

Muotopuristuksen liimaustekniikan kehittäminen

Tuolin istuinosan lujuusominaisuuksien
parantaminen

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Puutekniikan koulutusohjelma
Puutekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Juha-Matti Haavisto

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

HAAVISTO, JUHA-MATTI: Muotopuristuksen liimaustekniikan
kehittäminen
Tuolin istuinosan lujuusominaisuuksien
parantaminen

Puutekniikan opinnäytetyö, 33 sivua, 3 liitesivua

Syksy 2017

TIIVISTELMÄ

Työn tarkoituksena oli tutkia muotopuristuksen liimausprosessiin tehdyn muutoksen vaikutuksia tuotteen lujuusominaisuuksiin. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Isku Teollisuus Oy. Tämän opinnäytetyön teoriaosa käsittelee Isku Teollisuuden muotopuristus-osaston tuotantoprosessin kehittämistä ja tuotteen lujuuteen vaikuttavia tekijöitä sekä liimausmenetelmän päivittämistä lujuuden parantamiseksi. Teoriaosuuden pääasiallinen tarkoitus on kertoa muotopuristuksesta yleisesti sekä selvittää prosessin muutosten vaikutusta tuotteen lujuusominaisuuksiin, pääasiassa liiman levitykseen liittyvillä muutoksilla.

Työn kokeellinen osuus koostuu vaneristandardin mukaisesti valmistettujen koekappaleiden testauksista, laboratoriokokeista sekä tulosten analysoinnista. Työn kokeellisen osuuden päätavoite oli määrittää vetolujuudet koekappaleille sekä tutkia mahdollisuuksia lujuuden parantamiseksi. Saatuja testituloksia analysoitiin ja näistä haettiin poikkeamia ja toistuvuutta prosessin kehittämisen tueksi.

Opinnäytetyö auttoi etsimään uusia menetelmiä muotopuristuksen liimaustekniikan ja ladonnan optimoiseksi ja tätä kautta mahdollisten tuoterekламаatioiden minimoimiseksi. Tuotetestaukset laboratorioissa antoivat hyvän perehdytyksen puun lujuusominaisuuksien testaamiseen.

Avainsanat: muotopuristus, vetolujuus, liimaustekniikka

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Wood Technology

HAAVISTO, JUHA-MATTI:

Developing the gluing process
for curved plywood
Improving the strength features
of a chair seat

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 33 pages, 3 pages of appendices

Autumn 2017

ABSTRACT

This thesis deals with developing the gluing process for curved birch plywood and improving the product's strength features. The primary objective of the theory part of this thesis was to commonly open the press shaping process and describe how updating the process affects on the product's strength features, mainly considering the development of the glue spreading techniques.

The experimental part of the thesis consisted of testing plywood pieces manufactured according to plywood standard, laboratory testing and analyzing the test results. The main objective of the experimental part of the thesis was to determine the tensile strengths and to test the possibilities to improve the strength features. The objective was to find improvements in the strength from the updated process. The obtained results were analyzed in order, to find trends and clear deviations helping to develop the production process.

As a result of the study, new ways to optimize the production process, and thus to reduce product reclamations were found. Testings in laboratory conditions gave excellent induction for tensile strength testing.

Key words: curved plywood, tensile strength, gluing process

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	MUOTOPURISTAMINEN	2
2.1	Mitä on muotopuristaminen	2
2.2	Muotopuristuksessa käytetyt materiaalit	3
2.2.1	Viilut	3
2.2.2	Koivu viilun materiaalina	5
2.2.3	Liimat	5
2.3	Muotopuristettavan tuotteen valmistusprosessi	6
2.4	Isku Teollisuus Oy	11
3	LUJUUSOMINAISUUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	14
3.1	Puun rakenne	14
3.2	Puun vetolujuus	15
3.3	Liimasauman lujuuteen vaikuttavat tekijät	15
4	TUTKIMUKSET	20
4.1	Tutkimuksen tavoitteet	20
4.2	Tutkimukset	20
4.3	Testattavat kappaleet ja koesuunnitelma	21
4.4	Koekappaleiden valmistaminen	22
4.5	Koekappaleiden valmistuksessa käytetty liima	23
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	24
5.1	Tulokset	24
5.2	Analyysit	29
6	YHTEENVETO	31
	LÄHTEET	32
	LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia uuden liimaustekniikan muutoksen vaikutuksia muotopuristetun istuinosaan lujuusominaisuuksiin. Muotopuristeisilla tuotteilla, etenkin istuimien osilla, on ollut tuotantonsa alusta lähtien haasteena eri suuntaisten taipumien aiheuttavat voimat. Tuolit ovat lujuusominaisuuksiltaan vaativia tuotteita eikä tuoterekламаaatiolta ole helppoa välttyä. Lujuusominaisuuksien ja liimausprosessin haasteissa siis aihetta tutkimukselle.

Tutkimuksen kohteena yrityksessä on perinteinen muotopuristaminen, johon kuuluu monia eri työvaiheita. Tämä muotopuristusmenetelmä perustuu yksittäisten viilujen hyödyntämiseen, viilut liimataan ja puristetaan liimaviilujen ja lämmön avulla yhdeksi kappaleeksi. Viilut ladotaan muotopuristusmuotteihin, jotka puristavat viilut muottien mukaisiksi muotopuristeiksi.

Erityisesti huomio tutkimuksessa kiinnittyy liimasauman repeytymiseen jännityksessä, mutta opinnäytetyössä kerrotaan myös muista muotopuristeen lujuuteen vaikuttavista ulkoisista tekijöistä.

2 MUOTOPURISTAMINEN

2.1 Mitä on muotopuristaminen

Yleisesti muotopuristeilla tarkoitetaan puuviiluista erilaisiin muotoihin puristettuja tuotteita, kuten esimerkiksi tuolien istuinosia, käsinoja ja selkänöjä. Valmistuksen kannalta muotopuristeille oleellisia huomioitavia seikkoja ovat esimerkiksi materiaalien hukan ja liitosten minimoiminen sekä tavoitteena esteettiset pyöreät muodot. Muotopuristuksen uranuurtajana Suomessa pidetään Alvar Aaltoa. Alvar Aalto nosti suomalaista osaamista ja erityisesti koko suomalaista muotoilua maailmalle. Muotopuristamisen prosessit ja tuotanto ovat kehittyneet ajan kuluessa kauas siitä, mistä on Alvar Aallon aikoina lähdetty liikkeelle.

Muotopuristaminen on siis puun taivuttamista, johon on kehitetty taivutusprosessia helpottavia menetelmiä, kuten puun tyssäys, puun kostuttaminen ja lämmittäminen. Edellä mainitut toimenpiteet saavat puumateriaalin elastisemmaksi, jolloin se taipuu helpommin haluttuun muotoon. Kuivuttuaan puukappale jää taivutettuun muotoonsa, puu kuitenkin pyrkii aina hieman oikeenomaan kuivuessaan.

Tässä opinnäytetyössä muotopuristeella tarkoitetaan kappaletta, joka on valmistettu liimaamalla viilut yhteen ja esipuristamalla aihio. Esipuristettu aihio hiotaan ja ulkopinnoille liimataan pintaviilut, kalvopinnat tai laminaattipinnat, jonka jälkeen kappale on valmis loppulliseen muotopuristukseen. Muotopuristamalla valmistetut kappaleet ovat yleisesti rakenteeltaan lujia ja kestävärakenteisia, etenkin tuotteissa, joissa taipumaa tapahtuu kahteen eri suuntaan.

2.2 Muotopuristuksessa käytetyt materiaalit

Muotopuristuksessa olennaisimmat materiaalit ovat viilut ja liimat, tässä luvussa kerrotaan tarkemmin näistä materiaaleista ja niiden valmistuksesta.

2.2.1 Viilut

Viilut ovat puusta leikkaamalla tai sorvaamalla valmistettuja ohuita puulevyjä. Viilun paksuus vaihtelee 0,1 – 3,5 mm:n välillä.

Huonekaluteollisuudessa käytettävä jaloviilu on yleensä noin 0,5 – 0,7 mm paksua. Viilun tekninen laatu heikkenee paksuuden kasvaessa, mutta kovin ohut viilu puolestaan rikkoutuu käsittelyssä ja eikä sen peittokyky ole riittävä. (Puuproffa 2011.)

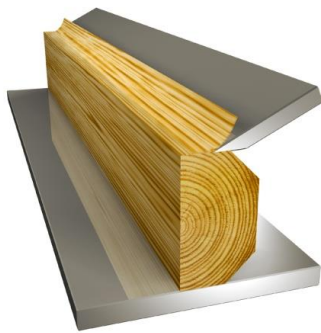
Suomessa valmistettu koivuviilu on tavallisesti sorvattua. Vaneritehtailta saadaan tyypillisesti sorvattua 1,4 mm viilua viilulaminaattituotteiden valmistukseen (esimerkiksi tuolien muotoon puristetut käyrät jalat).



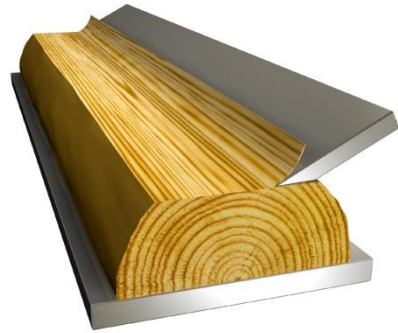
KUVA 1. Viilun sorvaus (Puuproffa 2011)

Sorvattu ohut huonekalukoivuviilu on usein kuvioon leikattua viilua. Tässä prosessissa sorvilta tullut viilumatto leikataan kapeimmiksi arkeiksi siten, että syntyvässä viilunipussa on päällekkäin samanlaisen syykuvion omaavia viiluja.

Viilun leikkauksessa pitkä terä höylää pöllistä yhden ohuen viilun kerrallaan. Kustakin pöllistä leikatut viilut ladotaan omaan pinoon, jolloin sen viilujen syykuvio on jokseenkin samanlainen. Koska leikatut viilut ovat melko kapeita, joudutaan ne liittämään yhteen saumaamalla.



Säteen suuntainen leikkaus.



Tangentin suuntainen leikkaus.

KUVA 2. Viilun leikkaus (Puuproffa 2011)

Viilun monipuolisilla kuviovaihtoehdoilla on teollisen tuotannon ja laadun näkökulmasta myös haittapuolensa: samaan huonekaluun tulevien viilujen (esim. runko, ovet ja vetolaatikostot) on tasaisen laadun vuoksi oltava lähes identtisiä. Vaatimus useimmiten liittyy myös kalustesarjoihin, kuten työhuone ja toimistokalusteisiin. Tämä vaatii viilujen kohdalla kuvioinnin työlästä lajittelua ja lajittelussa on kuvion lisäksi huomioitava myös värisävyt. Kuitenkin selkeästi yleisin viilun käyttökohde on liimata se tyypillisesti lastulevyn tai MDF-levyn päälle levykalustetuotannossa. (Puuproffa 2011.)

2.2.2 Koivu viilun materiaalina

Yleisimmät käytössä olevat koivulajit ovat hies- ja rauduskoivu. Lajien ominaisuudet ovat hyvin lähellä toisiaan, hieskoivu on hieman pehmeämpää ja ominaisuuksiltaan heikompaa. Muihin puulajeihin verrattaessa koivu on yleisesti kestävä ja sen sorvattavuus ja työstettävyys ovat hyviä, johtuen homogeenisesta rakenteestaan. Koivu soveltuu myös hyvin liimaukseen, sillä se ei sisällä hartsia, tanniineja, öljyjä ja muita liimausta heikentäviä aineita kuten monet muut lehtipuulajit. Koivu on hajaputkiloinen lehtipuu, kevät- ja kesäpuun tiheyserot ovat pieniä ja koivu on havupuihin verraten hyvin tasalaatuista. Koivun tiheys on keskimäärin 460 – 800 kg / m³. (Kuikka & Kunelius 1992, 40; Metsäteollisuus RY 2005.)

2.2.3 Liimat

Urealiimat ovat pääasiassa sisävaneriliimoja, myös muotopuristuksessa tämä on yleisin liima. Urea-melamiiniliimoja käytetään pääasiallisesti kosteus ominaisuuksia vaativissa tiloissa. (Koponen 2002, 65.)

Muotopuristuksessa yleisimmin käytetyt liimat ovat seuraavat:

Urealiima (lyhenne UF). Ureahartsiliima on nopeasti lämmössä kemiallisesti kovettuva suhteellisen edullinen liima. Sitä käytetään varsinkin suurtuotannossa, jossa lyhyt puristuaika on tärkeä. Liimasaumasta erittyy pieniä määriä formaldehydiä. (Koponen 1990)

PVAC-liima eli Polyvinyyliasetaatti-liima on dispersioliima, joka on yleisimmin käytetty puuliima puusepänteollisuudessa. Liima kovettuu veden poistuessa saumasta. (Koponen 1990)

Yksittäiskappaleissa kapeisiin puristeisiin käytetään hidasta, värjäämätöntä PVAC-liimaa. Puristeeseen tulee paljon liimaa ja siten myös kosteutta, jonka on annettava haihtua pois ennen kuin muotti avataan, muutoin muodonmuutokset olisivat hallitsemattomia.

Leveissä puristeissa tarvitaan paljon työskentelyaikaa liiman levitykseen ja puristamiseen, tällöin käytetään tavallisesti urealiimoja, joilla työskentelyaika on useita tunteja. Vaikka nämä ovatkin lämpökovettuvia, liima kovettuu ilman ylimääräistäkin lämpöä 1-2 vrk:ssa. Teollisuudessa käytetään muoteissa vastus- tai suurtaajuuskuumennusta, jolloin puristusajat ovat lyhyitä, kymmenen minuutin luokkaa. Muotopuristukseen on olemassa myös lämpökovettuvia PVAC-liimoja, joilla on vielä etuna hyvä muotopysyvyys. (Koponen 1990, 529.)

2.3 Muotopuristetun tuotteen valmistusprosessi

Muotopuristeet valmistetaan liimaamalla, jossa viilukerrokset sidotaan toisiinsa liimaamalla korotetussa lämpötilassa ja paineessa. Liimaukseen työvaiheet lyhyesti:

- liimaseoksen valmistaminen
 - liima-aineiden varastointi
 - liiman sekoittaminen

- ladonta
 - liiman levitys
 - ladonta levyaihioksi
- puristaminen
 - esipuristus huoneen lämpötilassa
 - kuumapuristus yli 100 °C:n lämpötilassa.

(Koponen 2002, 65.)

Liima levitetään ja viilut ladotaan ladonta-aseamalla, joka voi olla moderni automatisoitu linjasto tai perinteinen pöytä-asema. Liiman levitysmenetelmiä ovat esimerkiksi:

- levitys telalevittimellä
- liiman ruiskutus
- liiman valukonelevitys
- liiman juovalevitys.

Viilut kootaan ladonnassa vaneriaihioiksi ja liima levitetään useimmissa prosesseissa joka toiselle viilulle telalevittimellä. Viilut ladotaan ristiin vuosikasvustojen suunnassa, erityisesti erilaisissa vanerirakenteissa, jotka ovat standardisoituja lujuuden ja muiden vaatimusten mukaisesti. Esimerkkinä ladonnassa pohjalle tulee pitkittäinen pintaviilu, jossa on liimaa, sen päälle liimoitetut poikittainen ja pitkittäinen väliviilu ja lopuksi pitkittäinen pintaviilu ilman liimaa. Viilupaksuus on muotopuristeissa yleisesti noin 0,6 – 1,5 mm, tyypillisesti käytetään sorvattua viilua. Pinnassa pyritään aina käyttämään ohutta viilua pintahalkeamien estämiseksi. Viilut ladotaan ristiin vuorotellen, jos tarvitaan jäykkyyttä erityisesti toiseen suuntaan, voidaan sen suuntaisia viiluja käyttää

enemmän. Viilut ladotaan aina symmetrisesti kieroutumisen minimoimiseksi. Pintaviilun alla oleva viilu oltava aina ristissä pintaan nähden halkeamien välttämiseksi. (Koponen 1990, 529.)

Liiman levityksen ja vaneriaihioksi ladonnan jälkeen seuraa puristus vaneriksi. Vanerien puristuksessa käytetään tyypillisesti esipuristusta huoneenlämpötilassa, jonka jälkeen suoritetaan kuumapuristus korkeassa lämpötilassa ja paineessa. Esipuristus tapahtuu yleisesti 5-10 minuutissa 0,5-1,0 MPa:n paineessa. Tällä tavalla varmistetaan, että levyaihioiden kosteus tasaantuu viilukerrosten välillä. Näin ne voidaan syöttää automaattisesti kuumapuristimeen ja aihioita on mahdollista varastoida jopa 1-2 tuntia työvaiheiden välillä. (Kuikka & Kunelius, 69.)

Kuumapuristuksessa vaneriaihion tai muotipuristeen ollessa puristuslevyjen välissä, sisäosiin alkaa johtua lämpöä, ja ilmiö kiihtyy paineen saavuttaessa suurimman arvonsa. Tällöin liima notkistuu eli viskositeetti muuttuu ja liima pääsee imeytymään viiluihin. Puristusaikaan vaikuttavat liiman kovettumiseen kuluva perusaika sekä sisimpien liimasaumojen lämpiämiseen kuluva aika. Puristusajan laskentaan käytetään tyypillisesti seuraavia kaavoja:

Aika fenoliliimalla = 3.0 min + 0.5 min x levyn paksuusmillimetri

Aika urealiimalla = 1.5 min + 0.5 min x levyn paksuusmillimetri

(Kuikka & Kunelius 1992, 69.)

Kapeissa muodoissa puristaminen on yksinkertaista; käytetään tavallisia kiskopuristimia tai erilaisia paineilma- tai hydraulisia puristimia. Laminoinnissa päältäpäin puristamisesta on huolehdittava, etteivät kappaleet siirry sivusuunnassa niin paljon, ettei leveyttä valmiiseen kappaleeseen jääkään riittävästi.

Leveät kaksipuoliset muotit puristetaan kiskopuristimilla tukevien puristuslankkujen avulla tai tarkoitukseen rakennetulla hydraulisella tai

paineilmapuristimella. On huolehdittava, että puristus varmasti kohdistuu koko muotin leveyteen, ei vain reunoihin. (Koponen 1990, 529.)



KUVA 3. Kuumapuristin muotopuristusosastolla (Juha-Matti Haavisto)

Muotteina käytetään yksi- tai kaksipuolisia puristusmuotteja. Monimutkaisemmissa kappaleissa muotti voi rakentua useista osista. Yksipuolinen muotti on vain kappaleen toisella puolella ja puristus tätä vasten tapahtuu tavallisilla käsipuristimilla. Kaksipuolinen muotti puristaa aihiota nimensä mukaisesti molemmilta puolilta. Pääasiallisesti käytetään kaksipuolista muottia, jolloin itse puristaminen on yleisesti nopeampaa ja tasalaatuisempaa.

Muotit suunnitellaan aina tuotekohtaisesti huolellisesti etukäteen, koska erityisesti kaksipuolisessa muotissa tarkkuus muottien välisen tilan dimensioista on tärkeää. Tätä on erittäin haastavaa mitata valmistuksen aikana, joten valmistuksen aikana tulee olla etäisyydestä selvillä. Muotti valmistetaan aina vähintään 10-20 mm leveämmäksi kuin valmis kappale, ja laminoitavat tai viilutettavat aihiot mitoitetaan muotin levyisiksi. (Koponen 1991, 538.)

Tärkeää on huomioida tapahtunut muodon muutos puristuksen jälkeen. Laminoitujen kappaleiden mutkat joko oikenevat tai menevät suppuun puristusvaiheen jälkeen. Muodonmuutokseen vaikuttaa yleisesti kaksi voimaa:

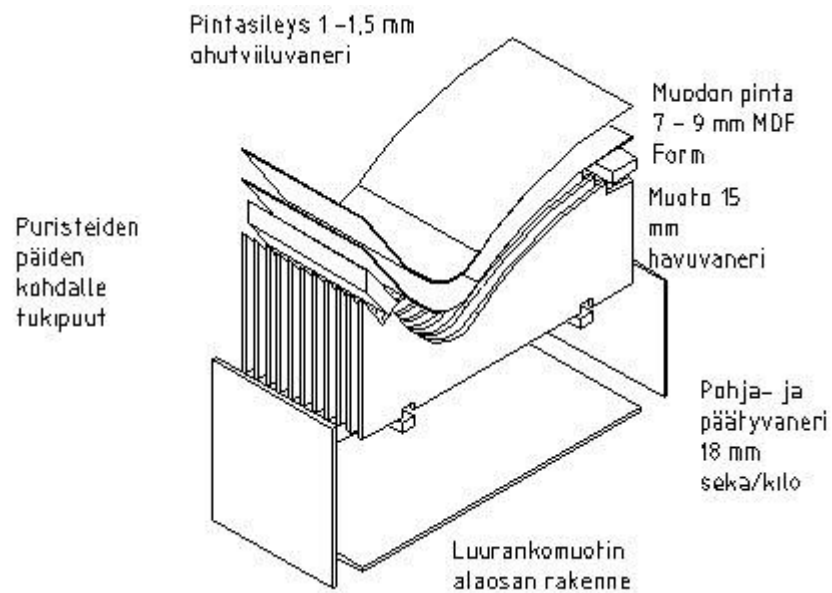
1. Yksittäiset viilut pyrkivät oikenemaan oman sisäisen jännitteensä vuoksi.
2. Muoto pyrkii taipumaan lisää, koska liimatessa puu on kostunut ja turvonnut. Kun tämä vesi poistuu puusta, kappale ohenee ja aiheuttaa muodonmuutoksen.

Muodonmuutoksen suuntaa ja suuruutta on haastavaa tarkkaan arvioida, teollisuudessakin samoja osia valmistetaan täysin samoissa oloissa tuhansia kappaleita ja silti vaihtelua yksittäisten osien välillä syntyy. Muutoksen suuruuteen vaikuttavat lopullisen kappaleen paksuus, taivutuksen säde ja kulma, puulaji, sälepaksuus, syysuunta, puun kosteus, liimamäärä, liimatyyppe, puristusmenetelmä ja puristusaika. Yleisellä tasolla voidaan todeta, että loivat kaaret valmistettuna paksuista säleistä pyrkivät oikenemaan, jyrkät kaaret valmistettuina ohuista viiluista pyrkivät menevät suppuun.

Suuntaa antavana ohjeena pidetään istuin- ja selkänöjapuristeessa kappalepaksuudella 10 mm, viilupaksuudella 0,8mm, 40mm taivutussäteellä ja normaalilla 102° taivutuskulmalla 3° muodonmuutosta, siispä muotti on tehtävä 3° avoimemmaksi kuin valmis tavoiteltu muoto. Kappaleen lopulliseen muotoon vaikuttaa myös ilman kosteus. Laminoidut kappaleet oikenevat jonkin verran loppukesästä kosteissa olosuhteissa, talven kuivimpina ne pyrkivät menemään suppuun. Tästä syytä esimerkiksi tarkkoja 90° taivutuksia sitomattomissa rakenteissa ei ole järkevää toteuttaa. (Koponen 1990)

Muotissa otetaan huomioon puristetun kappaleen palautuminen liimauksen jälkeen. Valmistettaessa leveitä viilupuristeita muottina

käytetään useimmin ns. luurankomuottia, jossa vaneristen muotokaarien muodostama runko päällystetään puristuspinnan osalta vanerilla tai MDF-form-levyllä. Muotokaaret sahataan yhtenä nippuna vannesahalla tarkasti muotoonsa tai jyrsitään yksittäin mallineen avulla tai CNC-jyrsimellä. Kaaret kootaan pohjalevyn päälle tarkoin paikoilleen ja kiinnitetään pintalevyt. (Koponen 1990)



KUVIO 1. Puristusmuotti (Koponen 2002)

2.4 Isku Teollisuus Oy

Isku on Pohjoismaiden johtava huonekalualan perheyryitys, jonka on perustanut Eino Vikström. Yritys suunnittelee, valmistaa, markkinoi ja toteuttaa toimivia ja viihtyisiä sisustusratkaisuja koteihin ja julkisiin tiloihin. Toiminta on jatkunut jo yli 80 vuoden ajan. Vuosien varrella toiminta on laajentunut ja kansainvälistynyt.

Isku on kansainvälinen kalustealan konserni, joka valmistaa ja myy muotoilultaan korkeatasoisia kodin, keittiöiden ja julkisten tilojen kalusteita ja sisustusratkaisuja, sekä puun ekologiseen hyötykäyttöön perustuvia sisustus- ja rakennusalan materiaaleja. Perusraaka-aineina käytetään koivua, huonekalulevyjä ja metallia. (Isku 2011.)

Iskun tunnettu liikemerkki ja tuotemerkit takaavat asiakkaalle kilpailukykyiset tuotteet. Kilpailukykyyn turvaavat integraatioon perustuva oma valmistusprosessi ja alihankinta- ja jakeluverkot sekä oma vähittäisketju. Isku pyrkii toimialoillaan johtavaksi kotimaassa ja merkittävään asemaan lähialueilla säilyttäen itsenäisyytensä ja vakavaraisuutensa. Toiminta perustuu kalusteiden vähittäiskauppaan, julkisten tilojen kalustamiseen, keittiökalustamiseen, huonekalujen valmistukseen ja kiinteistötoimintaan. (Isku 2011.)

Iskun toimintaa ohjaavia arvoja ovat: yrityksen itsenäisyys, tyytyväinen asiakas, henkilöstön hyvä ammattitaito, toiminnan tuloksellisuus ja ympäristön kunnioittaminen. Pääkonttori ja huonekalutehtaat sijaitsevat Lahdessa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli 151 miljoonaa euroa. Tuotantolaitoksia on kolme ja myymälöitä on noin 40 Pohjoismaissa ja Baltiassa. Ulkomaantoimintojen osuus on noin 30 %. Nykypäivänä Isku Oy työllistää noin 1270 työntekijää. (Isku 2011.)

Vanerin valmistus oli osa Iskun toimintaa vielä vuosikymmen sitten. Vaikka vanerinvalmistuksesta luovuttiin, ei tätä arvokasta erikoisosaamista ole kadotettu. Isku Teollisuus valmistaa viilutettuihin tuotteisiin ja muotopuristeisiin pintaviilut itse. Laatuvaatimukset ovat tiukat, mutta niihin päästään oikeilla raaka-ainevalinnoilla ja tiukalla laatukontrollilla. Uusi viilunvalmistustekniikka mahdollistaa viiluarkkien puskusaumauksen. (Isku 2011.)

Pääosin käytetään koivu- ja punapyökkiviiluja. Viilut saumataan viiluarkeiksi ja käytetään joko muotopuristeisiin tai tasopuristettuna viilutettuihin komponentteihin. Suurimmat viilutetut levyt ovat yli 2500 mm pitkiä ja 1200 mm leveitä. Muotopuristeita ja tasopuristettuja levyjä valmistetaan usealla eri puristinlinjalla Lahden tehtaalla. (Isku 2011.)

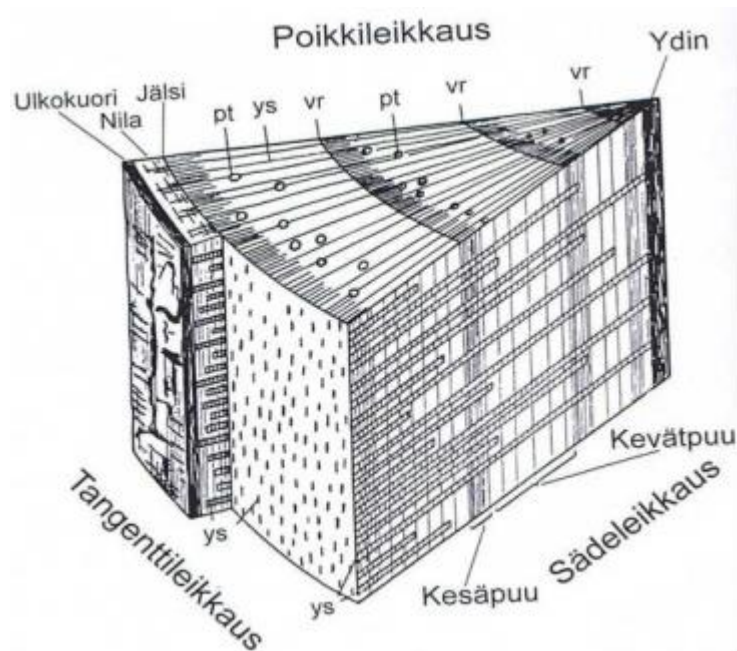


Kuva 4. Tyypilliset muotopuristusosastolla valmistetut istuin- ja selkäosat valmiissa tuotteissa (Isku 2011.)

3 LUJUUSOMINAISUUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

3.1 Puun rakenne

Puun rakenteita ja ominaisuuksia kuvailtaessa on syytä käyttää oikeanlaista kuvailukoordinaatistoa. Puun runko on poikkileikkaukseltaan pyöreä ja kohtuullisen symmetrinen ytimen suhteen sekä myös pituussuunnassa suhteellisen suora, joten voidaan käyttää tarkoituksenmukaista sylinterikoordinaatistoa. Koordinaattiakselien suuntia kutsutaan säteen suunnaksi, tangentin suunnaksi ja pituuden suunnaksi. Puun lujuusominaisuudet ovat erilaiset puun syiden, säteen tangentin suunnissa (Kärkkäinen 2007, 18.)



KUVA 5. Puun leikkuusuunnat (Kärkkäinen 2007, 18)

3.2 Puun vetolujuus

Puun vetolujuus on tärkeässä osassa muotopuristuksesta puhuttaessa. Vetolujuus on suurimmillaan syiden suunnassa. Puristuslujuus on suurin syiden suuntaan ja suuruusluokaltaan noin puolet samansuuntaisesta vetolujuudesta. Ongelmaksi muodostuu useimmiten puun syitä vastaan kohdistuva kohtisuora vetolujuus, joka mitataan yleensä tangentin suunnassa. Tämä vetolujuus on vain 2-20 % puun syiden suuntaisesta vetolujuudesta. Vetolujuus koivulla on noin 135 MPa ja syitä vastaan vain noin 5 % lujuudesta. Vetolujuutta tarvitaan kappaleissa joissa kuorma aiheuttaa taipumista. (Kärkkäinen 2007, 221; PuuProffa 2009; Kuikka & Kunelius 1992, 33-35.)

3.3 Liimasauman lujuuteen vaikuttavat tekijät

Puu on liimattavana aineena varsin epähomogeenista ja lisäksi liimausominaisuudet riippuvat suuresti puulajista, kosteudesta ja pinnan laadusta. Liimausvirheitä tapahtuu syistä, joita liiman valmistajan ja liiman käyttäjän on haastavaa valvoa. Liimausvirheet jaetaan kolmeen ryhmään:

- Puusta johtuvat virheet aiheutuvat yleensä puun yllättävistä ominaisuuksista, kuten yksittäisten kappaleiden tilavuuspainoeroista, oksaisuudesta tai kemiallisen koostumuksen, kuten parkkihappopitoisuuden vaihtelusta.
- Liimasta johtuvat virheet aiheutuvat etupäässä liiman valmistuksessa esiintyneistä vaihteluista, kuten viskositeetistä.

- Valmistuksen aiheuttamista virheistä ovat yleisimpiä puuaineksen kosteusvaihtelut, sekä levitysmäärän ja liimausaikojen erilaisuus. Puristimen hidas toiminta saattaa aiheuttaa liian pitkiä odotusaikoja ladotuille kappaleille. Laadullisesti vaarallisinta on liian pitkä odotusaika kuumapuristinlevyllä.

Liimausvirheet ovat suurelta osin ehkäistävissä tarkkailemalla tuotantoa valmistusvaiheittain. Liimaus vaiheessa aiheutuvat virheet on useimmiten lähes mahdottomia korjata, ja tällaiset tuotteet joudutaan yleensä hylkäämään. Liimaus on tästä syystä mitä suurimmassa määrin tuotannon taloudellisuuteen vaikuttava tekijä. (Koponen 1990.)

Esikovettuminen ilmenee liimasauman kovettumisena ennen puristusta, jolloin toisen liimattavan pinnan kostuminen on liian vähäistä ja sauman lujuus on heikko. Tämän ilmiön tunnistaa sauman kiiltävästä pinnasta ja liiman vähäisestä imeytymisestä puuhun. Yleisin syy tähän on liian pitkä liimausaika, työtilan korkea lämpötila, liian pieni levitys, liian nopea kovete tai liian hidas puristimen sulkeutuminen ja korkea puristuslämpötila. Jos esikovettumista esiintyy sulateliimoilla, on liiman ja puun lämpötila liian alhainen ja syöttönopeus pieni. (Koponen 1990.)

Etenkin ohuita viiluja liimattaessa on liimasauman kuivuminen varsin yleistä. Ilmiön tunnistaa kerrosten huonosta kostumisesta. Liima ei ole kiinnittynyt puuhun, jolloin sauma on kovettuneen liiman tapainen, kuiva ja kiiltävä. Syynä on liiman liiallinen imeytyminen puuaineeseen tai levitetystä liimassa olevan kosteuden suoranainen haihtuminen ennen puristusta. Ilmiö saattaa johtua useasta syystä. Liimanlevityksen ja puristuksen välinen aika on liian pitkä, liimanlevitys liian pieni, puukappaleiden ja liiman lämpötila liian korkea tai puristusaine alhainen.

(Koponen 1990; Puuproffa 2011.)

Liimasauman muodostumisen edellytyksenä on, että liima tunkeutuu ja kiinnittyy puuainekseen. Imeytyminen saattaa kuitenkin olla liian voimakasta eikä liima-ainetta jää riittävästi saumaan. Imeytyneen sauman tunnistaa vähäisestä liimamäärästä ja sauman harmaasta väristä. Tavallisimpia virheellisen liimauksen syitä ovat liian suuri puun kosteus, liian pieni liiman kuiva-ainepitoisuus tai liian vähäinen viskositeetti. Kuumapuristettaessa hartsiliimoja imeytyminen aiheutuu liiman viskositeetin voimakkaasta vähenemisestä puristuksen alkuvaiheessa ennen varsinaisen kovettumisen alkua. Virheen poistamiseksi on puuaineksen oltava kuivaa ja liiman viskositeetin ja kuiva-ainepitoisuuden riittävän korkea. (Koponen 1991.)

Saumassa oleva liima ei ole kiinnittynyt riittävästi kumpaankaan liimattavista puuainespinoista. Syynä on useimmiten liian alhainen puristusaine, pintojen epätasaisuus, liian kuiva puu tai liian nopea kovete. Liima saattaa olla myös soveltumaton puulajin liimaukseen. Ilmiö saattaa olla haitallinen etenkin öljyisiä puulajeja liimattaessa.

Liimasauma voi paksuina kerroksina aueta jonkin ajan kuluttua liimauksesta. Syynä on etenkin UF-liimoilla sauman liiallinen paksuus, liiman vähäinen täyttökkyky tai liiallinen hauraus. Korkea sulateliimojen lämpötila saattaa myöhemmin aiheuttaa myös sauman aukeamisen. Haurailta liimoilla on saumaa pehmitettävä sopivilla täyteaineilla. (Koponen 1991.)

Liima voi kovettua vaillinaisesti, vaikka noudatetaankin liiman valmistajan suosituksia ja ohjeita. Syynä ovat useimmiten puuaineksesta johtuvat satunnaiset tekijät, kuten öljyinen puu, joka imee kosteutta saumasta normaalia hitaammin. Kovetteen sekoittuminen saattaa olla vaillinaista tai kovetetta olla liimassa liian vähän. Kovettumislämpötila voi olla alhainen tai puu ja liima ovat liian kylmiä. Liimassa saattaa olla myös vieraita aineita, esimerkiksi UF- ja FF-liimojen sekoittuminen on vaarallista.

Ontot liimasaumat voivat johtua liimattavien kappaleiden paksuusvaihteluiden aiheuttamasta epätasaisesta puristusaineesta. Puristettaessa yli 100 °C:n lämpötilassa on yleisin syy kuitenkin kosteuden liiallinen höyrystyminen, joka johtuu puuaineksen liiallisesta kosteudesta, liiman tuomasta liiallisesta vesimäärästä, suuresta levityksestä tai vesipitoisesta liimasta. Lyhyt puristusaika ja korkea lämpötila edistävät onttojen levyjen syntymistä. (Koponen 1991.)

Ilmiön estämiseksi ei levyn kosteus ennen puristusta saa olla liian korkea. Puuaines on kuivattava riittävästi ja liimauksessa on käytettävä kuiva-ainepitoisia liimoja sekä alhaista puristuslämpötilaa. Haittaa pienennetään yleisesti sopivalla puristusainediagrammilla alentamalla painetta puristusvaiheen loppupuolella.

Onttojen liimasaumojen havaitseminen on useimmiten verrattain vaikeata. Esimerkiksi vanerilevyissä esiintyvät ”musikantit” ovat tunnistettavissa koputeltaessa kuultavasta erilaisesta äänestään. Tarkastukseen on kehitetty myös levyn liimasaumojen tutkimuslaitteita.

Saumaliimaus käsittää puulevyn pinnoituksen ohuilla viiluilla tai muovikalvolla. Pinnoituksessa liimataan yleensä yksi sauma kerrallaan. Ohuilla puuviiluilla on vaikeutena etenkin runsaasti kevätpuuta sisältävillä puulajeilla liiman läpilyönti, joka aiheuttaa värivikaa ja vaikeuttaa pinnan jälkikäsitteilyä, lakkausta ja maalausta. Syynä on useimmiten liian kostea viilu, liian vähäinen liiman viskositeetti ja pieni kuiva-ainepitoisuus, liiallinen puristusaine, liiman hidas kovettuminen tai viilun pinnan huono laatu. Läpilyönnin torjumiseksi on liiman viskositeetin oltava riittävän korkea. (Koponen 1990; Puuproffa 2011.)

Vettä imevien täyteaineiden, kuten puujauhon ja tärkkelyspitoisten jauhojen, käyttö on osoittautunut edulliseksi. Puuaineksen on oltava riittävän kuivaa ja liiman levityksen vähäistä. Avoimen liimausajan pidentäminen on eduksi liiallisen kosteuden haihduttamisessa. Läpilyönti

vähentää lisäksi pinnan kostuttamiskykyä, jolloin esimerkiksi lakattaessa PVAc- tai kontaktiliimoilla viilutettua levyä pinnassa saattaa esiintyä harmaita läikkiä. Alkaaliset liima-aineet vaikeuttavat happokovettuvien maalien ja lakkojen kiinnittymistä puuhun.

Läpilyönnin lisäksi on viilutettaessa vaarana pinnan halkeilu. Yleisin syy on viilun liiallinen kosteus, jolloin kuivuminen puristuksessa ja välittömästi sen jälkeen aiheuttaa saumaan ja viiluun jännityksiä. Kosteuden ja lämpötilan muuttuessa jännitykset pyrkivät aiheuttamaan viilun halkeilua. Yli 7 % kosteita viiluja ei kuumapuristettaessa saisi käyttää. (Koponen 1990.)

Happamat PVAc- ja UF-liimat liuottavat säilytys- ja sekoitusastioista rautaa, joka värjää parkkihappopitoisia puulajeja. Samoin teräksiset puristinlevyt aiheuttavat väritymistä happaman liiman läpilyönnin esiintyessä.

Liimatun kappaleen vääntyminen johtuu yleensä rakenteen tasapainottomuudesta tai kosteuden epätasaisesta jakaantumisesta. Tavallisimpia epäsymmetrisiä rakenteita ovat puulevyjen pinnoitteet, joissa ei ole vastakkaisella puolella tasapainottavaa kerrosta. Mikäli tällaisia rakenteita joudutaan esimerkiksi ovien valmistuksessa käyttämään, on liimauksen tapahduttava käyttöolosuhteita vastaavassa tilassa, mieluiten kylmäpuristuksella. Muutoin kosteuden muuttuessa kappale vääntyilee välittömästi puristuksen jälkeen. (Koponen 1991.)

Käytettäessä korkeita puristuslämpötiloja on liimattavan kappaleen osien oltava mahdollisimman lähellä tasapainotilaa. Ohuita levyjä ja sahatavaraa liimattaessa on kappaleet pyrittävä ilmastoimaan käyttöolosuhteita vastaaviksi. Vääntymisen estämiseksi on otettava myös huomioon puun erilaiset ominaisuudet syysuunnissa. (Koponen 1991.)

4 TUTKIMUKSET

4.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää uudella tavalla valmistetun muotopuristeen lujuusominaisuuksien muutosta ja analysoida muutoksen vaikutuksia. Käytännössä liimausprosessiin tehtyjen pienien muutoksien kautta on lähdetty hakemaan vetolujuuden nousemista selkeästi vanhan prosessin mukaista lujuutta korkeammaksi.

Tutkimuksessa tarkastellaan nykyisen prosessin liimasaumojen lujuutta viilu- ja kalvopintaisissa tuotteissa ja verrataan lujuuksia uudella mallilla tehtyjen kesken. Tutkittava uudenlainen liimausprosessi eroaa perinteisestä niin että liima levitetään valssissa kaikille viilupinnoille, jonka tarkoituksena on vahvistaa saumojen rakennetta. Käytännössä siis 50 % tutkimuksen koekappaleista valmistetaan perinteisellä liimausprosessilla ja 50 % uudistetulla prosessilla.

4.2 Tutkimukset

Testaukset aloitettiin kalibroimalla Alwetron-vetokoelaitte. Koneeseen syötettiin työntömitalla mitatut tarkat arvot koekappaleista. Optimaalisten leukojen valinta tehtiin laboratorion vastaavan avustuksella ja käymällä keskustelua Iskun yhteyshenkilön kanssa

Vetokoekappale asetettiin leukojen väliin, kun oikeat nopeusarvot oli syötetty käyttöjärjestelmään, aloitettiin testaukset. Alwetron alkoi hiljalleen venyttää kappaletta leukojen välissä, ja samalla tietokoneen ruudulle piirtyi kuvaaja ja numeeriset arvot käytetyn voiman ja kappaleen venymisen

suhteesta. Kun kappale murtui, murtolujuusarvot saatiin taulukkoon ja sama toistettiin kaikkien kappaleiden kanssa aina koneen kalibroinnin jälkeen.

Vetokoekappaleita oli työstettynä yhdestä levystä yhteensä 6 kappaletta, 3 pitkittäissuunnassa ja 3 poikittaissuunnassa. Koekappaleista laskettiin keskiarvo, pitkittäissuuntaisista oma ja poikittaissuuntaisista oma. Nämä arvot tuli olla standardin ilmoittaman rajan sisällä. Sen lisäksi poikittais- ja pitkittäissuuntaisten kappaleiden keskiarvot tuli laskea yhteen, summan arvon tuli myös täyttää standardin vaatimukset.

On huomioitava, että lujuusmittaukset tehtiin Germanischer Lloyd standardin mukaisesti, jotta saataisiin kuvaa, kuinka levyn lujuus vaihtelee liimaustekniikan muutosten mukaisesti. Lopuksi tulokset saatiin koottuna Excel-taulukkona ja jokaisesta kappaleesta oli nähtävissä oma toteutunut lujuuskäyrä.

4.3 Testattavat kappaleet ja koesuunnitelma

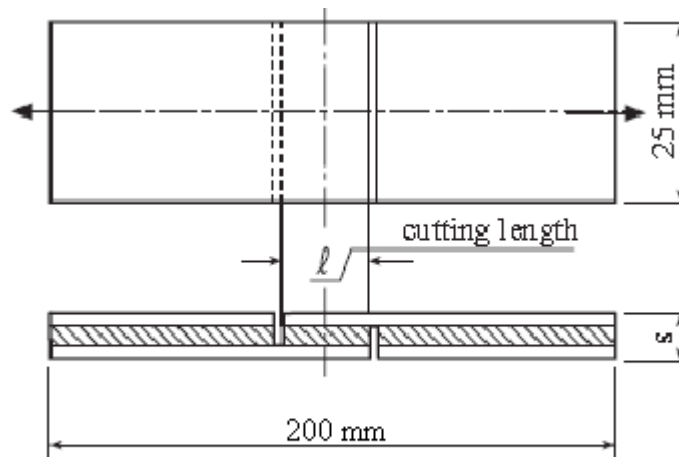
Testattavat kappaleet (aihiot) valmistettiin muotopuristus-osaston ”esipuristimella”. Kappaleet muodostuivat 5 väliiviilusta ja laminaattipinnoista (ylä- ja alapuoli). Valmistuksen aikana viilujen testattavat ja tutkittavat kohdat merkattiin tarkoin ja liiman levitysmäärät kirjattiin ylös, myös viilun kosteudet mitattiin ennen liimausta. Valmiista kappaleista sahattiin Lahden Ammattikorkeakoulun Tekniikan laitoksen vannesahalla vetolujuuskokeessa käytettävät kappaleet vaneristandardin mukaisesti ja kappaleet testattiin eli suoritettiin vetolujuuskokeet laboratorion Alwetron testauslaitteella. Delaminointi-testit suoritettiin murtumiskohdan määrittämiseksi.

Erityisesti huomioituja tekijöitä koekappaleiden valmistuksessa:

- liimanlevitysmäärä (Liimavalssinsäätö)
- viilunkosteus (Kosteus %)
- valmistettavien kappaleiden määrä
- 50 % kappaleista: Liima joka toiseen viiluun
- 50 % kappaleista: Liima jokaiseen viiluun
- puristuslämpötila
- puristusaika noin 2,5 min
- testaus 2-3 vrk puristuksen jälkeen.

4.4 Koekappaleiden valmistaminen

Koekappaleisiin työstettiin pyörösahalla urat puusta murtuman määrittämiseksi. Koekappaleet valmistettiin hyvin tarkkaan tasalaatuisiksi mahdollisimman realististen lujuuksien saavuttamiseksi testauksissa. Toleranssia ei siis juurikaan syntynyt kappaleiden työstön välillä. Koekappaleiden koko oli vaneristandardin mukaisesti 25 x 200 mm.



KUVA 6. Vaneristandardin mukainen koekappale (Vanerikäsikirja)

4.5 Koekappaleiden valmistuksessa käytetty liima

Alla koekappaleiden valmistuksessa käytetyn liiman tiedot ja ominaisuudet.

Dynea Prefere 4114 (Urealiima)

Dynea Prefere 4114 (UF)

Ulkonäkö	Kellertävä viskoottinen neste
Kiintoainepitoisuus (2h, 120 °C)	69 - 71 %
Viskositeetti (20 °C)	3500 - 5000 mPas*
Viskositeetti (25 °C)	2300 - 4000 mPas*
pH (25 °C)	8,0 - 8,6
Tiheys (25 °C)	1.30 g / cm ³

KUVIO 2. Liiman tekniset tiedot ja ominaisuudet

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tulokset

Tuloksista on selkeästi pääteltävissä, ettei muotopuristuksen prosessin muutoksella syntynyt merkittävää kehitystä kappaleen lujuuteen. Käytännössä siis ladonnan ja liimausvaiheen prosessiin suoritettu testiluontoinen muutos ei tuottanut toivottua merkittävää nousua tuotteen lujuuteen.

Alla selvennetty testauksessa tehdyt muutokset prosessiin taulukoiden tulkinnan helpottamiseksi:

Kpl 01-09: Koivuviilupinta, liimaa kaikissa viiluissa

Kpl 10-18: Koivuviilupinta, liimaa kaikissa viiluissa

Kpl 19-27: Kalvopinta, perinteinen liimaus

Kpl 28-36: Koivuviilupinta, perinteinen liimaus

Kpl 37-45: Kalvopinta, perinteinen liimaus

Kpl 46-54: Koivuviilupinta, perinteinen liimaus

Kpl 55-63: Koivuviilupinta, liimaa kaikissa viiluissa

Kpl 64-72: Kalvopinta, liimaa kaikissa viiluissa

KUVIO 3. Vetokokeiden vaiheet.

Alla koekappaleiden testitulokset (vetolujuus):

Taulukoissa F (kN) tarkoittaa vetovoimaa ja Rm (N/mm²) vetolujuutta.

Kpl	F (kN)	Rm (N/mm ²)
1	3,82	6,10
2	5,26	8,40
3	4,84	7,40
4	3,37	5,40
5	5,14	8,20
6	4,79	7,70
7	5,86	9,40
8	5,16	8,20
9	4,92	7,90
10	6,31	10,10
11	3,60	5,80
12	4,64	7,40
13	4,36	7,00
14	4,36	7,00
15	3,43	5,50
16	4,01	6,40
17	5,58	8,90
18	5,54	8,90
KA	4,72	7,539
Hajonta	0,85	1,356

KUVIO 4. Kpl 1-18 koivuviilupinnat, liimaa kaikissa viiluissa.

Kpl	F (kN)	Rm (N/mm ²)
19	3,53	5,60
20	5,18	8,30
21	5,06	8,10
22	3,68	5,90
23	5,19	8,30
24	4,70	7,50
25	5,26	8,40
26	5,10	8,20
27	5,02	8,00
28	7,13	11,40

29	6,43	10,30
30	6,99	11,20
31	7,12	11,40
32	4,62	7,40
33	4,91	7,90
34	5,23	8,40
35	5,82	9,30
36	5,20	8,30
KA	5,34	8,550
Hajonta	1,03	1,651

KUVIO 5. Kpl 19-27 kalvopintaiset, kpl 28-36 koivuviilupintaiset
(perinteinen liimaus)

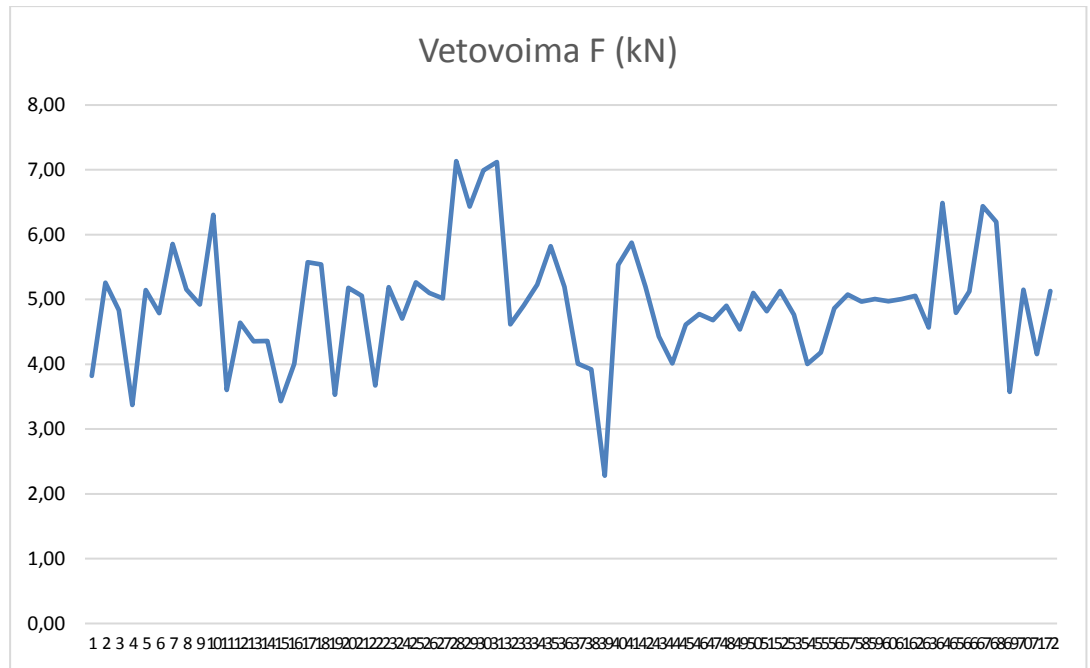
Kpl	F (kN)	Rm (N/mm ²)
37	4,01	6,40
38	3,92	6,30
39	2,28	3,70
40	5,54	8,90
41	5,88	9,40
42	5,20	8,30
43	4,43	7,10
44	4,01	6,40
45	4,61	7,40
46	4,77	7,60
47	4,68	7,50
48	4,90	7,80
49	4,54	7,30
50	5,10	8,20
51	4,82	7,70
52	5,13	8,20
53	4,77	7,60
54	4,00	6,40
KA	4,62	7,344
Hajonta	0,79	1,251

KUVIO 6. Kpl 37-45 kalvopintaiset, kpl 46-54 koivuviilupintaiset
(perinteinen liimaus)

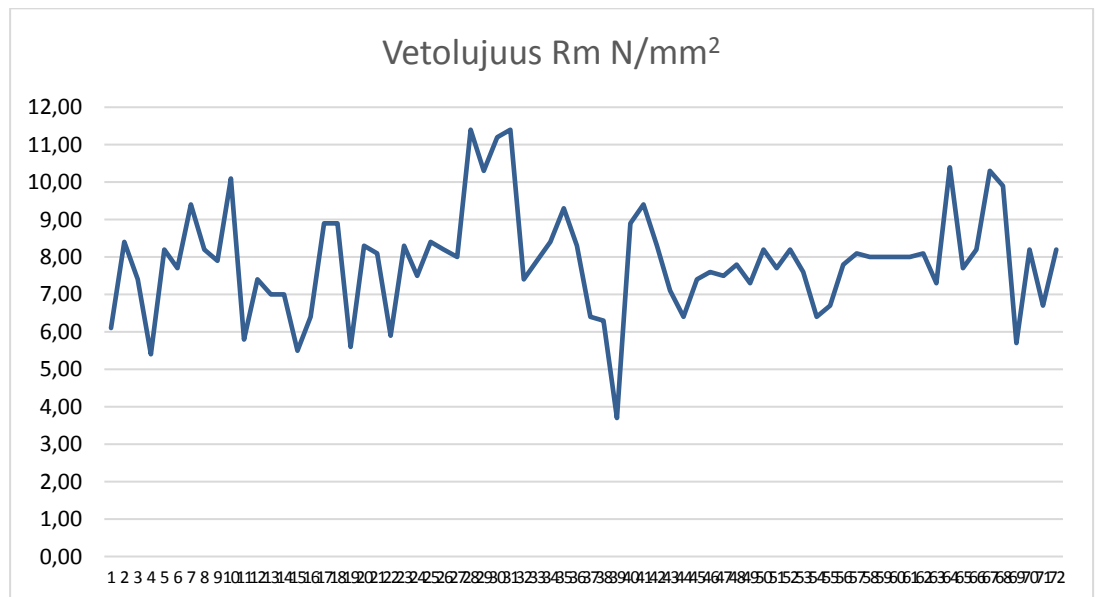
Kpl	F (kN)	Rm (N/mm ²)
55	4,18	6,70
56	4,86	7,80
57	5,08	8,10
58	4,97	8,00
59	5,01	8,00
60	4,97	8,00
61	5,01	8,00
62	5,06	8,10
63	4,57	7,30
64	6,49	10,40
65	4,79	7,70
66	5,12	8,20
67	6,44	10,30
68	6,20	9,90
69	3,57	5,70
70	5,15	8,20
71	4,16	6,70
72	5,13	8,20
KA	5,04	8,072
Hajonta	0,74	1,188

KUVIO 7. Kpl 55-63 koivuviilupintaist, kpl 64-72 kalvopintaist, liimaa kaikissa viiluissa.

Yksittäisten kappaleiden kohdalla voidaan havaita hienoja eroavaisuuksia lujuuksissa, mutta keskiarvillisesti ja hajonnan osalta merkittävää eroa ei synny. Mahdollisia syitä yllä esitettyihin tuloksiin puntaroidaan tarkemmin analyyseissä seuraavassa kappaleessa.



KUVIO 8. Kuvaaja vetokokeiden vetovoimasta.



KUVIO 9. Kuvaaja vetokokeiden vetolujuudesta.

5.2 Analyysit

Kuten edellisen luvun lopussa todetaan, vetokokeiden tulokset totetuivat yllättävän tasalaatuisina ja hajonta jäi pieneksi ottaen huomioon, että koekappaleita työstettiin eri puolilta aihioita. Tämä kertonee perinteisen valmistusprosessin tasalaatuisuudesta prosessin alkuvaiheessa.

Yksi merkittävä tekijä prosessien lujuus erojen vähäisyyteen on varmasti viilujen liiman läpilyönti ominaisuudet. Liiman läpilyönnin ollessa suurta ennen puristusta ja sen yhteydessä, perinteinen liimausmalli lähenee uutta liiman pyrkiessä kaikkiin viilu saumoihin. Tämä selittää osaltaan tutkimustulosten tasalaatuisuutta.

Tuloksista on luettavissa, että lähes kaikilla koekappaleilla saavutettiin 100 % puustamurtuma, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Nämä muutamat poikkeukset ovat saattaneet johtua vetoleukojen kiinnityksen pettämisestä, joka on vetolujuuskokeissa melko tyypillistä.

Projekti sai alkunsa muotopuristusosastolla jo pitkään tuotannossa olleen tuotteen reklamaatiohaasteista. Käytännössä kyseisen istuinosan liimasaumat olivat repeytyneet auki taipumasta aiheutuneiden voimien ansiosta. Ongelmaa oli mielestäni loogista lähteä ratkaisemaan suhteellisen pienillä prosessimuutoksilla, joista tämä projekti on esimerkkinä.

Tässä opinnäytetyössä on lueteltu useita tekijöitä ja ominaisuuksia, jotka ovat saattaneet johtaa tuotteen reklamaatioihin. Perinteisessä prosessissa on hyvät puolensa kaikessa yksinkertaisuudessaan, mutta vanhat prosessit pitävät usein sisällään vanhan konekannan ja työkalut. Yksi tasalaatuisuutta aiheuttava edistysaskel olisi varmasti tuotannon konekannan modernisointi. Puristimet itsessään ovat iästään huolimatta suhteellisen varmatoimisia huolellisesti huollettuna. Investoisin modernimpiin liimavalssiin ja panostaisin juuri liimausprosessiin.

Perinteisellä tavalla suoritettava liiman levitys viilupinnoille valssaamalla on riskialtista tasalaatuisuuden kannalta.

Oleellisinta projektissa varmasti oli se, että osastoa askarruttanut prosessin päivittäminen on tullut testatuksi ja voidaan todeta, ettei nykyistä prosessia ole tarpeellista lähteä radikaalisti muokkaamaan tästä vaiheesta. Paljon erilaisia kehittämistoimenpiteitä osastolle on mahdollista suorittaa, joista yksi on varmasti aiemmin mainitsemani investointi konekannan modernisoimiseksi.

Projekti on ollut itselle erittäin mielenkiintoinen ja olen saanut paljon kokemuksia puun lujuusominaisuuksien tutkimisesta. Isku Oy:n kannalta tällaiset projektit antavat lisätietoja omien tuotteiden rakenteellisesta laatuasosta ja tukevat päätöksissä uusien investointien ja prosessimuutosten kohdalla.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia muotopuristuksen liimausprosessiin tehdyn muutoksen vaikutuksia tuotteen lujuusominaisuuksiin. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Isku Teollisuus Oy. Tämä työ koostui kahdesta osasta, teoreettisesta osuudesta ja tutkimuksellisesta osuudesta.

Yhteenvetona projektista ja opinnäytetyöstä voidaan todeta, että tuotteissa käytettävien materiaalien ominaisuuksien tutkiminen on oleellinen osa tuotteiden ja tuotannon kehitystyötä. Kun tutkimuksen kautta on todistettu, että kyseinen prosessimuutos ei johda tuotteen lujuuden merkittävään kasvuun, voidaan keskittyä muiden kehitysprojektien työstöön osastolla.

Muotopuristamalla valmistetut istuimien osat tulevat varmuudella aina vaatimaan korkeaa laatua materiaalien ja tuotannon osalta. Istuimien käyttökohteesta riippumatta muotopuristettujen osien saumoihin kohdistuu istuttaessa vaativia voimia, jotka vaativat tasalaatuista rakenteellista lujuutta.

Tämä opinnäytetyö tarjoaa kattavasti tietoa muotopuristeisten tuotteiden valmistuksesta ja ominaisuuksista varsinaisen tutkimuksen tueksi.

LÄHTEET

Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki: Metsäkustannus.

Koponen, H. 1991. Puutuotteiden jalostus ja kehitys. Helsinki: Otatieto.

Koponen, H. 1990. Puutuotteiden liimaus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Koponen, H. 2002 Puutuoteteollisuus 4: Puulevytuotanto. Helsinki: Edita Oy.

Kuikka, K. & Kunelius, K. 1992. Puutekniikka 2: materiaalit. Helsinki: Otava.

Metsäteollisuus RY 2005. Vanerikäsikirja. Lahti: Kirjapaino Markprint Oy.

Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Velling, P., Herajärvi, H. & Verkasalo, E. 2008. Koivun kasvatusta ja käyttöä. Helsinki: Metsäkustannus.

Sähköiset lähteet:

Isku 2011 [viitattu 12.10.2011]. Saatavissa: www.isku.fi

Puuinfo Oy 2011. Vaneri [viitattu 12.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.puuinfo.fi/vaneri>

Puuproffa 2011. Liimaus [viitattu 12.9.2011]. Saatavissa

<http://www.puuproffa.fi>

Puuproffa 2011. Viilut ja viilutus [viitattu 12.9.2011]. Saatavissa:

http://www.puuproffa.fi/arkisto/viilut_ja_viilutus

Dynea 2011. Products [viitattu 28.9.2011]. Saatavissa:

<http://www.dynea.com/products/>

Suulliset lähteet:

Holtinen, J. 2010. Työnjohtaja. Isku Teollisuus Oy. Haastattelut keväällä 2010.

Silvennoinen, J. 2010. Valmistuspäällikkö. Isku Teollisuus Oy. Haastattelut keväällä 2010.

Ylivainio, J. 2010. Laatupäällikkö. Isku Teollisuus Oy. Haastattelut keväällä 2010.

LIITTEET

Liite 1. Koivuvanerin yleisiä lujuusominaisuuksia

<i>Taulukko 3-2. Koivuvaneri</i>							Ominaislujuus						Keskimääräinen kimmomoduuli			
Rakenne	Poikkileikkaussuureet						Taivutus		Puristus		Veto		Taivutus		Veto ja puristus	
	Nimellis- paksuus	Väljen lukumäärä	t keskim. mm	A mm ² /mm	W mm ³ /mm	I mm ⁴ /mm	f _{m II} N/mm ²	f _{m L} N/mm ²	f _{c II} N/mm ²	f _{c L} N/mm ²	f _{t II} N/mm ²	f _{t L} N/mm ²	E _{m II} N/mm ²	E _{m L} N/mm ²	E _{t/c II} N/mm ²	E _{t/c L} N/mm ²
	4	3	3.6	3.6	2.16	3.89	65.9	10.6	31.8	20.2	45.8	29.2	16471	1029	10694	6906
	6.5	5	6.4	6.4	6.83	21.8	50.9	29.0	29.3	22.8	42.2	32.8	12737	4763	9844	7656
	9	7	9.2	9.2	14.1	64.9	45.6	32.1	28.3	23.7	40.8	34.2	11395	6105	9511	7989
	12	9	12.0	12.0	24.0	144	42.9	33.2	27.7	24.3	40.0	35.0	10719	6781	9333	8167
	15	11	14.8	14.8	36.5	270	41.3	33.8	27.4	24.6	39.5	35.5	10316	7184	9223	8277
	18	13	17.6	17.6	51.6	454	40.2	34.1	27.2	24.8	39.2	35.8	10048	7452	9148	8352
	21	15	20.4	20.4	69.4	707	39.4	34.3	27.0	25.0	39.0	36.0	9858	7642	9093	8407
	24	17	23.2	23.2	89.7	1041	38.9	34.4	26.9	25.1	38.8	36.2	9717	7783	9052	8448
	27	19	26.0	26.0	113	1465	38.4	34.5	26.8	25.2	38.7	36.3	9607	7893	9019	8481
	30	21	28.8	28.8	138	1991	38.1	34.6	26.7	25.3	38.5	36.5	9519	7961	8993	8507
	35	25	34.4	34.4	197	3392	37.6	34.7	26.6	25.4	38.4	36.6	9389	8111	8953	8547
	40	29	40.0	40.0	267	5333	37.2	34.7	26.5	25.5	38.3	36.8	9296	8204	8925	8575
	45	32	44.2	44.2	326	7196	37.0	34.7	26.5	25.5	38.2	36.8	9259	8241	8914	8586
	50	35	48.4	48.4	390	9448	36.8	34.8	26.4	25.6	38.1	36.9	9198	8302	8895	8605

(Metsäteollisuus RY 2005)

Liite 2. Testauksissa käytetyn liiman tekniset tiedot



Technical Data Sheet

Prefere 4114

Liquid urea adhesive for the applications
flooring, veneering, board-on-frame

Use

Prefere 4114 is a liquid urea adhesive that is used together with the following liquid hardeners for the respective application areas:

- Prefere 5160M (flooring / parquet, veneering)
- Prefere 5163M (flooring / parquet, veneering)
- Prefere 5180 (door & board-on-frame)

The adhesive system with above hardeners is especially designed for flooring / parquet, veneering as well as doors & board-on-frame applications but can also be used for a wide range of other applications within the wood industry. Prefere 4114 is suitable for hot bonding as well as for use under radio frequency heating conditions.

The choice of hardener for Prefere 4114 depends on operating conditions, such as requirements on glue mix pot life and reactivity. However, even other factors may affect the choice of hardener, for example the glue ability of the material, environmental requirements and special operating conditions (e.g. automatic adhesive/hardener mixer, equipment for separate application, radio frequency heating), etc.

The adhesive system with the above hardeners is developed for bonding operations that require especially good bonding quality and performance also for materials and wood species that might be difficult to glue.

Prefere 4114 with the hardeners Prefere 5160M, 5163M and 5180 will give end-products of E1 quality for most applications and processes provided that the instructions in this data sheet are followed.

The adhesive system is designed to be preferably used with automatic metering/mixing equipment.

Technical data for the adhesive

	Prefere 4114
Appearance	Yellowish, viscous liquid
Solids content (2 h at 120°C)	69 - 71%
Viscosity at 20°C	3500 - 5000 mPas*
Viscosity at 25°C	2300 - 4000 mPas*
pH at 25°C	8,0 - 8,6
Density at 25°C	ca 1.30 g/cm ³

*The viscosity is measured by Brookfield, RVT, spindle 4 at 20 rpm.

Liite 3. Näkymä vetokokeiden ohjelmistosta

KAPPALE 24 24/36

MITTAUSPISTEET
 Säilytä mitauspisteet betokannassa Zp
 Tuhoa mitauspisteet

LASKENTA
 Rp 0 % ReL ja ReH
 Rp 0 % n
 Rp 0 %

KOEKAPPALEEN DIMENSIOT

KPLIN TYYPI
 Vapaa
 Pyöreä
 Pulki
 Suorakaide
 Pulkisegmentti

TULOKSET

Murtokuorma	F	N	4.703
Jännitys	fm	N/mm ²	7.524
Kimmomoduuli	Ec	N/mm ²	
Korrelaattikerroin	Kor.		
Koeaika	t		5.5"
Huom (syöttö)			

SYÖTTÖTIEDOT

Nimi	a	b	d	D	Du	So	Lc	Lo	Lu	Le	F	fm	Rel	ReH	ReH	Kor.	Rp 1	Rp 2	Rp 3	n	A	Z	t	Huom (syöttö)
1				35.00		625.0					3.820	6.111												4.5"
2				35.00		625.0					5.256	8.410												7.3"
3				35.00		625.0					0.009	0.01423												
4				35.00		625.0					3.371	5.393												4.3"

Liite 4. Näkymä vetokokeiden ohjelmistosta

Voima [kN]

Kappale **Piirto** **Väri ja viivaväluus**

9	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
1	<input checked="" type="checkbox"/>	On/Off	35
16	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
15	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
14	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
13	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
12	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
18	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
10	<input checked="" type="checkbox"/>	On/Off	35
19	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
8	<input checked="" type="checkbox"/>	On/Off	35
7	<input checked="" type="checkbox"/>	On/Off	35
6	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
5	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
4	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
3	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
2	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
11	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
27	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
35	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
34	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
33	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
32	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
31	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
30	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
17	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
28	<input type="checkbox"/>	On/Off	35
36	<input checked="" type="checkbox"/>	On/Off	35
26	<input type="checkbox"/>	On/Off	35