4 Esivalmistelut

CE-merkityille levyille tehtävät esivalmistelut tehtiin standardin SFS-EN 314-1 mukaan ja ne määräytyivät levyille niiden käyttötarkoituksen mukaan, mikä määritellään standardissa SFS-EN 314-2. Esivalmistelut tehtiin laadunvalvon-
nassa Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen, VTT:n, vuonna 2003 antamien ohjeiden mukaan.

Ennen esikäsitteilyä leikkauspinnan pituus ja leveys mitattiin 0,1 mm:n tarkkuu-
della. Nämä tiedot saatiin laadunvalvontaan seurantalomakkeilla, jotka oli täy-
tetty tuotannon puolella.

Joensuun tehtaalla liimasauman leikkauslujuuden määrittämistä varten fenoliliimatuille levyille tehdään standardin SFS-EN 314-1 mukaisesti kolme erilaista testiä. Päivänäytteen, jonka testaus suoritetaan nimensä mukaisesti päivittäin, esivalmisteluihin kuuluu 24 tunnin liotus huoneenlämpöisessä (20 ± 3 °C) vedessä, jonka jälkeen koepalat testataan aineenkoestuslaitteella. Kerran viikossa tehtävään viikkonäytteeseen kuuluu kaksi rinnakkaistestiä. Viikkonäytteen esivalmisteluihin kuuluu ensin neljän tunnin keitto kiehuvässä vedessä, jonka jälkeen kappaleet kuivataan kuivatusuunissa 16–20 tuntia. Tämän jälkeen kappaleita vielä keitetään neljä tuntia. Testin toisen osan esivalmistelut ovat samanlaiset, kuin päivänäytteellä. Testejä täydentämään tehdään vielä neljä kertaa vuodessa 72 tunnin testit, jolloin kappaleita keitetään kiehuvässä vedessä kolmen vuorokauden ajan, jonka jälkeen kappaleet testataan. Testikappaleet tulee asetella kiehuvaan veteen niin, että ne ovat täysin veden alla. Kuivatusuunissa kappaleet eivät saa olla kosketuksissa toisiinsa ja ne tulee kuivata ritilän päällä. [23, s. 8.]

6.5 Testien suoritus

Leikkauslujuustestit tehtiin määritettyjen kappaleista, jolloin murtuminen oli mahdollista erottaa helpommin. Kappaleet aseteltiin vaiheittain testilaitteen kiinnikkeisiin niin, että kuorma jakautui vetoalueelle tasaisesti ilman poikittaista kuormitusta. Koekappaleen lipsumista kiinnittimissä sallitaan vain kuormituksen alkuvaiheessa. [23, s. 9.]

Kappaleeseen kohdistuvan kuormituksen tuli lisääntyä tasaisesti ja murtuman olisi standardin mukaan tapahduttava 20–40 sekunnin kuluttua testin aloituksesta. Tuloksissa ilmoitettiin murtokuorma 1 %:n tarkkuudella ja kappaleen murtolujuus, N/mm^2 , kaavan 1 mukaan.

$$f_v = \frac{F}{l_1 \times b_1} \quad (1)$$

missä f_v on liimasauman leikkauslujuus [N/mm^2]

F on testikappaleen murtokuorma [N]

l_1 on murtoalueen pituus [mm]

b_1 on murtoalueen leveys [mm]

Tulokset ilmoitettiin 0,01 N/mm^2 :n tarkkuudella. Myös keskihajonta ja puustamurtumaprosentti oli ilmoitettava. Jokaiselle liimasaumaparille laskettiin keskiarvo vanerin liimasaumojen leikkauslujuuden tarkistusta varten [22, s.7].

6.6 Puustamurtumaprosentin määrittäminen

Kun testikappale oli testattu ja epäselvissä tapauksissa kuivattu, kappaleesta määritettiin puustamurtumaprosentti. Siinä arvioidaan, kuinka monta prosenttia jäljelle jäänyttä puuainesta on koko leikkausalueen pinta-alasta. Myös leikkausalueelle jääneet kuidut oli otettava huomioon tarkastelussa. Mikäli kappaleessa oli alueita, joissa ei ollut lainkaan liimaa, tulos tulkittiin niin, että liimasauma on pettänyt.

Standardin SFS-EN 314-1, liitteen A mukaan, mikäli leikkaantuminen tapahtuu tutkimusalueen eli sahausurien ulkopuolella, eikä niiden välissä, tulisi koekappale hylätä ja uusia testi varakappaleella [23, s. 11]. Samoin, mikäli yli 50 prosenttia koekappaleen pintaviilusta on murtunut viilussa olleen poikkisyisyyden vuoksi, kappale tulisi hylätä [25]. Tehtaan käytäntö kuitenkin erosi hieman standardin ohjeista ja tällaisissa tapauksissa puustamurtumaprosentti merkittiin 100 %:ksi riippumatta leikkauslujuuden tuloksesta. Standardissa myös ohjeistetaan määrittämään puustamurtumaprosentti kuivista kappaleista, mutta koska puustamurtumaprosenttia ei tarvitse määrittää, mikäli leikkausvoima f_v on suurempi, kuin $1,0 \text{ N}/\text{mm}^2$, tehtaan käytäntönä on ollut kuivata epäselvät tulokset ja tulkita tulos uudelleen kuivista kappaleista.

Puustamurtumaprosenttia määritettäessä ja tulkittaessa on muistettava, että tulokset ovat subjektiivisia ja tulosten tarkkuus riippuu laadunvalvojan ammattitaidosta ja tulokset voivat vaihdella laboratorioiden välillä. Jotta tulokset olisivat mahdollisimman luotettavia, tulisi standardin SFS-EN 314-1 mukaisia ohjeita hyödyntää suuntaviivoina. [23, s. 11.]

6.7 Tulosten tulkinta ja vaatimukset

Jokaisen koekappaleen liimasauman tulee täyttää niille annetut vaatimukset standardin SFS-EN 314-2 (Taulukko 1).

Taulukko 1. Koepalojen vaatimukset

Vaatimukset	
Leikkauslujuus f_v N/mm ²	Puustamurtumaprosentti
$0,2 \leq f_v < 0,4$	$\geq 80 \%$
$0,4 \leq f_v < 0,6$	$\geq 60 \%$
$0,6 \leq f_v < 1$	$\geq 40 \%$
$1 \leq f_v$	Ei vaatimuksia

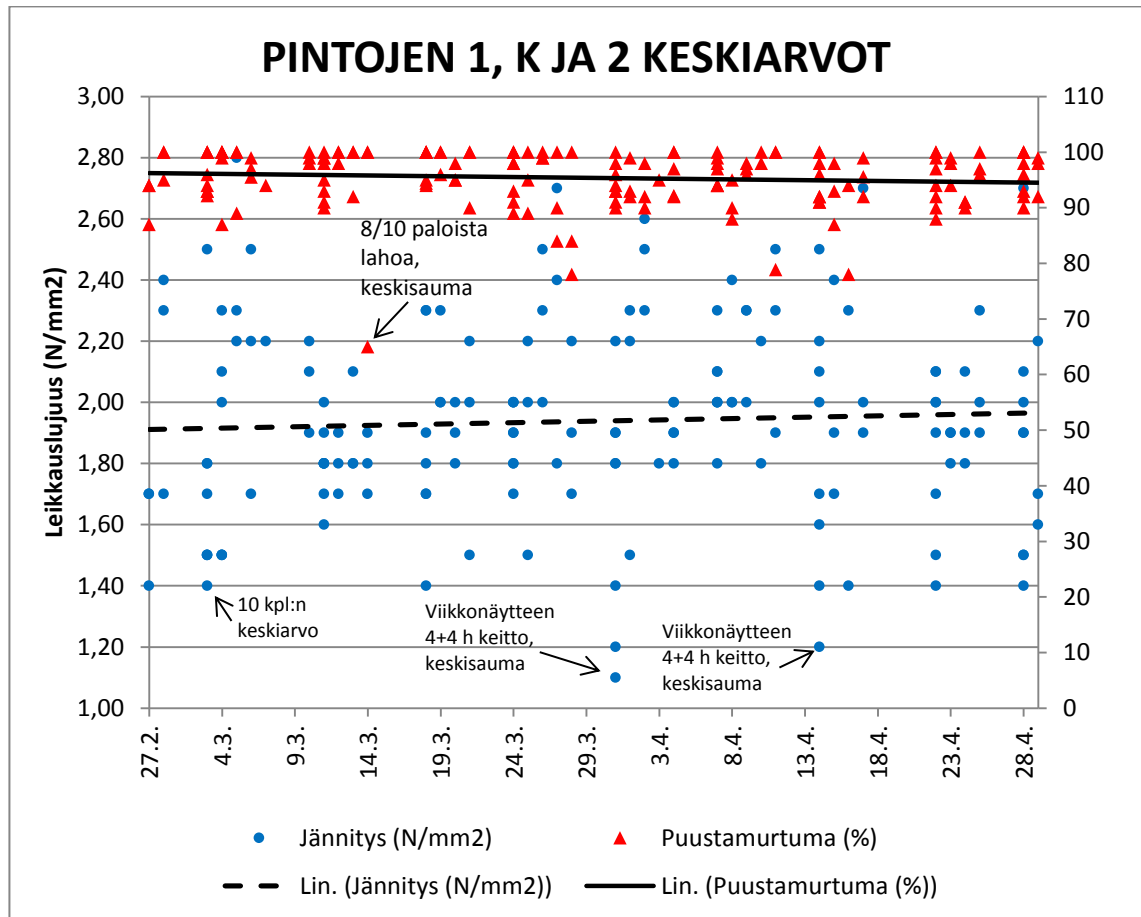
Liimasauman leikkauslujuuden ollessa esimerkiksi 0,2 - 0,4 N/mm², puustamurtumaprosentin tulee olla suurempi kuin 80 %. Tässä tapauksessa puu on murtunut ennen liimasauman murtumista, eli liimasauma on ollut vahvempi. Liimasauman leikkauslujuuden ollessa suurempi kuin 1,0 N/mm², puustamurtumaprosenttia ei tarvitse määritellä, sillä koepala on kestänyt hyvin, oli kappale sitten murtunut puusta tai liimasaumasta. Taulukko 1:n vaatimukset pätevät kaikkiin kolmeen testimuotoon, joilla liimasaumoja testataan. Testausmuodot esitellään kappaleessa 6.4.

Mikäli hylättyjen koekappaleiden määrä on 10 % kokonaismäärästä tai vähemmän, levy täyttää sille asetetut vaatimukset. Hylättyjen tulosten määrän ollessa enemmän kuin 10 %, tulee testit tehdä uudelleen ja hylätyt levyt lajitellaan huomponaan laatuun. [25.]

7 Tutkimustulokset

Tutkimusmateriaalia liimasauman leikkauslujuuksista kerättiin kahden kuukauden ajan ja koekappaleita kertyi yhteensä 1664 kappaletta. Kaikki koekappaleet täyttivät standardin SFS-EN 314-2 asettamat vaatimukset (taulukko 1) lukuun ottamatta niitä seitsemää koekappaletta, jotka murtuivat leikkausalueen ulkopuolelta. Virallisissa tuloksissa nämä kappaleet olivat hyväksytyjä ja puustamurtumaprosentti oli 100 %, mutta tässä tutkimuksessa kappaleet merkittiin hylätyiksi standardin SFS-EN 314-1: 2004 ohjeistuksen mukaan. Tutkimusajanjaksolle osui myös neljä kertaa vuodessa suoritettava 72 tunnin testi, jonka suoritustavasta on kerrottu tarkemmin luvussa 6.4.

Taulukko 2. Kaikkien pintojen liimasaumojen leikkauslujuuden ja puustamurtu-
maprosenttien keskiarvot



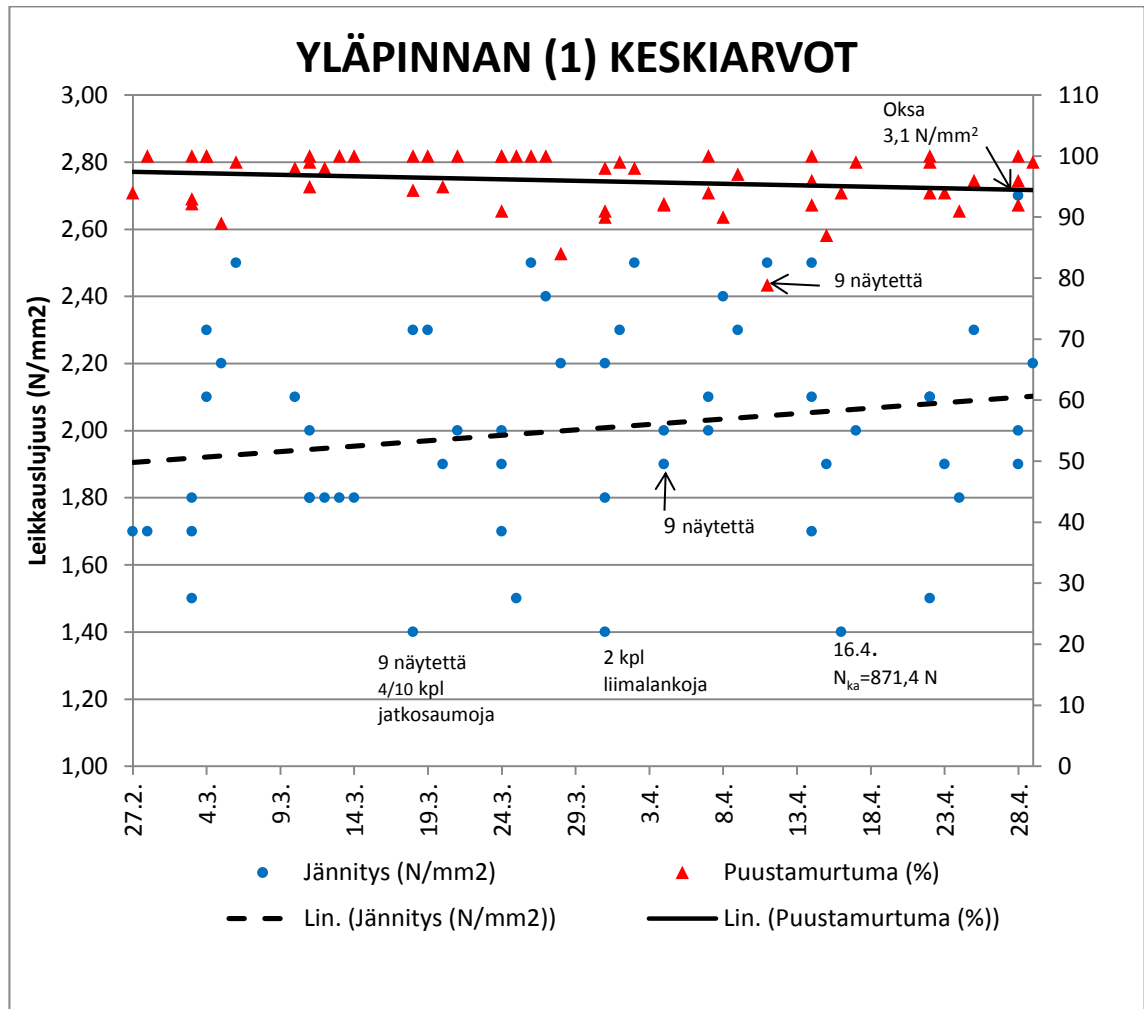
Kun tarkastellaan kaikkien koesaumojen kymmenen kappaleen keskiarvoja yhdessä (taulukko 2), leikkauslujuuden keskiarvo on nousujohteinen. Taulukossa nähtävät leikkauslujuuksien keskiarvojen notkahdukset selittyvät viikkonäytteiden keittotestien tuloksilla. Keittotesteissä kappaleita oli ensin keitetty, sen jälkeen kuivattu uunissa ja taas keitetty. Alle 1,0 N/mm² tuloksia oli yhteensä vain 23 kappaletta, 1,4 % kaikista tuloksista.

Karkeasti voidaan sanoa, että liimasauman lujuus ja laatu on parantunut tutkimusjaksolla. Kun kappaleiden täydellinen murtuma puusta on laskenut, liimasaumojen lujuuden keskiarvo on noussut. Tutkimusajanjaksolla oli käynnissä liimanlevityksen määrään liittyvä projekti ja tämä on saattanut vaikuttaa myös liimasauman leikkauslujuuksiin. Seuraavissa luvuissa on eritelty tutkitut pinnat ja niiden tulosten keskiarvot.

7.1 Levyjen yläpinnan liimasaumat

Tutkittujen vanerilevyjen yläpinnan liimasaumojen (pinta 1) lujuus kasvoi muutamasta leikkauslujuuden notkahduksesta huolimatta. Taulukossa 3 on tutkittujen levyjen yläpinnan liimasaumojen sekä puustamurtumaprosenttien keskiarvot sekä niiden kehityssuuntaa kuvaavat viivat. Kuten taulukossa on esitetty, heikkommat tulokset ovat antaneet otokset, joissa on ollut jatkosaumoja ja liimalankoja. Luvussa 5 kerrottiin liimasauman lujuuteen vaikuttavista tekijöistä. Puun, kosteuden ja liimauksen lisäksi lujuuteen vaikuttaa viilun sorvauslaatu. 16.4. tehdyissä koekappaleissa ei ollut näkyviä vikoja, mutta kokonaistulos oli silti melko huono, voiman N keskiarvon ollessa 871,4 N. Kappaleet murtuivat pääosin täysin puusta ja heikkoon tulokseen voi olla osasyynä syvät sorvaushalkeamat, joita monissa koekappaleissa esiintyi.

Taulukko 3. Levyn yläpinnan leikkauslujuuksien ja puustamurtumaprosenttien keskiarvot

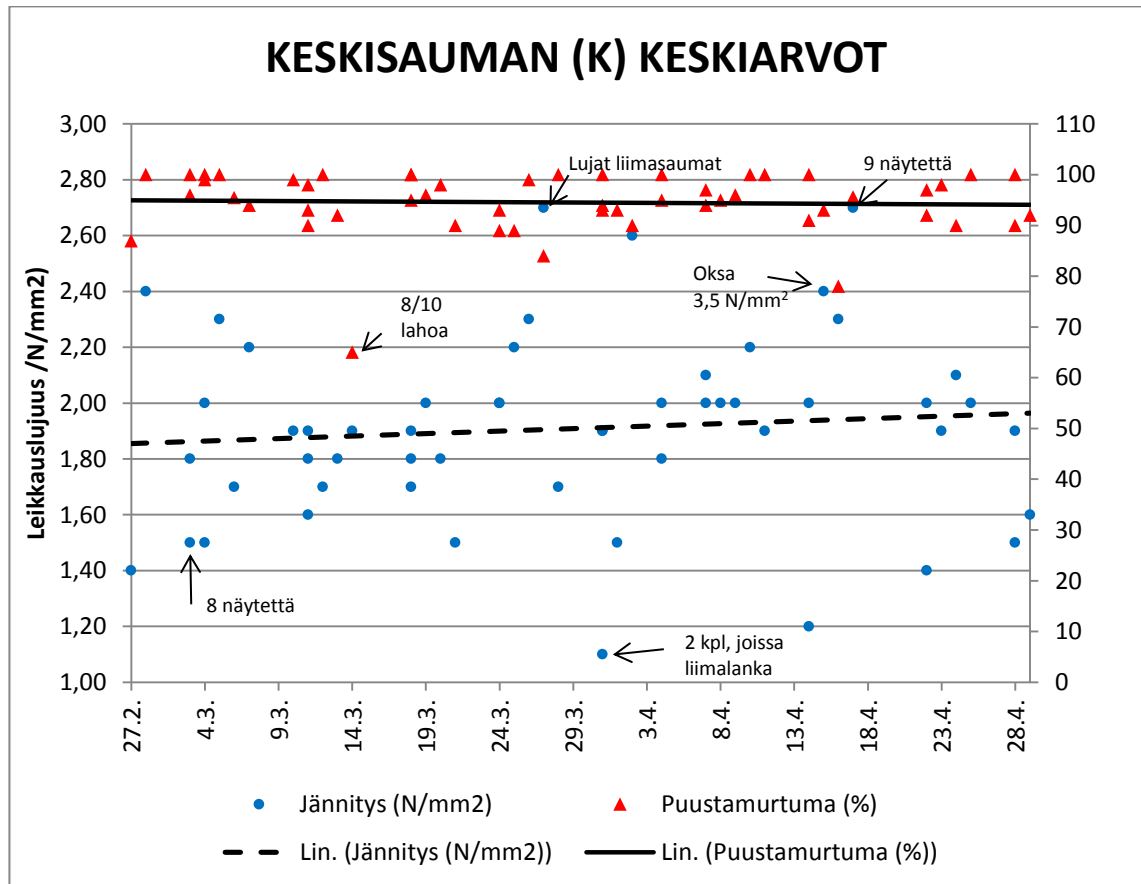


Alle 1,0 N/mm² tuloksia yläpinnassa oli vain viisi kappaletta (0,3 %) ja nämä kaikki kuuluivat viikkonäytteen keitto-osioon. Mikäli jännitys ylitti 1,0 N/mm², puustamurtumaprosenttia ei tarvinnut määrittää (taulukko 1).

7.2 Levyjen keskisauman liimasaumat

Taulukko 4, 27.3. tehdyissä keskisauman (pinta k) koepaloissa liimasauma oli luja, otoksen keskiarvoleikkausvoiman ollessa 2,7 N/mm² ja puustamurtumaprosentin keskiarvo 84 %. Liimasauman lujuudesta kertoo myös näyte, jonka lujuus oli 2,9 N/mm² ja puustamurtumaprosentti vain 10 %.

Taulukko 4. Levyjen keskisauman leikkauslujuuksien ja puustamurtumaprosenttien keskiarvot



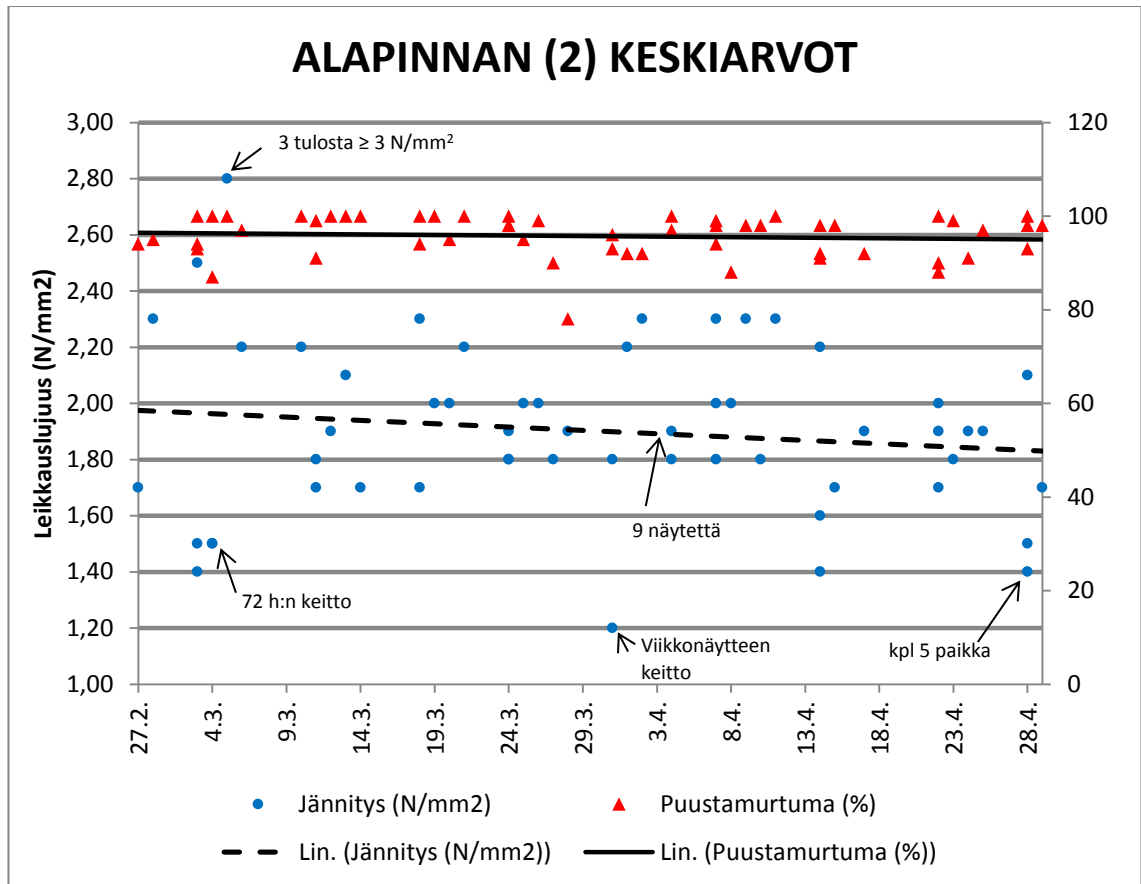
Koekappaleita, jotka alittivat $1,0 \text{ N/mm}^2$ oli yhteensä yhdeksän kappaletta (0,5 %). Nämä kappaleet kuuluivat viikonäytteiden keittotesteihin sekä 72 tunnin testiin. Yhdessä kappaleessa oli kuivaviilussa paikka, josta kappale murtui. Kappaleiden puustamurtumaprosentit olivat pääosin 100 %.

7.3 Levyjen alapinnan keskisaumojen liimasaumat

Alapinnan (pinta 2) puustamurtumaprosenttien keskiarvo pysyi melko tasaisena, mutta liimasauman leikkauslujuus laski hieman (taulukko 5). Maaliskuun keskiarvolujuutta nostaa 5.3. tehtyjen koekappaleiden lujat liimasaumat sekä puun hyvä laatu. Kappaleiden keskiarvoleikkauslujuus oli $2,80 \text{ N/mm}^2$ ja puustamurtumaprosentti kaikissa 100 %.

Alapinnassa oli muita pintoja enemmän paikkoja sekä esimerkiksi juuri paikoista ja ohuesta pintaviilun sahausesta ja hionnasta johtuvia leikkausalueen ulkopuolisia murtumia.

Taulukko 5. Levyjen alapinnan leikkauslujuuksien ja puustamurtumaprosenttien keskiarvot



Alle 1,0 N/mm²:n leikkauslujuuden alittaneita tuloksia alapinnan leikkaussau-
moista oli seitsemän kappaletta (0,4 %). Kuten yläpinnassa ja keskisaumassa,
alapinnassakin näistä tuloksista valtaosa oli viikkonäytteen keittotestien kappaleita ja kappaleet olivat murtuneet lähes täysin puusta.

7.4 Koepaloissa esiintyneiden vikojen vaikutus liimasaumojen leikkauslujuuteen

Kaikkien tulosten liimasauman leikkauslujuuden keskiarvo, jota verrattiin viallisten kappaleiden keskiarvoihin, oli tutkimusajanjaksolla $1,93 \text{ N/mm}^2$ ja kun viallisia koekappaleita ei otettu tuloksissa huomioon, keskiarvo nousi $1,94 \text{ N/mm}^2$:iin. Puustamurtumaprosenttien ero oli vain 0,9 prosenttiyksikköä, kaikkien tulosten puustamurtuman ollessa 95,4 % ja ilman viallisia kappaleita 96,3 %. Viat eivät siis aiheuttaneet kokonaisuuteen suurta eroa ja prosentuaalisesti vikojen osuus oli vain 4,87 % kaikista koekappaleista. Eniten vikoja esiintyi 12 mm:n levyissä, yhteensä 33 kpl, noin 3,9 % kaikista 12 mm:n koepaloista.

Taulukko 6. Koepaloissa esiintyneet viat

Vika	Jännitys (N/mm ²)	Puustamurtumaprosentti (%)	Kpl	Osuus kaikista koekappaleista (%)
Oksa	2,00	72,9	21	1,26
Liimalanka	1,56	80,0	13	0,78
Paikka	1,32	98,3	12	0,72
Jatkosauma	1,35	80,0	10	0,60
Lahoa	1,78	56,3	8	0,48
Hylätty	1,53	100,0	7	0,42
Muut	2,24	66,0	10	0,60
Yhteensä			81	4,87

Määrällisesti eniten koekappaleiden leikkausalueella oli oksia, 1,26 % kaikista koekappaleista (taulukko 6). Oksaisten kappaleiden tulokset vaihtelivat 0,5–3,7 N/mm²:n välillä ja tulosten perusteella oksat jopa nostivat liimasauman leikkauslujuutta keskiarvon ollessa 2,00 N/mm², mikä on 0,09 N/mm² parempi, kuin kaikkien kappaleiden yhteiskeskiarvo. Eniten oksia esiintyi juuri levyjen välivii- luissa keskisauman koekappaleissa. Kuvassa 9 on koekappale, jonka leikkauslujuus oli 1,0 N/mm², jolloin kappale kesti vain 643 N ennen murtumista. Puustamurtumaprosentti oli 100 % eli kappale on murtunut täysin oksan kohdasta. Vertailun vuoksi kuvassa 10 on 1404 N kestänyt oksallinen koekappale, jonka leikkauslujuus oli 1,5 N/mm², mutta puustamurtumaprosentti vain 20 %. Syy, miksi liimasauma on kestänyt huomattavasti enemmän, kuin kuvan 9 Kuva 9 pala, on oksan poikkisyisyys.



Kuva 9. Oksa koekappaleessa, $f_v = 1,0 \text{ N/mm}^2$



Kuva 10. Oksa koekappaleessa, $f_v = 1,5 \text{ N/mm}^2$

Liimalankoja esiintyi kuivaviiluissa, joita oli jatkettu saumaamalla yksittäisiä viilumattoja yhteen. Liimalangat eivät vaikuttaneet liimasauman lujuuteen merkittävästi ja yhtä koekappaletta lukuun ottamatta kaikki tulokset ylittivät $1,0 \text{ N/mm}^2$. Puustamurtumaprosenttien keskiarvokaan, $80,0 \%$, ei ollut huonoimpien tulosten joukossa.



Kuva 11. Koekappale, jossa on liimalanka

Koekappaleita, joissa oli pintaviiluissa paikkoja, olisi standardin mukaan pitänyt poistaa testattavien kappaleiden joukosta. Paikkojen sijainti leikkausalueella vaikutti kappaleiden lujuuteen. Poikkeukset paikalliset kappaleet murtuivat juuri kuvan 12 mukaisesti. Keskiarvolujuus näissä kappaleissa oli $1,32 \text{ N/mm}^2$, $0,61 \text{ N/mm}^2$ vertailuarvoa pienempi. Puustamurtumaprosentti taas oli $98,3 \%$, $2,9$ prosenttiyksikköä vertailuarvoa parempi.



Kuva 12. Koekappaleessa paikka



Kuva 13. Koekappale, jossa on jatkosauma

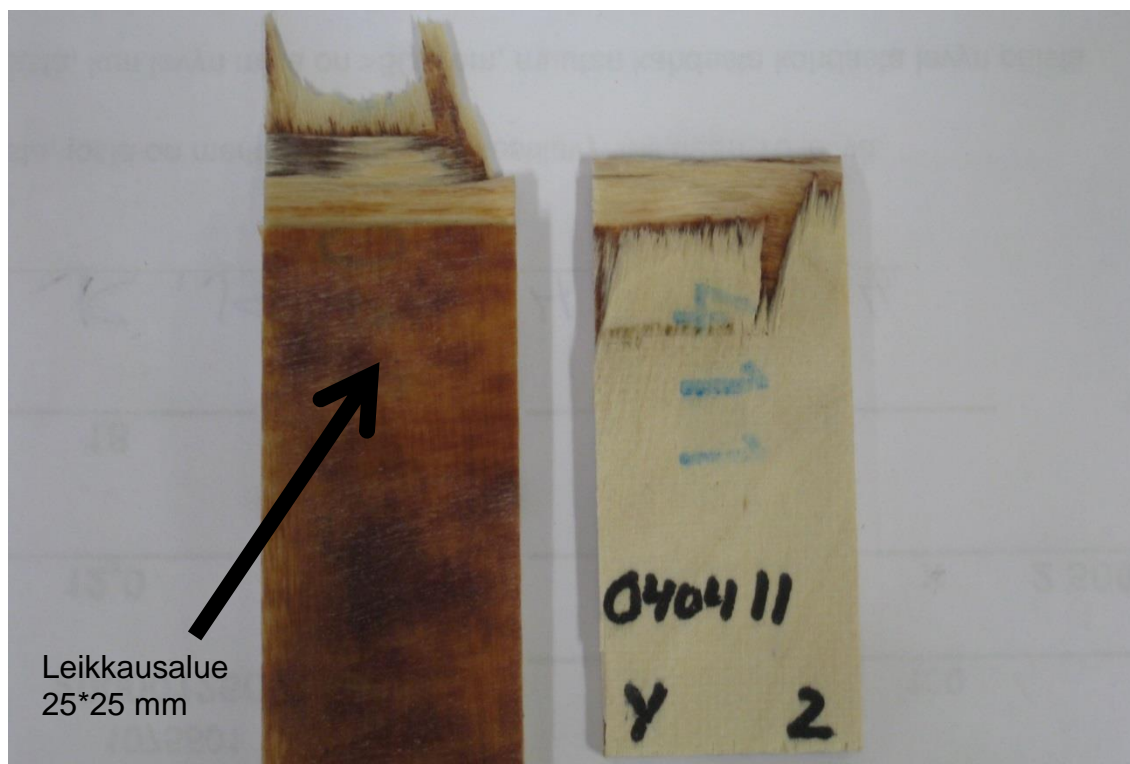
Jatkosaumojia esiintyi jatketuissa liimaviiluissa, 0,60 %:ssa koekappaleista. Jatkosauma muodostuu kahdesta viistetystä viiluarkin reunasta, jotka ovat liimattu ja puristettu yhteen. Jatkosaumallisten kappaleiden lujuuteen vaikutti jatkolinjalta tehdyn sauman laatu, sillä kappaleet murtuivat juuri tästä saumasta. Sauma, joka murtui täysin puusta, maksimivoima oli 772 N, kun taas kappaleen murtuessa osittain liimasaumasta, sauman kestävyys oli 1041 N. Heikoimmillaan koekappaleen maksimivoima oli 396 N ja leikkauskestävyys tällöin oli 0,6

N/mm^2 . Jatkosauma vaikutti heikentävästi leikkauslujuuteen, keskiarvon ollessa $1,35 \text{ N/mm}^2$. Puustamurtumaprosentin keskiarvo oli liimalangallisten kappaleiden tavoin $80,0 \%$.



Kuva 14. Koekappaleessa lahoa, keskisauma

Lahoa esiintyi yhdessä keskisauman otoksessa jopa kahdeksassa palassa kymmenestä. Laho ei kuitenkaan juuri näkynyt liimasauman leikkauslujuuden tuloksissa, mutta puustamurtumaprosenttiin se vaikutti alentavasti. Kaikki koekappaleet ylittivät $1,0 \text{ N/mm}^2$, keskiarvolla $1,78 \text{ N/mm}^2$. Keskisauman puustamurtumaprosenttien keskiarvoihin tulokset aiheuttivat selvän piikin 65% keskiarvolla (taulukko 4).



Kuva 15. Koekappale on murtunut leikkausalueen ulkopuolelta

Koekappaleiden leikkausalue, jolla murtuman tulisi tapahtua, on 25 mm*25 mm kokoinen alue. Väärin murtuneiden palojen määrä oli yhteensä 7 kappaletta, 0,42 % kaikista koekappaleista. Laadunvalvonnassa otetaan nämä palat tuloksissa huomioon, joten niiden tulokset on huomioitu myös nyt kokonaiskeskiarvossa, mutta muuten huomioitu hylättynä (taulukko 6). Palojen keskiarvo oli 1,53 N/mm² ja puustamurtumaprosentti 100 %, joten tuloksiin virheelliset palat eivät juuri vaikuttaneet. Murtumia esiintyi eniten alapinnan kappaleissa ohuen pintaviilun vuoksi, joka taas johtui levyn pinnan hiomisesta ennen koekappaleen sahausta. Myös paikat pintaviiluissa ja yhdessä kuivaviilussa sekä oksan sijainti aiheuttivat vääränlaisia murtumia.



Kuva 16. Levyn alapinnan koepalassa liima on kuivunut

Muihin koepaloissa esiintyneisiin vikoihin kuuluivat halkeamat viiluissa, kuivuneet liimasaumat, ohut pintaviilu alapinnan kappaleissa sekä hapan viilu leikkausalueella. Näissä kappaleissa oli kokonaisuudessaan 0,31 prosenttiyksikköä parempi keskiarvolujuus, kuin kaikkien kappaleiden vertailuarvolla. Puustamurtumaprosentti sen sijaan oli vain 66 %. Erityisesti kappaleet, joissa liimasauma oli ehtinyt kuivua (kuva 16) puustamurtumaprosentti oli huonoimmillaan 40 %. Kuitenkin leikkauslujuus näillä kappaleilla oli 1,6–2,8 N/mm². Kyseisten levyjen ladonta- ja puristusajat sekä puristuspaineet ja -lämpötilat olivat sallituissa rajoissa.

8 Pohdinta

8.1 Tulokset ja niiden luotettavuus

Opinnäytetyön alussa tarkoituksena oli tutkia kappaleita, jotka eivät läpäisseet CE-merkintään asetettuja vaatimuksia. Kuitenkin tutkimuksen jatkuessa selkeytyi käsitys, että nämä vaatimukset ovat melko alhaiset ja kaikki kappaleet menevät lujuuden ja puustamurtumaprosenttien perusteella läpi. Tutkimusta varten ei tehty omia koekappaleita, vaan ne olivat normaaleja liimasaumojen näytteitä. Tuloksista saa käsityksen, mitkä tekijät vaikuttavat negatiivisesti lujuuteen ja puustamurtumaprosenttiin, mutta monet näistä tekijöistä olisi voitu poistaa testattavista koekappaleista. Tulosten luotettavuuteen vaikutti myös laadunvalvojen kokemus puustamurtumaprosentteja määrittäessä.

Alle $1,0 \text{ N/mm}^2$ kappaleita, joiden puustamurtumaprosentilla oli merkitystä lopputulokseen, oli vain 23 kappaletta, 1,4 % kaikista koekappaleista. Tulokset ovatkin kerätty kappaleista, joissa vain esiintyi jonkinlainen poikkeama. Myös testien tekoon käytännössä ja standardien ohjeiden noudattamiseen kiinnitettiin enemmän huomiota.

Tulosten perusteella eniten liimasauman leikkauslujuuteen vaikuttivat oksaiset kohdat koekappaleissa parantaen keskiarvoa. Oksan sijainnilla ja sillä, oliko oksa terve, vai kuollut, oli merkitystä. Terveet oksat nostivat koekappaleiden lujuuksia jopa $3,5 \text{ N/mm}^2$:iin ja kuollut oksa ylsi vain $0,5 \text{ N/mm}^2$ tulokseen. Vaikka lujuudet näissä kappaleissa olivat suuria, puustamurtumaprosentit olivat huonoimmillaan vain 10 %.

Heikoimmat tulokset lujuuden kannalta tulivat kappaleilla, joissa oli paikkoja sekä jatkosaumojen. $1,0 \text{ N/mm}^2$ alituksia tuli suurimmaksi osaksi viikkonäytteiden keittotesteillä. Puustamurtumaprosentteihin vaikuttivat lahot kohdat sekä oksat koekappaleissa.

Koekappaleissa oli paljon sellaisia paloja, jotka olisi pitänyt jo sahausvaiheessa poistaa testattavien kappaleiden joukosta. Esimerkkinä kappaleet, joissa oli paikkoja, näkyviä oksia tai levyjen pintojen hionnasta tai sahauksesta johtuvia ohuita pintoja. Näiden vuoksi tapahtui suurin osa leikkausalueen ulkopuolisista murtumista.

8.2 Toteutus

Yhtenä osana oli testauskäytännön vertaaminen Suomen standardoimisliiton asettamiin standardeihin. Laadunvalvonnassa noudatetaan sisäisiä toimintaohjeita, jotka perustuvat näihin standardeihin. Muutamia eroavaisuuksia käytännön ja standardien välillä kuitenkin oli.

Koekappaleiden sahauksessa oli alussa epäselvyyksiä kappaleiden leikkausalueen sahausurien sahauksessa. Aluksi kaikissa koekappaleissa eivät sorvihalkeamat auenneet ja sulkeutuneet kappaleita vedettäessä ohjeistuksen mukaan (kuva 5). Tämä ei kuitenkaan vaikuttanut tuloksiin. Kappaleita ei myöskään sahattu eri kohdista levyä, vaan esimerkiksi pituussuunnassa keskeltä otettiin yksi iso pala, josta kappaleet sahattiin. Tämän vuoksi yhteen 10 kappaleen otokseen saattoi tulla monta jatkosaumallista palaa tai paloja, joissa oli lahoa.

Lisäksi standardissa SFS-EN 314-1: 2004 on määritelty aika, jolloin murtuman tulisi tapahtua, joka on 20–40 sekuntia. Tutkimuksessa kappaleet murtuivat noin 8–10 sekunnin kuluttua testin aloituksesta. UPM:n asiantuntijan, Simo Kopsen, mukaan rasituksen kestolla ei ole merkitystä tuloksiin, eikä siitä ole tutkittua tietoa [26]. Kuitenkin hänen mukaan standardeja tulisi noudattaa.

Kuten jo aiemmin tekstissä on käynyt ilmi, laadunvalvonnassa tulkittiin leikkausalueen ulkopuoliset murtumat hyväksytyiksi ja puustamurtumaprosentit 100 %:ksi, vaikka tulokset olisi pitänyt hylätä. Murtumat johtuivat kuitenkin pääsääntöisesti paikoista ja oksista, jotka olisi jo sahausvaiheessa pitänyt poistaa testattavista kappaleista.

Tutkimuksen aikana opin paljon tehtaan laadunvalvonnasta, en pelkästään liimasaumojen tutkimuksista, vaan kuinka esimerkiksi sorvauslaatu voi vaikuttaa levyjen lujuuksiin. Opinnäytetyön teon ohella osallistuin tehtaalla erilaisiin projekteihin, joista sain myös lisätietoa tutkimusta varten ja aikaisempi työkokemus tehtaalla ja laadunvalvonnassa edesauttoi tutkimuksen suoritusta.

8.3 Kehitysideat

UPM:n tehtaiden laadunvalvontakäytännöissä löytyy ilmeisesti eroavaisuuksia, joten ohjeiden päivitys noudattamaan standardeja ja niiden muuttaminen kirjalliseen muotoon mahdollistaisi yhtenäisemmän käytännön, koskien muun muassa koepalojen valintaa sahausvaiheessa oikein.

Puustamurtumaprosentin määrittäminen tapahtuu tällä hetkellä silmämääräisesti ja laadunvalvojan kokemus vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Säännöllinen, laadunvalvojien kesken tapahtuva puustamurtumien arviointi voisi vähentää inhimillisten erehdysten mahdollisuutta. Lisäksi nyt puustamurtumaprosenteista on esillä vain yksi taulu, jossa jokaisesta 10 %:sta on vain yksi esimerkki ja nekin ovat melko epäselvät. Oikeista koepaloista muodostettu koulutusmateriaali, jossa olisi useampi esimerkki jokaiselle 10 %:lle, helpottaisi varsinkin uusien laadunvalvojien ammattitaidon kehitystä. Puustamurtumaprosentti määritetään myös koekappaleista, joissa on vaativimmat laatukriteerit, joten tämä koulutusmateriaali palvelisi myös näissä testimenetelmissä.

Lähteet

1. UPM-Kymmene Oyj. 2014. Historia. [Viitattu 9.2.2014.] Saatavissa: <http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Historia/Pages/default.aspx>
2. UPM-Kymmene Oyj. Vuosikertomus 2013. More with biofore. [Viitattu 22.4.2014.] Saatavissa: http://www.upm.com/FI/SIJOITTAJAT/Documents/UPM_vuosikertomus_2013.pdf
3. UPM. UPM Joensuun vaneritehdas. 2014. [Viitattu 25.3.2014.] Saatavissa: <http://www.wisaplywood.com/fi/yhteystiedot/tuotantolaitokset/joensuu/Pages/default.aspx>
4. Puuinfo. Vaneri. [Viitattu 24.3.2014.] Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/vaneri>
5. UPM. Vanerin tuotantoprosessi. [Viitattu 24.3.2014.] Saatavissa: <http://www.wisaplywood.com/fi/vaneri-ja-viilu/vaneri/vanerin-tuotantoprosessi/Pages/default.aspx>
6. Juvonen, Risto & Kariniemi, Jorma. Vaneriteollisuus. Helsinki. 1985. 289 s. ISBN 951-859-742-1
7. Puuproffa. Vanerit. [Viitattu 2.4.2014.] Saatavissa: http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=81&Itemid=107
8. Metsäteollisuus Ry. Vanerikäsikirja. Lahti. 2006. [Viitattu 14.4.2014.] Saatavissa: http://www.wisaplywood.com/en/downloads/brochures/general-brochures/Documents/Handbook_FI.pdf
9. Tukes. CE-merkintä. Päivitetty 26.2.2014. [Viitattu 9.2.2014.] Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/CE-merkki/>
10. Rakennusteollisuus RT ry. CE-merkintä rakennustuotteisiin 2013 mennessä. 11/2011. [Viitattu 9.2.2014.] Saatavissa: <http://www.sfs.fi/files/307/ce-merkinta2013.pdf>
11. Inspecta Sertifiointi Oy. CE-tuotesertifiointi rakennustuotteille. [Viitattu 25.1.2014.] Saatavissa: <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Sertifiointi/Tuotesertifiointi/CE-tuotesertifiointi/>
12. UPM Kymmene Oyj. WISA®-Birch. Esite. 12/2009. [Viitattu 25.3.2014.] Saatavissa: http://www.wisaplywood.com/en/downloads/brochures/transport/Documents/WISA-Birch_FI_fs.pdf
13. UPM-Kymmene Oyj. WISA®-Trans. 2014. [Viitattu 9.4.2014.] Saatavissa: <http://www.wisaplywood.com/fi/vaneri-ja-viilu/tuotekatalogi/wisa-trans/Pages/default.aspx>
14. UPM-Kymmene Oyj. WISA®-Wire. Esite. 2/2014. [Viitattu 9.4.2014.] Saatavissa: http://www.wisaplywood.com/en/downloads/brochures/construction/Documents/WISA-Wire_FI_fs.pdf
15. TUKES. CE-merkintä. [Viitattu 7.4.2014.] Päivitetty 14.6.2013. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Rakennustuotteet/CE-merkinta/Toimenpiteet-ja-asiakirjat/>
16. SFS-EN 13986. Puulevyt rakennuskäytössä. Ominaisuudet, vaatimustenmukaisuuden arviointi ja merkinnät. Helsinki. 2004. 48 s.

17. Häkki, Ville. CE-vaatimustenmukaisuuden valvonta tuotannossa. Sisäinen materiaali. 4.3.2014.
18. UPM-kymmene Oyj. Vaneri kestää kylmää kyytiä. [Viitattu 2.4.2014.] Saatavissa: <http://thegriffin.upm-kymmene.com/fi/t%C3%A4ss%C3%A4-numerossa-1/2012/tekniset-materiaalit/vaneri-kest%C3%A4%C3%A4-kylm%C3%A4%C3%A4-kyyti%C3%A4.html>
19. Kuikka, Kalervo & Kunelius, Kauko. Puutekniikka 2 Materiaalit. Keuruu. 1998. s.163. ISBN 951-1-11917-6.
20. Koponen, Hannu. Puutuotteiden liimaus. Hämeenlinna. 1990. s.142. ISBN 951-672-100-1.
21. Hänninen, Joonas. UPM Joensuu työnopastusohje. 7.10.2013. 18 s.
22. SFS-EN 326-1. Puulevyt. Näytteenotto, leikkaus ja tarkastus. Osa 1: Näytteenotto ja koekappaleiden leikkaus sekä tulosten ilmoittaminen. Helsinki. 1994. 10 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
23. SFS-EN 314-1. Vaneri. Liimauslaatu. Osa 1: Testimenetelmät. Helsinki. 2004. 20 s.
24. Torniainen Jouni. UPM. Toimintajärjestelmä. Vanerin liimasauman leikkauslujuus. 24.3.2005. (Sisäinen materiaali)
25. SFS-EN 326-2. Puulevyt. Näytteenotto, leikkaus ja tarkastus. Osa 2: Laadunvalvonta tehtaassa. Helsinki. 2000. 43 s. Vahvistettu ja julkaistu englanninkielisenä.
26. Koponen S. Liimasauman leikkauslujuuden testaus [yksityinen sähköposti]. Vastaanottaja: Miitta Turunen. Lähetetty 4.4.2014.

Liimasauman leikkauslujuuksien keskiarvot ja keskihajonnat

Pvm	Sauma	Jännitys (N/mm ²)	Hajonta s (N/mm ²)	Puustamurtu- ma (%)	HUOM!
27.2.2014	1	1,70	0,40	94	
27.2.2014	k	1,40	0,20	87	
27.2.2014	2	1,70	0,40	94	
28.2.2014	1	1,70	0,10	100	
28.2.2014	k	2,40	0,40	100	
28.2.2014	2	2,30	0,50	95	
3.3.2014	1	1,70	0,60	92,2	9 näytettä
3.3.2014	2	2,50	0,40	93	
3.3.2014	1	1,80	0,40	93	Viikkon. liotus
3.3.2014	k	1,80	0,60	96	Viikkon. liotus
3.3.2014	2	1,50	0,10	94	Viikkon. liotus
3.3.2014	1	1,50	0,30	100	Viikkon. Keitto
3.3.2014	k	1,50	0,40	100	Viikkon. Keitto, 8 näytettä
3.3.2014	2	1,40	0,20	100	Viikkon. Keitto
4.3.2014	1	2,30	0,40	100	
4.3.2014	k	2,00	0,60	99	
4.3.2014	2	1,50	0,20	100	
4.3.2014	1	2,10	0,30	100	72 h:n keitto
4.3.2014	k	1,50	0,50	100	72 h:n keitto
4.3.2014	2	1,50	0,30	87	72 h:n keitto
5.3.2014	k	2,30	0,50	100	
5.3.2014	2	2,80	0,40	100	
5.3.2014	1	2,20	0,30	89	
6.3.2014	k	1,70	0,70	95,5	
6.3.2014	2	2,20	0,40	97	
6.3.2014	1	2,50	0,30	99	
7.3.2014	k	2,20	0,70	94	
10.3.2014	1	2,10	0,30	98	
10.3.2014	k	1,90	0,40	99	
10.3.2014	2	2,20	0,30	100	
11.3.2014	1	2,00	0,50	99	Viikkon. liotus
11.3.2014	k	1,90	0,30	98	Viikkon. liotus
11.3.2014	2	1,80	0,50	99	Viikkon. liotus
11.3.2014	1	1,80	0,40	100	Viikkon. Keitto
11.3.2014	k	1,60	0,20	90	Viikkon. Keitto
11.3.2014	2	1,70	0,30	91	Viikkon. Keitto
11.3.2014	1	1,80	0,50	95	

Pvm	Sauma	Jännitys (N/mm ²)	Hajonta s (N/mm ²)	Puustamurtu- ma (%)	HUOM!
11.3.2014	k	1,80	0,60	93	
12.3.2014	1	1,80	0,50	98	
12.3.2014	k	1,70	0,40	100	
12.3.2014	2	1,90	0,70	100	
13.3.2014	1	1,80	0,40	100	
13.3.2014	k	1,80	0,30	92	
13.3.2014	2	2,10	0,50	100	
14.3.2014	1	1,80	0,50	100	
14.3.2014	k	1,90	0,60	65	
14.3.2014	2	1,70	0,40	100	
18.3.2014	k	1,80	0,30	100	
18.3.2014	1	2,30	0,50	100	Viikkon. liotus
18.3.2014	k	1,90	0,20	100	Viikkon. liotus
18.3.2014	2	2,30	0,50	100	Viikkon. liotus
18.3.2014	1	1,40	0,70	94,4	Viikkon. Keitto 9 näytettä
18.3.2014	k	1,70	0,30	95	Viikkon. Keitto
18.3.2014	2	1,70	0,30	94	Viikkon. Keitto
19.3.2014	1	2,30	0,40	100	
19.3.2014	k	2,00	0,30	96	
19.3.2014	2	2,00	0,30	100	
20.3.2014	1	1,90	0,40	95	
20.3.2014	k	1,80	0,40	98	
20.3.2014	2	2,00	0,30	95	
21.3.2014	1	2,00	0,20	100	
21.3.2014	k	1,50	0,70	90	
21.3.2014	2	2,20	0,60	100	
24.3.2014	1	1,90	0,50	100	
24.3.2014	2	1,90	0,40	98	
24.3.2014	1	2,00	0,60	91	Viikkon. liotus
24.3.2014	k	2,00	0,50	93	Viikkon. liotus
24.3.2014	2	1,80	0,40	98	Viikkon. liotus
24.3.2014	1	1,70	0,40	100	Viikkon. Keitto
24.3.2014	k	2,00	0,40	89	Viikkon. Keitto
24.3.2014	2	1,80	0,30	100	Viikkon. Keitto
25.3.2014	1	1,50	0,40	100	
25.3.2014	k	2,20	0,70	89	
25.3.2014	2	2,00	0,40	95	
26.3.2014	1	2,50	0,60	100	
26.3.2014	k	2,30	0,50	99	
26.3.2014	2	2,00	0,60	99	
27.3.2014	1	2,40	0,60	100	
27.3.2014	k	2,70	0,40	84	
27.3.2014	2	1,80	0,30	90	

Pvm	Sauma	Jännitys (N/mm ²)	Hajonta s (N/mm ²)	Puustamurtu- ma (%)	HUOM!
28.3.2014	1	2,20	0,40	84	
28.3.2014	k	1,70	0,40	100	
28.3.2014	2	1,90	0,30	78	
31.3.2014	1	1,80	0,30	91	
31.3.2014	k	1,90	0,40	100	
31.3.2014	1	2,20	0,30	98	Viikkon. liotus
31.3.2014	k	1,90	0,40	94	Viikkon. liotus
31.3.2014	2	1,80	0,60	93	Viikkon. liotus
31.3.2014	1	1,40	0,40	90	Viikkon. Keitto
31.3.2014	k	1,10	0,20	93	Viikkon. Keitto
31.3.2014	2	1,20	0,50	96	Viikkon. Keitto
1.4.2014	1	2,30	0,50	99	
1.4.2014	k	1,50	0,50	93	
1.4.2014	2	2,20	0,40	92	
2.4.2014	1	2,50	0,50	98	
2.4.2014	k	2,60	0,50	90	
2.4.2014	2	2,30	0,60	92	
4.4.2014	1	2,00	0,60	92	
3.4.2014	k	1,80	0,40	95	
4.4.2014	2	1,90	0,60	100	9 näytettä
4.4.2014	1	1,90	0,30	92,2	9 näytettä
4.4.2014	k	2,00	0,60	100	
4.4.2014	2	1,80	0,40	97	
7.4.2014	2	2,30	0,40	94	
7.4.2014	1	2,10	0,40	94	Viikkon. liotus
7.4.2014	k	2,10	0,50	97	Viikkon. liotus
7.4.2014	2	2,00	0,40	99	Viikkon. liotus
7.4.2014	1	2,00	0,40	100	Viikkon. Keitto
7.4.2014	k	2,00	0,50	94	Viikkon. Keitto
7.4.2014	2	1,80	0,20	98	Viikkon. Keitto
8.4.2014	1	2,40	0,50	90	
8.4.2014	k	2,00	0,50	95	
8.4.2014	2	2,00	0,40	88	
9.4.2014	1	2,30	0,50	97	
9.4.2014	k	2,00	0,40	96	
9.4.2014	2	2,30	0,70	98	
10.4.2014	k	2,20	0,50	100	
10.4.2014	2	1,80	0,40	98	
11.4.2014	1	2,50	0,50	78,9	9 näytettä
11.4.2014	k	1,90	0,60	100	
11.4.2014	2	2,30	0,60	100	
14.4.2014	1	2,50	0,40	100	
14.4.2014	2	1,40	0,30	98	
14.4.2014	1	2,10	0,60	96	Viikkon. liotus

Pvm	Sauma	Jännitys (N/mm ²)	Hajonta s (N/mm ²)	Puustamurtu- ma (%)	HUOM!
14.4.2014	k	2,00	0,50	100	Viikkon. liotus
14.4.2014	2	2,20	0,50	91	Viikkon. liotus
14.4.2014	1	1,70	0,40	92	Viikkon. Keitto
14.4.2014	k	1,20	0,20	91	Viikkon. Keitto
14.4.2014	2	1,60	0,40	92	Viikkon. Keitto
15.4.2014	1	1,90	0,40	87	
15.4.2014	k	2,40	0,60	93	
15.4.2014	2	1,70	0,30	98	
16.4.2014	1	1,40	0,30	94	
16.4.2014	k	2,30	0,40	78	
17.4.2014	1	2,00	0,20	99	
17.4.2014	k	2,70	0,40	95,6	9 näytettä
17.4.2014	2	1,90	0,50	92	
22.4.2014	1	2,10	0,40	99	
22.4.2014	2	2,00	0,50	88	
22.4.2014	1	2,10	0,60	94	Viikkon. liotus
22.4.2014	k	2,00	0,50	92	Viikkon. liotus
22.4.2014	2	1,90	0,50	90	Viikkon. liotus
22.4.2014	1	1,50	0,40	100	Viikkon. Keitto
22.4.2014	k	1,40	0,30	97	Viikkon. Keitto
22.4.2014	2	1,70	0,50	100	Viikkon. Keitto
23.4.2014	1	1,90	0,50	94	
23.4.2014	k	1,90	0,40	98	
23.4.2014	2	1,80	0,60	99	
24.4.2014	1	1,80	0,40	91	
24.4.2014	k	2,10	0,50	90	
24.4.2014	2	1,90	0,60	91	
25.4.2014	1	2,30	0,50	96	
25.4.2014	k	2,00	0,40	100	
25.4.2014	2	1,90	0,40	97	
28.4.2014	1	2,70	0,60	96	
28.4.2014	2	1,40	0,30	98	
28.4.2014	1	2,00	0,50	100	Viikkon. liotus
28.4.2014	k	1,90	0,50	100	Viikkon. liotus
28.4.2014	2	2,10	0,50	93	Viikkon. liotus
28.4.2014	1	1,90	0,40	92	Viikkon. Keitto
28.4.2014	k	1,50	0,40	90	Viikkon. Keitto
28.4.2014	2	1,50	0,30	100	Viikkon. Keitto
29.4.2014	1	2,20	0,50	99	
29.4.2014	k	1,60	0,40	92	
29.4.2014	2	1,70	0,60	98	

Koekappaleissa esiintyneet viat

Oksa				
Pvm	Pinta	N	N/mm ²	Pm-%
3.3.2014	k	0	0,0	0
4.3.2014	k	1059	1,7	100
5.3.2014	k	643	1,0	100
6.3.2014	2	848	1,4	100
18.3.2014	2	1152	1,8	100
18.3.2014	2	1246	2,0	50
19.3.2014	k	1581	2,5	100
21.3.2014	k	1484	2,4	100
24.3.2014	k	1404	1,3	20
26.3.2014	2	2285	3,7	90
31.3.2014	1	1449	2,3	100
7.4.2014	1	1504	2,4	60
8.4.2014	k	1224	2,0	60
11.4.2014	1	1805	2,9	10
15.4.2014	k	2208	3,5	60
22.4.2014	2	1336	2,1	70
22.4.2014	2	1730	2,8	80
22.4.2014	k	553	0,9	100
22.4.2014	2	317	0,5	100
28.4.2014	1	1912	3,1	60
29.4.2014	k	1141	1,8	70
Keskiarvot			2,00	72,9
%osuus kaikista koekappaleista			1,26 %	
3.3. keskisauman koekappale huomioitu vain tässä tutkimuksessa				

Liimalanka				
Pvm	Pinta	N	N/mm²	Pm-%
18.3.2014	2	927	1,5	100
24.3.2014	2	1364	2,2	80
31.3.2014	1	1058	1,7	80
31.3.2014	1	936	1,5	70
31.3.2014	k	669	1,1	70
31.3.2014	k	540	0,9	70
9.4.2014	1	1043	1,7	80
22.4.2014	1	1007	1,6	90
21.3.2014	k	1041	1,7	60
23.4.2014	1	1007	1,6	70
23.4.2014	k	840	1,3	80
24.4.2014	k	809	1,3	100
24.4.2014	k	1395	2,2	90
Keskiarvot			1,56	80,0
%osuus kaikista koekappaleista			0,78 %	

Paikka				
Pvm	Pinta	N	N/mm²	Pm-%
3.3.2014	2	920	1,5	100
14.3.2014	2	900	1,4	100
14.3.2014	2	1037	1,7	100
19.3.2014	k	1007	1,6	100
24.3.2014	1	740	1,2	100
31.3.2014	2	379	0,6	100
1.4.2014	k	419	0,7	100
22.4.2014	2	772	1,2	100
22.4.2014	1	713	1,1	100
23.4.2014	2	500	0,8	100
24.4.2014	2	1754	2,8	80
28.4.2014	2	723	1,2	100
Keskiarvot			1,32	98,3
%osuus kaikista koekappaleista			0,72 %	

Jatkosauma				
Pvm	Pinta	N	N/mm²	Pm-%
18.3.2014	1	396	0,6	80
18.3.2014	1	656	1,0	90
18.3.2014	1	439	0,7	90
18.3.2014	1	461	0,7	90
21.3.2014	k	772	1,2	100
21.3.2014	k	1041	1,7	60
8.4.2014	1	923	1,5	70
15.4.2014	1	1259	2,0	70
15.4.2014	1	1061	1,7	70
15.4.2014	1	1437	2,3	80
Keskiarvot			1,35	80,0
%osuus kaikista koekappaleista			0,60 %	

Lahoa				
Pvm	Pinta	N	N/mm²	Pm-%
14.3.2014	k	1659	2,7	20
14.3.2014	k	772	1,2	70
14.3.2014	k	1062	1,7	30
14.3.2014	k	871	1,4	60
14.3.2014	k	1026	1,6	80
14.3.2014	k	887	1,4	60
14.3.2014	k	1650	2,6	60
14.3.2014	k	950	1,5	70
Keskiarvot			1,78	56,3
%osuus kaikista koekappaleista			0,48 %	

Hylätty				
Pvm	Pinta	N	N/mm²	Pm-%
3.3.2014	2	813	1,3	100
19.3.2014	k	1007	1,6	100
31.3.2014	2	379	0,6	100
4.4.2014	1	1373	2,2	100
7.4.2014	2	1751	2,8	100
7.4.2014	2	1037	1,7	100
22.4.2014	2	317	0,5	100
Keskiarvot			1,53	100,0
%osuus kaikista koekappaleista			0,42 %	

Muut					
Pvm	Pinta	N	N/mm²	Pm-%	Huom!
5.3.2014	1	1936	3,1	20	Hapanta viilua
18.3.2014	1	1643	2,6	100	Läpihalkeama
21.3.2014	2	1120	1,8	100	Läpihalkeama
21.3.2014	2	1723	2,8	100	Läpihalkeama
28.3.2014	2	1063	1,7	70	Liima kuivunut
28.3.2014	2	969	1,6	30	Liima kuivunut
31.3.2014	1	1537	2,5	10	Halkeama
24.4.2014	1	1523	1,5	40	Liima kuivunut
29.4.2014	k	783	1,3	90	Läpihalkeama
29.4.2014	2	1431	2,3	100	Ohut pintaviilu
Keskiarvot			2,10	66,0	
%osuus kaikista koekappaleista			0,60 %		