

Joonas Alanen

**Sahatavarasta toimitettavaksi hirsirakennukseksi**

Finnlamelli Oy

Opinnäytetyö

Kevät 2013

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Talonrakennustekniikan suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Joonas Alanen

Työn nimi: Sahatavarasta toimitettavaksi hirsirakennukseksi, Finnlamelli Oy

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2013

Sivumäärä: 52

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli alajärveläinen lamellihirsitalojen tuotantoon erikoistunut yritys Finnlamelli Oy. Opinnäytetyön aiheena on tuotantoprosessin kuvaus toimipisteittäin sahatavaran saapumisesta ja sen valmistumisesta erilaisiksi tuotteiksi.

Työn tavoitteena oli laatia yksityiskohtainen kuvaus tuotannon vaiheista painottuen myös laadun tarkkailuun ja varmistukseen.

Työssä tarkastellaan tuotantoprosessin kulkua sahatavarasta valmiiksi tuotteeksi ja perehdytään tarkemmin eri tuotteiden työvaiheisiin työpistekohtaisesti. Lisäksi työssä tutustutaan pintapuolisesti hirsirakentamisen erityispiirteisiin hirsiseinän toiminnan kannalta.

Työn tuloksena valmistui opas, joka sisältää selventäviä kuvia sekä tietoa eri työvaiheista ja antaa lukijalleen kokonaisvaltaisen kuvan tuotannon kulusta. Oppaaseen sisältyy myös tietoa toimipisteittäin suoritettavista laaduntarkkailumenetelmistä sekä tuotteille tehtävistä testauksista.

Avainsanat: hirsirakentaminen, puurakenteet, teollinen rakentaminen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Joonas Alanen

Title of thesis: From sawn timber to log building, Finnlamelli Oy

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2013

Number of pages: 52

Number of appendices: 2

---

The thesis was commissioned by a log house manufacturer, Finnlamelli Oy, from Alajärvi. The purpose of the thesis was to create a guide to describe a production process and the stages of sawn timber to different type of products. The guide also emphasizes on quality control and insurance.

The thesis examines the flow of production from sawn timber to finished products, and goes into details on how the production work stages work and what they do for products. In addition, the thesis also looks at the superficial characteristics of log house building and log walls operation.

A completed guide contains explanatory pictures and information on various work stages and gives the reader a comprehensive view of the production process.

Keywords: industrial construction, log construction, wood building

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	8
1 JOHDANTO .....	10
1.1 Työn tausta .....	10
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus .....	10
1.3 Finnlamelli Oy .....	10
2 HIRSI RAKENNUSMATERIAALINA.....	12
2.1 Hirsiseinän toiminta.....	12
2.2 Painuma ja kutistuminen .....	12
2.3 Halkeilu .....	13
3 TUOTANTOPROSESSIN KUVAUS.....	14
4 KUIVAUS .....	15
4.1 Rimoitus .....	15
4.2 Kamarikuivaamon toimintaperiaate .....	16
4.3 Kuivauskaava.....	17
4.4 Kuivausprosessi.....	17
4.5 Kuivauksesta tuleva sahatavara.....	18
5 LUJUUSLAJITTELU.....	19
5.1 Yleistä .....	19
5.2 Oksat.....	19
5.3 Oksasumma .....	20
5.4 Vinosyisyys .....	20
5.5 Tiheys .....	21
5.6 Halkeamat.....	21
5.7 Vajaasärmä .....	21
5.8 Sahatavaran muotoviat .....	21
5.9 Sahatavaran muut viat .....	22
6 RAKENNESAHATAVARA.....	25

6.1	Yleistä .....	25
6.2	Saapuva sahatavara .....	25
6.3	Sormijatkamisen prosessi .....	25
6.4	Lajittelu ja katkenta .....	26
6.5	Jyrsintä.....	26
6.6	Liimaus.....	27
6.7	Puristus .....	28
6.8	Höyläys .....	28
6.9	Lapetaivutuskoe .....	30
6.10	Lähtevä sahatavara .....	32
<b>7</b>	<b>LIIMAPUUKANNAKKEET .....</b>	<b>34</b>
7.1	Yleistä .....	34
7.2	Liimapuukannakkeen valmistus .....	34
7.3	Jatkaminen.....	34
7.4	Höyläys .....	35
7.5	Liimaus.....	35
7.6	Puristus .....	36
7.7	Viimeistely .....	37
7.8	Liimapuukannakkeen työstöt.....	38
7.9	Testaus .....	38
	7.9.1 Lapetaivutuskoe.....	38
	7.9.2 Hyväksyntä .....	39
7.10	Liimapuukannakkeen liimasaumojen delaminointikoe .....	40
<b>8</b>	<b>LAMELLIHIRSI.....</b>	<b>42</b>
8.1	Yleistä .....	42
8.2	Laatuvaatimukset .....	43
8.3	Lamellien työstäminen .....	43
8.4	Liimaus ja puristus .....	44
8.5	Profilointi .....	44
8.6	Lamellihirren liimasaumojen delaminointikoe .....	45
8.7	Erikoistyöstöt.....	45
8.8	Hirsien merkitseminen.....	46
8.9	Pakkaaminen .....	46

9 MUUT RAKENNETARVIKKEET .....	48
9.1 Pilarit .....	48
9.2 Följärit .....	48
9.3 Puutavaravarasto .....	48
9.4 Alihankintatuotteet.....	49
10 YHTEENVETO.....	50
LÄHTEET .....	51
LIITTEET .....	52

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Tuotantoprosessin kuvaus. ....	14
Kuvio 2. Puutavaran asettelu kuivattavaan nippuun. ....	15
Kuvio 3. Kamarikuivaamon toimintaperiaate. ....	16
Kuvio 4. Oksat jatkoksen läheisyydessä. ....	26
Kuvio 5. Sormijatkoksen mitat. ....	27
Kuvio 6. Kutterin jäljen mittaus. ....	29
Kuvio 7. Lapetaivutuskoe rakennesahatavara. ....	30
Kuvio 8. Liimapuukannakkeen jatkokset. ....	35
Kuvio 9. Liimapuukannakkeen liimaus. ....	36
Kuvio 10. Lamellin lapetaivutuskoe. ....	39
Kuvio 11. Delaminointikoekappale. ....	40
Kuvio 12. Hirsivalikoima. ....	42
Kuvio 13. Esimerkkikappaleita ....	46
Taulukko 1. Liimapuukannakkeen lamellien lujuuslajitteluperusteet ....	23
Taulukko 2. Rakennesahatavaran lujuuslajitteluperusteet ....	24
Taulukko 3. Liimauksen raja-arvot ....	28
Taulukko 4. Vaihtelukerroin ....	31
Taulukko 5. Murtuman tyypit. ....	32
Taulukko 6. Vikojen merkintä. ....	32
Taulukko 7. Ominaislujuudet. ....	39
Taulukko 8. Lamellihirren laatuvaatimukset ....	43

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Avoin aika</b>	Liiman avoimella ajalla tarkoitetaan aikaa, jonka liima on liimauskelpoista. Avoimen ajan ylittyessä liimaustulos heikkenee merkittävästi johtuen liiman pintakuivumisesta ennen liimauksen aloittamista.
<b>Delaminointikoe</b>	Liimasaumojen ikääntymistä ja rasiutusta testaava koe, jossa kappaleeseen imeytetään kosteutta ja tämän jälkeen kuivataan alkuperäiskosteuteensa. Liimasaumojen aukeaminen määrittelee delaminointiprosentin.
<b>Dimensio</b>	Kappaleen poikkileikkausmitat.
<b>Följari</b>	Hirsiseinän jäykistämiseen käytettävä pilari.
<b>Hygroskooppinen</b>	Hygroskooppinen materiaali sitoo itseensä kosteutta ja sen kosteuspitoisuus vaihtelee ympäröivän kosteuden mukaan.
<b>Karaura</b>	Hirteen tehtävä ura, johon painuman salliva kara asennetaan. Karoihin asennetaan kiinteät rakennemateriaalit, kuten ikkunat ja ovet.
<b>Kutteri</b>	Höyläskoneen terä.
<b>Lamelli</b>	Liimapuukannakkeen tai lamellihirren osa, joista yhteen liimattuina kappale koostuu.
<b>Mitallistettu</b>	Sahatavara, joka katkaistaan haluttuun mittaan.
<b>Nurkankaula / Salvos</b>	Hirsiseinän nurkan työstetty liitos.
<b>Rakennesahatavara</b>	Lujuuslajiteltua puutavaraa, jota käytetään kantavissa rakenteissa tai niiden valmistuksessa.
<b>Sormijatko</b>	Jatkostyyppi, jossa liitettäviin kappaleisiin lovetaan sormia muistuttavat liitokset, jotka kiinnitetään lomittain toisiinsa.



<b>Syrjä ja lape</b>	Sahatavaran pienempää poikkileikkauksen mitta kutsutaan syrjäksi ja pidempää mitta lappeeksi.
<b>Tapitus</b>	Päällekkäisten hirsien sisään lyötävä puutappi, joka jäykistää seinärakennetta.
<b>Täkkipultti</b>	Kuusiokantainen ja harvakierteinen ruuvi, jota käytetään muun muassa liimapuukannakkeiden kiinnittämisessä sekä jatkamisessa.
<b>Urospontti</b>	Hirren yläpuolella oleva uloke, joka liitetään naarasponttiin eli hirren varaukseen.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Ajatus opinnäytetyöhön syntyi vuonna 2012, kun opinnäytetyön tekijä oli projektiopintoinaan mukana laatimassa yrityksen laatukäsikirjaa. Opinnäytetyön aihe kehittyi Finnlamelli Oy:n tarpeesta tehostaa työntekijöiden tietämystä tuotannon eri vaiheista ja näin luoda kokonaiskuva tuotannon eri vaiheista työntekijöilleen.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Työn tavoitteena on laatia tuotantoprosessin kuvaus sahatavaran saapumisesta ja valmistumisesta toimitettavaksi hirsirakennukseksi. Tarkoituksena on käydä läpi jokainen työvaihe ja eritellä erilaisille tuotteille tehtävät toimenpiteet ennen kuin ne ovat valmiita toimitettavaksi asiakkaalle. Työssä ei perehdytä tarkemmin tilauksen toimitukseen tai sen jälkeisiin toimiin, kuten pystytykseen, myyjän tai asiakkaan kannalta.

## 1.3 Finnlamelli Oy

Yritys perustettiin Alajärvellä vuonna 1995, mutta tuotannollinen toiminta alkoi kuitenkin vasta vuonna 1996. Finnlamelli Oy on liimattujen puurakenteiden valmistukseen ja markkinointiin erikoistunut yritys. Lisäksi yrityksen toimintaan hirsirakennusten toimituksen lisäksi kuuluu rakennus- ja puuteollisuuden käyttöön menevät liimapuukannakkeet, sormijatkettu rakennesahatavara, liimatut pilarit sekä hirsiaihiot.

Tällä hetkellä Finnlamelli Oy työllistää noin 130 henkilöä, joista hieman yli puolet työskentelevät tuotannossa. Yrityksen tekemä yhteistyö VTT:n kanssa takaa tuotteiden laadun useiden laatusertifikaattien mukaisesti. (Finnlamelli 2013a.)

Pääasiassa Finnlamellin toimitukset ovat asiakkaan toiveiden mukaisia hirsirakennuksia. On kuitenkin olemassa vakiomallisto, jonka pohjalta yleensä muutoksia asiakkaan toiveiden mukaan lähdetään tekemään. Finnlamelli tekee myös TimberFrame-rakennuksia, jotka perustuvat pilari- ja palkkirakenteeseen.

Vuonna 2007 Finnlamellilla otettiin käyttöön uusi hirrentyöstölinja, joka mahdollistaa erikoistyöstöjen tekemisen samanaikaisesti yhdellä ja samalla linjalla. Keväällä 2013 valmistuu uusi hirrentyöstölinja, joka korvaa aiemman vuonna 2008 valmistuneen hirrentyöstölinjan. Linja on työstömahdollisuuksiltaan yhdenmukainen 2007 käyttöönotetun ja lokakuussa 2012 uusitun työstölinjan kanssa. Uudet työstölinjat monipuolistavat ja tehostavat entisestään yrityksen hirrentyöstömahdollisuuksia sekä lisäävät merkittävästi työstökapasiteettia jopa reiluun tuhanteen hirsirakennusyksikköön vuodessa. (Finnlamelli 2013b.)

Vientitoiminta on tärkeä osa yritystä, koska lähes puolet tuotannosta keskittyy vientiin. Tästä johtuen Finnlamellilla onkin kattava jälleenmyyntiverkosto useassa eri maassa. Viennin osuudesta suurin osa päättyy Venäjälle. Muu osuus viennistä jakautuu muualle, esimerkiksi Keski-Eurooppaan ja Japaniin. Laadun takeena viennissä Finnlamellilla on käytössä kohdemaiden laatusertifikaatit. (Finnlamelli 2013c.)

## 2 HIRSI RAKENNUSMATERIAALINA

### 2.1 Hirsiseinän toiminta

Hirsiseinän toiminta perustuu sen massiivisuuteen, kosteuden sitomiskykyyn sekä rakenteen hengittävyteen. Hirren ollessa hygroskooppista materiaalia se tasaa sisäilman kosteutta sitomalla kosteutta itseensä. Näin sisäilman suhteellinen kosteusprosentti pysyy miellyttävänä. Hirsiseinän kosteus vaihtelee ilman suhteellisen kosteuden mukaan ollen voimakkainta hirren sisä- ja ulkopinnoilla. Vuotuinen keskimääräinen kosteuden vaihtelu on noin prosentin luokkaa. (Hirsirakentajan suunniteluopas 1996, 33.)

Hirsiseinä lämpenee hitaasti, mutta varaa lämpöä luovutettavaksi lämpötilan las-  
kiessa. Hirsiseinän lämmitessä hitaasti se ei siirrä lämpöä sisäilmaan, mikäli ulko-  
puolinen seinä on esimerkiksi suorassa auringon paisteessa kesällä. Näin huoneilma pysyy miellyttävän viileänä myös kuumina kesäpäivinä. Hirsiseinän niin kut-  
suttu hengittäminen tapahtuu pääasiassa hirren saumojen kautta. (Lauharo 2002,  
17.)

Hirsiseinän toimintaperiaatteen takia hirsiseinässä ei käytetä höyrynsulkua. Lisäksi mahdollisessa lisäeristyksessä tulisi käyttää puukuitueristettä tai muuta vastaavaa materiaalia, joka vastaa toiminnallisilta ja ominaisuuksiltaan hirsiseinää. (Lauharo 2002, 18.)

### 2.2 Painuma ja kutistuminen

Rakenteiden painuminen kuuluu luonnollisena osana hirsirakentamiseen. Monen päällekkäin asennetun hirren muodostama seinärakenne painuu ajan myötä. Suu-  
rimmat painumista aiheuttavat tekijät ovat hirren kutistuminen kuivuessaan ja raken-  
teen tiivistyminen yläpuolisen kuorman vaikutuksesta. Hirren kuivuessa tasapaino-  
kosteuteen sitä ympäröivän ilman kanssa tapahtuu hirren kutistumista. Tämä ilmiö  
käsitetään yleensä hirsirakennuksen painumana. Lamellihirren kuivumisesta johtu-  
van painuman arvona voidaan käyttää keskimäärin 10 mm/m. Lisäksi seinä tiivistyy

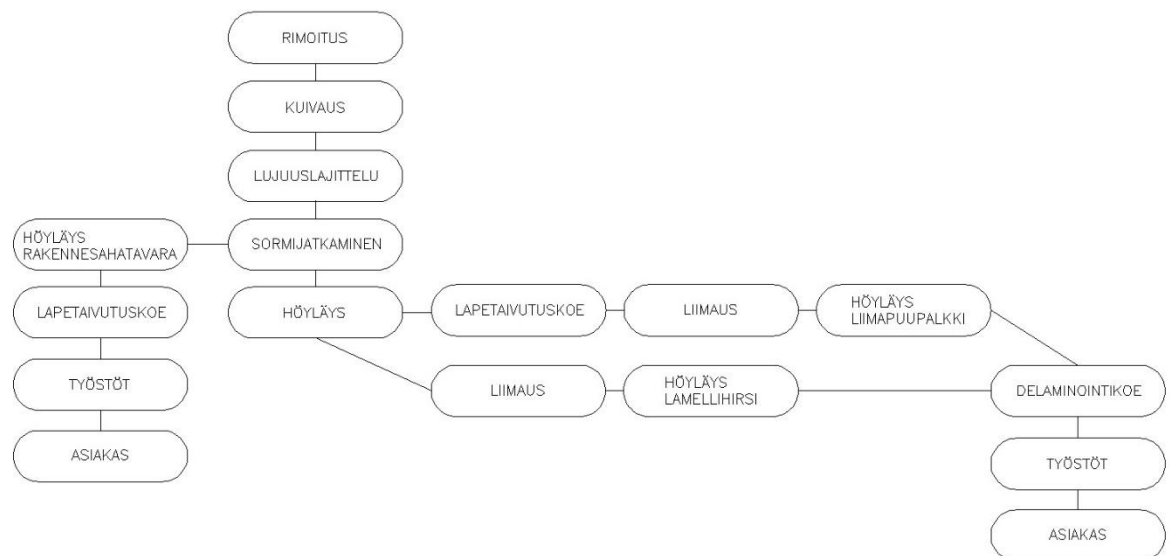
jonkin verran saumoista ajan kuluessa. Pääosa painumisesta tapahtuu kahden ensimmäisen vuoden aikana. (Saarelainen 1993, 82; Hirsitalon rakentaminen 2006, 10.)

### **2.3 Halkeilu**

Hirsiseinän halkeilu johtuu puun kuivumisesta. Puu kutistuu eri tavalla eri suunnissa. Kutistuminen on kehän suunnassa noin kaksi kertaa enemmän kuin säteen suunnassa. Halkeamisen täydellinen eliminoiminen ei ole mahdollista, vaan se kuuluu rakenteen luonteeseen. Halkeamien määrään ja suuruuteen voidaan vaikuttaa laadukkaalla puumateriaalilla sekä oikealla kuivauksella ja jälkikuivattamisella rakennusvaiheen jälkeen. Hirsien halkeilu on vähäisintä silloin, kun kuivuminen lopputilaan tapahtuu hitaasti. Tästä syystä hirsirakennuksen lämmittäminen on aloitettava varovasti, vähitellen lämpötilaa nostaen noin 1–2 °C vuorokautta kohden. Halkeamilla ei katsota olevan yleensä haitallista vaikutusta lämmönjohtumis- ja lujuusarvoihin. (Saarelainen 1993, 84; Hirsirakentajan suunnitteluopas 1996, 13.)

### 3 TUOTANTOPROSESSIN KUVAUS

Sahatavaran saapuessa tuotantoon se siirtyy ensin rimoitukseen, jossa sahatavara asetellaan nippuun kuivattavaksi. Rimoituksen jälkeen sahatavara siirretään kuivaukseen, jonka jälkeen se tarvittaessa lujuuslajitellaan. Lujuuslajittelun jälkeen sahatavara siirtyy sormijatkoon. Sormijatkamisessa sahatavara jatketaan täyteen pituuteensa ja osa jatketuista kappaleista siirtyy testaukseen jatkoksen lujuuden varmistamiseksi. Koetulosten ollessa hyväksytyt sahatavara höylätään rakennesahatavaraksi tai lamelleiksi. Liimapuurakenteisiin menevistä lamelleista osa testataan vaadittavan lujuuden varmistamiseksi. Lamellit liimataan ja työstetään liimapuupalkeiksi, pilareiksi tai lamellihirreiksi. Liimapuupalkeista sekä lamellihirsistä otetaan näytteet testattavaksi, jossa testataan liimasaumojen kestävyys. Valmiisiin kappaleisiin tehdään asiakaskohtaiset työstöt, minkä jälkeen ne ovat valmiita toimitettavaksi asiakkaalle. Kuviossa 1 on esitetty puutavaran eteneminen tuotannossa.

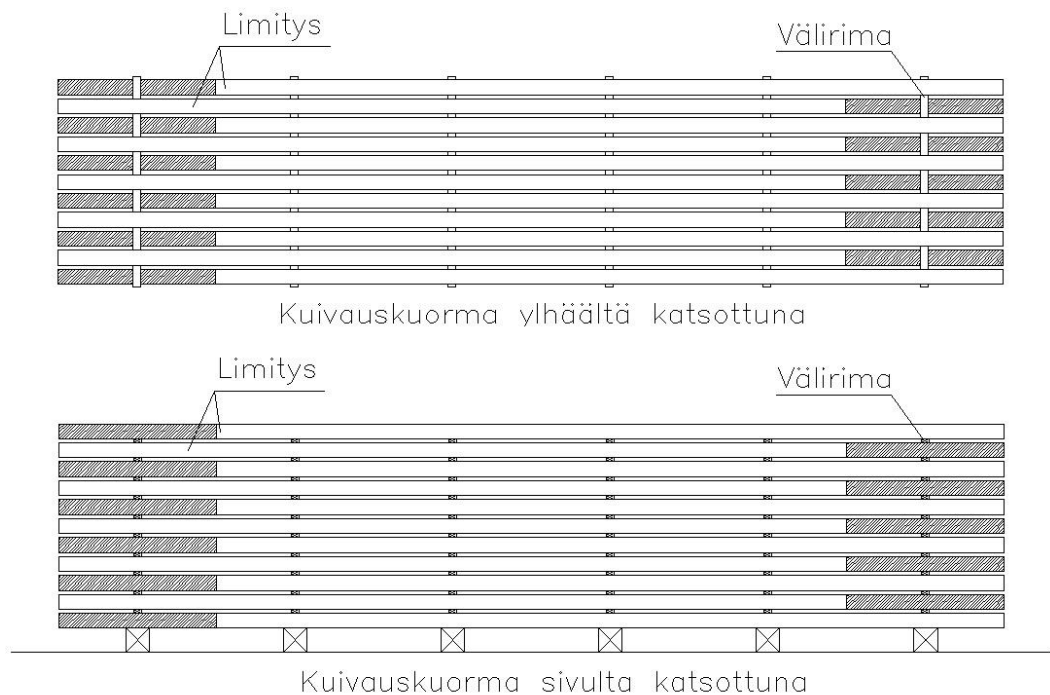


Kuvio 1. Tuotantoprosessin kuvaus.

## 4 KUIVAUS

### 4.1 Rimoitus

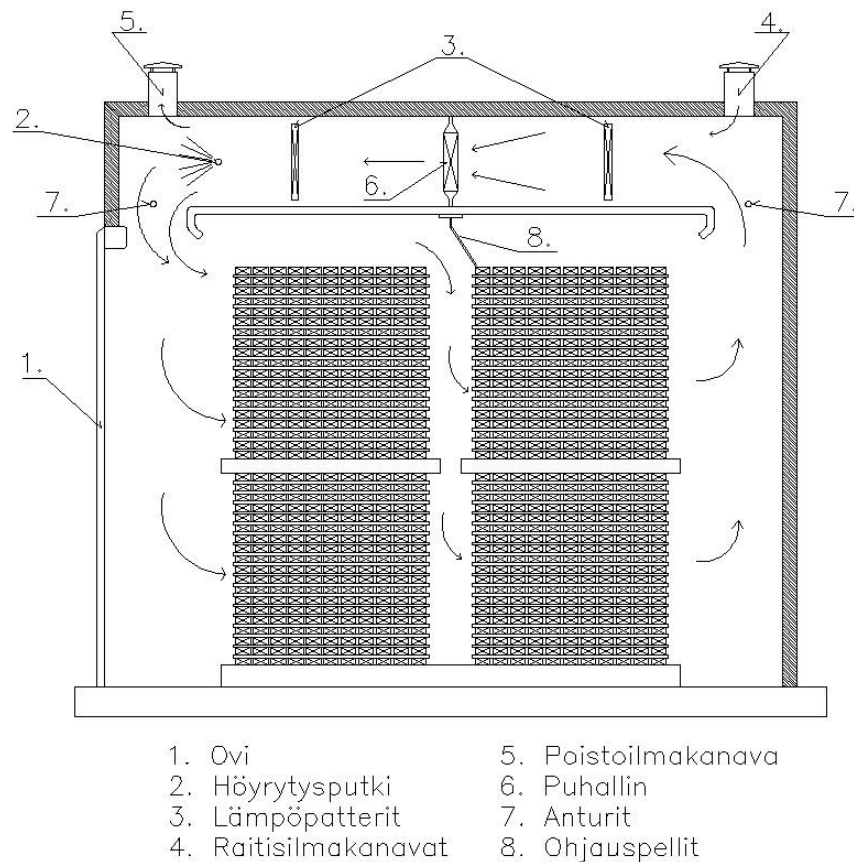
Kuivausnipun ladonta suoritetaan koneellisesti. Sahatavaranippu ajetaan kuljettimelle, josta materiaali siirtyy kerroksittain kuivattavaan nippuun. Kuivattava puutavara asetellaan kerroksiin niin, että joka toinen kappale on toisessa päässä ja viereinen toisessa. Tämä on esitetty kuviossa 2. Tällä mahdollistetaan hyvä ilmankierto kuivattavan puutavaranipun sisällä ja pystytään hyödyntämään koko kuivauskamarin tarjoama leveys. Sahatavaran ollessa riittävän pitkää kuivaamoon nähden käytetään molemmista päistä tasaista ladontaa. Välirimat asetellaan jokaiseen kerrokseen kohtisuorasti kuivattavaan erään nähden. Välirimoja tulee 5–7 kappaletta riippuen kuivauserässä olevan puutavaran dimensiosta. Alle 50 mm dimensiolla käytetään 7 välirimaa. Välirimat asetellaan siten, että ne kohdistuvat kuivaamossa olevien aluspuiden päälle. Näin vältetään kuormasta aiheutuvat jännitykset kuivattavassa materiaalissa. Ladonnan jälkeen kuivausnippu sidotaan vanteilla. Kuivattavaan nippuun merkitään pakettin mitat, dimensio sekä puulaji. Tämän jälkeen sahatavara siirryy kuivaukseen. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 2. Puutavaran asettelu kuivattavaan nippuun.

## 4.2 Kamarikuivaamon toimintaperiaate

Kamarikuivaamo on yleisin tunnetuista puun kuivausmenetelmistä. Kamarikuivaamon toimintaperiaate on esitetty kuviossa 3. Kamarikuivauksessa kuivattava erä lastataan kamariin, ja se pysyy koko kuivausprosessin ajan paikallaan. Toimintaperiaate perustuu lämpötilan, kosteuden sekä ilmavirran säätelyyn. Kiertoilmapuhaltimet kierrättävät ilmaa lämmityselementtien läpi, ja ilmavirtaan lisätään kosteutta toimintatavasta riippuen joko korkea- tai normaalipaineisena sumuna/höyrynä. Kamarissa vallitsevaa ilman suhteellista kosteusprosenttia sekä lämpötilaa säädelään poisto- ja raitisilmakanavien avulla. Ohjauspelti, joka kääntyy puhallussuunnan vaihtuessa, ohjaa ilmavirtaa kuivattavan puumateriaalin läpi. Yksinkertaisemmassa rakenteessa ilmavirran kulkeutuminen kuivauserän yli estetään nippujen päällä olevilla ilmaesteillä. Ilmavirran suuntaa muutetaan määrääjoin, jolla varmistetaan tasainen kuivuminen. Kamarikuivauksessa käytettävä lämpötila on yleisimmin noin 50–70 °C. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 3. Kamarikuivaamon toimintaperiaate.



### 4.3 Kuivauskaava

Kuivausohjelma eli kuivauskaava valitaan puulajin, dimension, sahatavaran kosteusprosentin sekä vallitsevien olosuhteiden mukaan. Kuivauskaavan mukaan säädetään tietokoneohjatusti kuivaamon kuivausilman lämpötilaa ja ilman suhteellista kosteutta kuivauksen edetessä. Kuivausilman kiertosuuntaa muutetaan määräjain. Ilman virtausnopeus pysyy kuivauksen ajan määritettynä vakiona. (Finnlamelli Oy 2012.)

Esimerkki kuivauskaavasta ja kuivausprosessin kulusta on esitetty liitteessä 1. Kosteusprofiili valmiissa kappaleessa on esitetty liitteessä 2.

### 4.4 Kuivausprosessi

Kuivausprosessi alkaa kuivaamon lastaamisella. Kuivattavat puutavaraniput nostetaan aluspuiden päälle niin, että välirimat ovat täsmälleen aluspuiden päällä. Kuivattavia nippuja voidaan pinota useita päällekkäin kuivaamon sallimissa mitoissa. Ylimmän kuivattavan nipun päälle voidaan nostaa painokuorma vähentämään ylimpien ladontakerrosten vääntymiä. Vierekkäisten puutavaranippujen väliin on jätävä noin 10 cm tila vapaan ilmankierron varmistamiseksi. Mikäli kamaria ei saada täyteen, vajaakorkuinen nippu sijoitetaan aina reunalle. Kuivausnipun päihin asetetaan ilmaesteet, jotta ilmavirta kulkeutuu kuivattavan puutavaran läpi. Näin pystytään vähentämään kappaleiden päissä tapahtuvaa nopeampaa kuivumista. Kuivauserässä sallitaan vain yhtä dimensiota kerrallaan. (Finnlamelli Oy 2012.)

Kuivausprosessi aloitetaan alkulämmitysvaiheella, jossa kamarin lämpötila nostetaan lähelle kuivauksessa käytettävään maksimi lämpötilaa. Tässä vaiheessa suhteellista kosteusprosenttia nostetaan, jotta vältetään sahatavaran nopealta pinta-kuivumiselta, joka aiheuttaa helposti halkeilua. Alkulämmityksen tarkoituksena on lämmittää sahatavara sekä kuivaamon rakenteet kuivauslämpötilaan sekä tasata kosteuseroja kuivattavien kappaleiden välillä. Alkulämmityksen aikana sahatavaran sisäisten jännitysten syntyminen on hyvin epäsäännöllistä. Alkulämmityksen jälkeen kuivauslämpötila nostetaan suurimpaan kuivauskaavan määrittämään lämpötilaan

ja pidetään vakiona kuivauksen loppuun saakka. Suhteellisen kosteusprosentin laskiessa sahatavaran sisäiset jännitykset ovat suurimmillaan ja kääntyvät laskuun suhteellisen kosteusprosentin vakiintuessa. Suhteellisen kosteusprosentin laskettua halutulle tasolle seuraa tasainen vaihe, jonka aikana lämpötila ja suhteellinen kosteusprosentti pidetään vakaana. Sahatavaran kosteusprosentin saavuttaessa ja vakiintuessa haluttuun arvoon kuivausilman suhteellista kosteutta nostetaan muutamaksi tunniksi, jolloin sahatavaran sisäiset jännitykset häviävät. Kuivausprosessin jälkeen tarkistetaan sahatavaran kosteusprosentti. Mikäli kosteusprosentti on jäänyt liian korkeaksi, korjataan kuivauskaavaa ja jatketaan kuivausta, kunnes tavoitearvo on saavutettu. (Finnlamelli Oy 2012.)

#### **4.5 Kuivauksesta tuleva sahatavara**

Kuivauksesta tulevan sahatavaran kosteusprosentti mitataan ja varmistetaan, että haluttuun kosteusprosenttiin on päästy. Mikäli kosteusprosentti on vielä liian korkea, kuivauserä siirretään takaisin kuivaukseen ja tarkistetaan kuivauskaava. Vastavasti myös kosteusprosentin ollessa tavoitetta alhaisempi tarkastetaan kuivauskaava. Mikäli kosteusprosentti on haluttu, sahatavara siirretään kuljettimelle ja ladataan koneellisesti tasapäiseksi nipuksi. Tämän jälkeen paketti suojataan muovilla ja sidotaan vanteilla. Pakettiin merkitään mitat, dimensio sekä puulaji. Sahatavara on valmista siirtymään tuotantoon. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 5 LUJUUSLAJITTELU

### 5.1 Yleistä

Pääasiassa käytössä on koneellisesti lujuuslajiteltua puutavaraa, mutta ajoittain joudutaan käyttämään myös visuaalista lajittelua. Lujuuslajittelussa sahatavara arvostellaan samalla tavalla koko pituudeltaan. Yleensä sahatavara kuitenkin sormijatkeaan, jolloin puutavaran päihin voidaan jättää vikoja, jotka jatkamisen yhteydessä poistetaan. Ennen lujuuslajittelua tarkistetaan lajiteltavasta erästä dimensio ja kosteusprosentti. Ennen lujuuslajittelun aloittamista voidaan tutkia lajiteltavaa erää pintapuolisesti. Kappaleiden päästä voidaan tarkastella vuosirengasvälejä, jotka kertovat sen, onko tiheyttä seurattava erityisen tarkasti. Kappaleiden päistä voidaan havaita myös lyllyn, lahon ja vajaasärmän esiintyminen lajiteltavassa erässä. Jos sahatavara halkaistaan, lujuuslajittelu suoritetaan vasta halkaisun jälkeen. Lujuuslajittelu suoritetaan kappaleiden liimauskosteudessa. (Finnlamelli Oy 2012.)

### 5.2 Oksat

Oksat ovat sahatavaran ominaisuus, joka yleensä määrää sahatavaran lujuusluokan. Oksista syrjällä sijaitsevat ovat määräävimmit. Lujuuslajittelu on käytännössä suoritettava siten, että ensin etsitään suurin syrjäoksa ja määritellään sen suhde lamellin paksuuteen ja tästä johtuva lujuusluokka. Tämän jälkeen tarkastetaan pinta- ja sydänlape, onko siellä oksia, jotka alentavat lujuusluokkaa. Kaikki oksat laadusta ja muodosta riippumatta mitataan lujuuslajittelussa samalla tavalla kohtisuoraan sahatavaran pituutta vastaan. Jos oksat ovat samassa syyhäiriössä siten, ettei niiden väliin jää suorasyistä puuta, ne mitataan yhtenä oksana. Toisensa peittävät lähekkäiset oksat mitataan yhteisen mitan mukaan. Syrjäoksan koko ilmoitetaan suhteena vastaavan syrjän mittaan ja lapeoksan koko suhteena lappeen mitaan. Kulmaoksa muutetaan ohjeitten mukaisesti syrjäoksaksi. (Finnlamelli Oy 2012.)

Liimapuupalkkeihin tulevista lamelleista oksat mitataan lamellien pintalappeelta ja syrjiltä. Kulmaoksa, joka on kokonaan kappaleen poikkileikkauksen uloimpaan syrjään liittyvässä viidenneksessä, mitataan vain pintalappeelta. Sydänlapeella olevia lehti-, sarvi- ja viiksioksia ei yleensä mitata. Syrjäoksan kokoon vaikuttaa myös lamellin leveys, raja-arvona näillä määrittelyillä on 90 mm. Oksaa, joka esiintyy kappaleen molemmilla syrjillä, ei sallita luokissa LT40 ja LT30. Luokissa LT20 ja LT10 tällaisen oksan suurin koko on puolet yhdellä syrjällä olevan oksan sallitusta mitasta. Jos sahatavarassa on lujuusluokkaansa nähden suuri tiheys, oksavika voi hieman ylittyä sallitusta määrästä. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **5.3 Oksasumma**

Oksasumma on kaikkien pintalappeella ja molemmilla syrjillä olevien oksien mittojen summa yhteenlaskettuna sahatavaran leveyden pituiselta alueelta. 150 mm leveämmissä tavaroissa oksat lasketaan kuitenkin vain 150 mm:n pituiselta matkalta. Alle 8 mm oksia ei lasketa mukaan. Kulmaoksan osalta lasketaan oksasummaan se mitta, joka on syrjä- tai lapemitasta suurempi. Oksasumman määrä on suurimman sallitun syrjäoksan mitta lisättynä suurimman sallitun lapeoksan mitalla. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **5.4 Vinosyisyys**

Kun vinosyisyyttä on samalla kohtaa sekä syrjällä että lappeella, sitä kutsutaan kierresyisyydeksi. Myös kierous voi osoittaa, että sahatavarassa on vinosyisyyttä. Vinosyisyys mitataan siltä sivulta ja siltä kohtaa, jossa se on suurimmillaan. Tämä havaitaan lappeen tai syrjän halkeamien sekä värijuovien perusteella. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 5.5 Tiheys

Lujuuslajittelussa tiheys ilmoitetaan tavallisesti 15 %:n kosteudessa. Tiheys arvioidaan sahatavarakappaleen poikkileikkauksesta kesäpuuprosentin ja vuosirengasvälin avulla. Vuosirengasväli arvioidaan sahatavaran molemmista päistä poikkileikkauksen pisintä sädettä pitkin ja ilmoitetaan keskimääräisenä arvona millimetreinä. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 5.6 Halkeamat

Syvyys lasketaan kohtisuorana mittana sahatavaran lapetta vastaan. Samalla kohdalla olevat vastakkaiset halkeamat lasketaan yhteen. Halkeaman pituutta ei rajoiteta. Liimapuupalkkiin tulevan lamellin rengashalkeamasta määritellään myös sen leveys ja paikka sahatavaran keskikohtaan nähden. Liimapuupalkkiin tulevassa lamellissa läpimenevä halkeama saa olla 500 mm pitkä 3 m pituisella osalla. Halkeamaa, jonka kaltevuus lappeen tasosta on pienempi kuin  $45^\circ$  ei sallita. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 5.7 Vajaasärmä

Vajaasärmä mitataan sivun puuttuvan osan suhteena vastaavan sivun nimellismittaan. Saman sivun eri särmissä olevat puuttuvat osuudet lasketaan yhteen ainoastaan, jos ne ovat samalla kohdalla. Vajaasärmä mitataan siltä kohtaa, jossa se on suurimmillaan eikä sen pituutta rajoiteta. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 5.8 Sahatavaran muotoviat

Syrjä- ja lapevääryyden tarkistamista varten käytetään 2 m pitkää suoraa lautaa, joka asetetaan syrjää tai lapetta vasten, jolloin vääryyden millimetrimäärä saadaan selville. Kierouden mittaaminen suoritetaan toisistaan 2 m päässä olevien samansuuntaisten tukien päällä. Koveruus mitataan sahatavaran koko leveydeltä tasaista pintaa vasten asetettuna. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 5.9 Sahatavaran muut viat

Sahatavaran muihin vikoihin kuuluvat

- korot, rosot ja pihkakolot, jotka mitataan pituus, leveys ja syvyys suunnassa
- lyly, jonka määrä arvioidaan silmämääräisesti. On kuitenkin huomioitava, kuinka epäkeskeisesti lyly sijaitsee sahatavaran poikkileikkauksessa
- sinistymät, jotka arvioidaan silmämääräisesti
- kova laho, joka ei kynnellä painettaessa tunnu tervettä puuta pehmeämmältä. Kova laho arvostellaan silmämääräisesti. Pehmeää lahoa ei sallita lujuuslajittelussa.
- hyönteisvahingot, jossa otetaan huomioon toukanreiän koko ja syvyys. Arvostelu suoritetaan silmämääräisesti.
- kuori, jota ei sallita kuin kuorioksan ja kaarnaoksan yhteydessä
- poikkisyisyys eli voimakas vinosyisyys, jota ei sallita lujuuslajittelussa
- latvavika ja poikaoksa, jotka arvioidaan siitä, kuinka keskeisesti ne ovat sijoittuneet sahatavaran poikkileikkauksessa.

Rakennesahatavaran ja liimapuupalkkeihin tulevien lamellien lujuuslajittelukriteereissä on eroja. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty kriteerit liimapuupalkkeihin tuleville lamelleille sekä rakennesahatavaralle eri lujuusluokissa. (Finnlamelli Oy 2012.)

Taulukko 1. Liimapuukannakkeen lamellien lujuuslajitteluperusteet (Finnlamelli Oy 2012.)

Ominaisuuden nimi	Ominaisuuden sallittu määrä			
	LT40	LT30	LT20	LT10
Oksat, suhde vastaavaan sivuun syryllä $b < 90\text{mm}$ syryllä $b \geq 90\text{mm}$ lapeella lapeella korkeintaan	t/4 t/3 b/5 30 mm	t/3 t/2 b/4 50 mm	t/2 2t/3 b/3 60 mm	2t/3 t b/2 75 mm
Oksasumma	Suurimman sallitun syry- ja lapeoksan summa			
Poikaoksa, latvavika	Ei sallita		Sallitaan b/2 keskellä	
Tiheys $\text{kg/m}^3$ mänty	500	450	400	350
Kosteus 15% kuusi	470	420	370	320
Vuosirengasväli	3 mm	5 mm	8 mm	12 mm
Vinosyisyys	1:14	1:10	1:7	1:5
Poikkisyisyys	Ei sallita			
Lyly	Ei sallita	Sallitaan pienissä määrin		
Halkeamat syvyys $< t$ syvyys $= t$ rengashalkeamat kaltevuus $< 45^\circ$	Sallitaan Pituus = 0,5 m Ei sallita Ei sallita		Sallitaan Pituus = 0,5 m b/4 keskellä Ei sallita	
Muotoviat syryväryys 2m matkalla lapeväryys kierous koveruus	3 mm	6 mm	10 mm	13 mm
Vajaasärmä syryllä lapeella	b/10 b/6			
Kaarnaroso pituus syvyys leveys	b t/6 b/5	2 x b t/4 b/5	3 x b t/3 b/5	
Sinistymä pinta tukki	Lievää Ei sallita	Salli- taan Lievää	Sallitaan Sallitaan	
Laho kova pehmeä	Ei sallita Ei sallita		Lievää Ei sallita	
Toukan reiät	Ei sallita	Pieniä reikiä sallitaan rajoitetusti		
Pihkapuu	Ei sallita	Sallitaan pienissä määrin		
Vesipuu	Ei sallita	Sallitaan pienissä määrin		
Kuori	Ei sallita			

Taulukko 2. Rakennesahatavaran lujuuslajitteluperusteet  
(Finnlamelli Oy 2012.)

Ominaisuuden nimi	Ominaisuuden sallittu määrä			
	T40	T30	T24	T18
Oksat. suhde sivuun SO=syrjällä LO=lapeella	t/4 b/8	t/3 b/6	t/2 b/4	2t/3 b/3
Oksasumma = SUM	Suurimman sallitun syrjä- ja lapeoksan mittalukujen summa			
Poikaoksa, latvavika	Ei sallita	b/3, keskellä	b/2, keskellä	
Tiheys kg/m <sup>3</sup> Mänty	500	450	400	350
Kosteus 15% Kuusi	470	420	370	320
Vuosirengasväli	3 mm	5 mm	8 mm	12 mm
Vinosyisyys	1:14	1:10	1:7	1:5
Poikkisyisyys	Ei sallita			
Lyly	Ei sallita	Vähän	Sallitaan	
Halkeamat Kuivaushalk. Rengashalk.	t/4 Ei sallita	t/3 t/4	t/2 t/3	
Muotoviat Syrjävääritys 2m Lapevääritys matkalla Kierous Koveruus	3 mm 10 mm b/40 b/40	6 mm 13 mm b/25 b/25	10 mm 17 mm b/20 b/20	13 mm 20 mm b/15 b/15
Vajaasärmä Syrjällä Lapeella	t/4 b/6	t/3 b/4	t/2 b/3	
Kaarnaroso Pituus Syvyys Leveys	b t/6 b/5	2 x b t/4 b/5	3 x b t/3 b/5	
Sinistymä Pinta Tukki	Lievää Ei sallita	Sallitaan Lievää	Sallitaan Sallitaan	
Laho Kova Pehmeä	Ei sallita		Lievää	
	Ei sallita			
Toukan reiät	Ei sallita	Pieniä reikiä sallitaan rajoitetusti		
Pihkapuu	Sallitaan			
Vesipuu	Ei sallita	Sallitaan		
Kuori	Ei sallita			



## **6 RAKENNESAHATAVARA**

### **6.1 Yleistä**

Sormijatketulla rakennesahatavaralla tarkoitetaan puutavaraa, joka on jatkettu pituussuunnassa joko syrjän tai lappeen suuntaisella sormiliitoksella. Sormijatkamalla voidaan valmistaa normaalia pidempää sahatavaraa, joka täyttää sille asetetut rakennesahatavaran lujuusvaatimukset. Sormijatkamalla voidaan myös vähentää hukkaprosenttia valmistettaessa mitallistettua rakennesahatavaraa. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **6.2 Saapuva sahatavara**

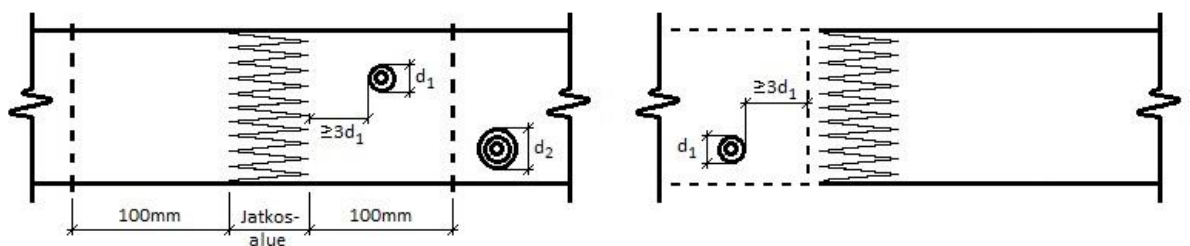
Sormijatkoon saapuvasta sahatavarasta mitataan kosteusprosentti ja puun lämpötila. Myös lujuusluokka, dimensio sekä puulaji tarkistetaan. Kosteusprosentin tulee olla 8–16 %. Kosteus tarkistetaan ennen liimausta vähintään 2 % kappaleista jokaisesta liimattavasta erästä. Tarkistus suoritetaan tasaisena otantana liimattavasta erästä, ei siis lähekkäin olevista kappaleista. Yhteen liitettävien kappaleiden kosteusero saa olla korkeintaan 5 % ja puun lämpötila jatkoksessa on oltava vähintään 15 °C. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **6.3 Sormijatkamisen prosessi**

Sahatavarakappaleet syötetään sormijatkoslinjalle yksitellen pituussuunnassa ja työstetään jatkos kerrallaan. Jatkettavan sahatavaran päät tasataan ja poistetaan mahdolliset jatkosta heikentävät tekijät jatkosalueelta. Jatkoksen molemmat sormet jyrsitään yhtäaikaisesti. Tämän jälkeen liitokseen levitetään liima koneellisesti ja liitosta puristetaan vähintään 2 sekuntia. Puristusaika riippuu sahatavaran dimensioista, lämpötilasta, puristuspaineesta ja käytettävästä liimasta. Puristuksen jälkeen jatkettu sahatavara katkaistaan haluttuun mittaan. Liitoksen tulee kovettua ennen testausta ja siirtymistä eteenpäin tuotannossa. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 6.4 Lajittelu ja katkonta

Sahatavara katkaistaan ja tasataan siten, ettei jatkosalueella ole oksia, syyhäiriöitä, pihkataskuja eikä muita vikoja, jotka heikentävät jatkosta tai haittaavat liimausta. Lähempänä kuin 100 mm etäisyydellä jatkoksesta saa olla yli 6 mm oksia ainoastaan kolme kertaa oksan mitan etäisyydellä, kuten kuviossa 4 on esitetty. Tämä koskee myös sahatavaran poistettua osuutta. Sahatavara on katkaistava niin, että muotoviat eivät vaikuta haitallisesti jatkamiseen. Jatkosalueella vajaasärmää sallitaan 1 % sahatavaran poikkileikkauksesta. Lujuuslajitellussa puutavarassa jatkettavien kappaleiden pituus tulee olla vähintään 60 cm. (Finnlamelli Oy 2012.)

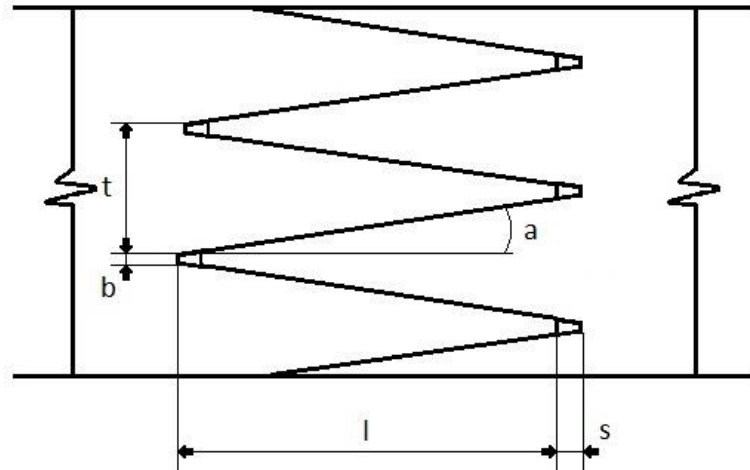


Kuvio 4. Oksat jatkoksen läheisyydessä.

## 6.5 Jyrsintä

Jyrsinnän kannalta on oleellista, että terät ja vasteet ovat sellaisessa kunnossa, ettei repimistä pääse tapahtumaan. Sormien on sovittava hyvin yhteen niin, että sormien kärjet eivät pääse osumaan liitettävässä kappaleessa olevien sormien pohjaan. Poikkileikkauksen kaikki sormet jyrsitään yhtäaikaaisesti ja kohdistetaan siten, että yhteen liitettäessä puutavaran mitat täyttävät seuraavat mittavaatimukset:

- Sahatavaran leveyden ollessa  $\leq 100$  mm raja-arvoina puutavaran mitoille pidetään väliä  $-1\text{mm}$  ja  $+3\text{mm}$ .
- Sahatavaran leveyden ollessa  $> 100$  mm raja-arvoina puutavaran mitoille pidetään väliä  $-2\text{mm}$  ja  $+4\text{mm}$ .



Kuvio 5. Sormijatkoksen mitat.

$l$  = Sormen pituus 20mm

$t$  = Sormijako 6,2mm

$k$  = Kärjen paksuus 1,0mm

$b$  = Pohjan leveys 0,8mm

$e$  = Suhteellinen liitosvara  $s/l$

$e \approx 0,03$ .

$s$  = Liitosvara

$b/t$  = Heikennysaste  $\leq 0,18$

$2l/t$  = Suhteellinen liimauspinta-ala

$a$  = Kylkikulma

Sormijatkoksen mitat on esitetty kuviossa 5. Hyväksytty sormimuoto saa muuttua leveyssuunnassa korkeintaan sen verran, että heikennysaste muuttuu 10 %. Sormen pituus saa muuttua niin, että suhteellinen liimauspinta-ala muuttuu 5 %. Sormien pohjiin ei saa syntyä lujuutta heikentäviä halkeamia. Poikkileikkauksen sormet kohdistetaan siten, että yhteen liitettäessä puutavara ei jää hammastamaan reunoista. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 6.6 Liimaus

Liimoitus tapahtuu välittömästi jyrinnän jälkeen. Puun kosteuden liimaushetkellä tulee olla 8–16 % ja liitettävien kappaleiden kosteuseron enintään 5 %. Liimauksen raja-arvot on esitetty taulukossa 3. EN 385 vaatimuksen mukaisesti liiman levityksen tulee olla sellainen, että liima peittää kaikki jatkoksen sormet. Tämä voidaan varmistaa siten, että puristuksessa liimaa pursuaa ulos kaikista sormiväleistä. Tämä saavutetaan noin  $300 \text{ g/m}^2$  levitysmäärällä. Liimauksessa tulee ottaa huomioon

käytettävän liiman avoin aika, joka on 20 °C lämmössä, 65 % ilman suhteellisessa kosteudessa ja 12 % puun kosteudella 15 minuuttia. Korkeampi puun kosteus lyhentää avointa aikaa. Mikäli liimaa ei ole silmämääräisesti tarpeeksi tai sitä on liikaa, levitysmäärää muutetaan oikeaan suuntaan. (Finnlamelli Oy 2012.)

Taulukko 3. Liimauksen raja-arvot  
(Finnlamelli Oy 2012.)

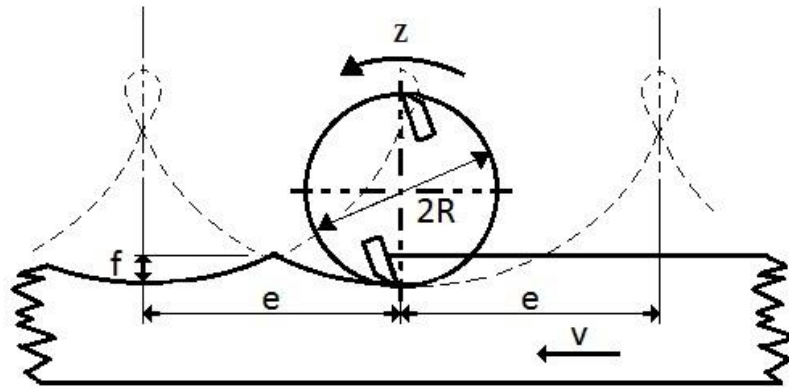
	Max. kosteus	Min. puun lämpötila	Aihioiden max. kosteusero
Liimapalkki lamelli	16 %	15 °C	5 %
Sormijatkettu rakenne	16 %	15 °C	5 %
Lamellihirsi	16 %	15 °C	5 %

## 6.7 Puristus

Puristuksessa täytyy huomioida, ettei sormien pohjiin synny lujutta heikentäviä halkeamia. Puristusaika riippuu muun muassa sahatavaran dimensiosta, puun tai jatkoksen lämmityksestä, liimasta ja käsittelystä liimauksen jälkeen. Puristusaika täytyy olla vähintään 2 sekuntia. Puristuspaineen on oltava sellainen, että saavutetaan sormien välille hyvä pito. Puristusaine saa poiketa tavoitearvosta korkeintaan 20 %. Ennen siirtymistä tuotannossa eteenpäin jatkosten on oltava kovettuneita niin, että ne ovat saavuttaneet riittävän lujouden. Jatkettua sahatavaraa on voitava katkoa, siirtää ja paketoita rasittamatta liitosta. Lämmitetyn jatkoksen jälkikovettumisaika on n. 1–2 tuntia ja lämmittämättömän jatkoksen noin. 12–15 tuntia 20 °C lämpötilassa. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 6.8 Höyläys

Höyläystä aloitettaessa höyläyspaksuus tarkistetaan ensimmäisestä kappaleesta ja tehdään tarvittaessa paksuussäätö. Kutterin jälki ei saa olla syvempi kuin 0,025 mm. Höyläysjälki arvioidaan silmämääräisesti. Mikäli epäillään kutterin jäljen olevan liian pitkä, suoritetaan mittaus. Mittausmenetelmä on esitetty kuviossa 6. Höylätyn kappaleen paksuus saa vaihdella korkeintaan 0,2 mm. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 6. Kutterin jäljen mittaus.

Kutterin tekemä aallonpituus sekä -korkeus voidaan laskea oheisilla kaavoilla:

$$e = \frac{v}{n \cdot z} \quad (1)$$

$$f = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{2R \cdot n \cdot z} \right)^2 \cdot R \quad (2)$$

$$e = \sqrt{\frac{R}{5}}, \text{ kun } f = 0,025 \text{ mm} \quad (3)$$

joissa

v on syöttönopeus [m/s]

R on teräympyrän halkaisija [mm]

n on terien lukumäärä

e on aallonpituus [mm]

z on kierrosnopeus [r/s]

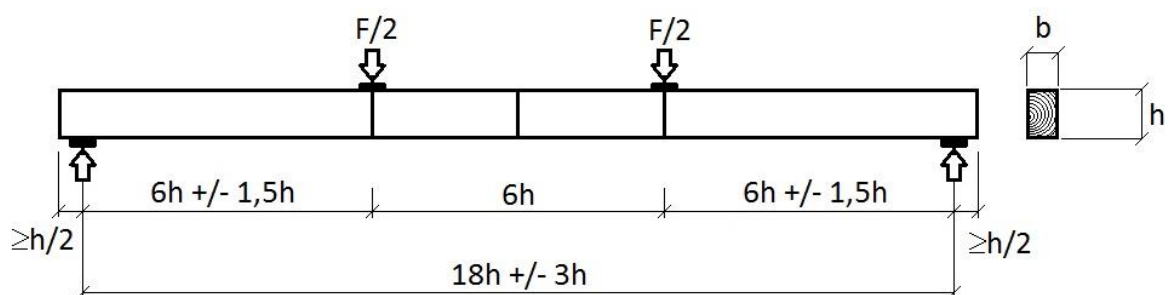
f on aallonkorkeus [mm]

## 6.9 Lapetaivutuskoe

Jokaisesta tuotantoerästä, jossa on sama liimasekoitus tai sama dimensio, otetaan vähintään 3 näytettä. Testattavat kappaleet otetaan tasaisesti tuotantoajalta ja niitä käsitellään ja säilytetään testaukseen saakka samalla tavalla kuin muutakin jatkettua sahatavaraa. (Finnlamelli Oy 2012.)

Sahatavara kuitenkin pidetään erillään, kunnes testaustulokset ovat hyväksytyjä. Sormijatkettua rakennesahatavaraa ei saa toimittaa, ellei sisäisen laadunvalvonnan koetulokset ole hyväksyttäviä. Jatkettu sahatavara, joka testauksen mukaan ei täytä lujuusvaatimuksia, hylätään rakennesahatavarana. Lapetaivutuskoe on standardin EN 408 mukainen. Lapetaivutuskokeen suoritus on esitetty kuviossa 7. (Finnlamelli Oy 2012.)

Kuormitettavan kappaleen pituus on vähintään 19\* koekappaleen nimellisleveys. Jos jatkettun sahatavaran leveys on yli 75 mm, kappale halkaistaan tai kavennetaan siten, että alkuperäisistä syrjistä tehdään 75 mm leveitä koekappaleita. Jos sahatavaran leveys on  $\geq 150$  mm, molemmat kappaleet kuormitetaan. Alkuperäisen syrjän on oltava vetopuolena. Sahatavaran kosteuden on oltava välillä 12–18 %. Koekappaleet on numeroitava ja säilytettävä vähintään seuraavan kuun 15. päivään saakka. Kappaleet kuormitetaan vapaasti asetettuna kahdelle tuelle ja kuorma  $F$  kohdistetaan jännevälin kolmasosiin. Koekappaleen poikkileikkaus mitataan 1 mm:n tarkkuudella. Kosteus määritellään sähköisellä kosteusmittarilla jatkosten läheisyydestä. Kuormitusnopeus valitaan niin, että murtuminen tapahtuu  $5 \pm 2$  minuutissa. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 7. Lapetaivutuskoe rakennesahatavara.

Taivutuslujuus lasketaan kaavasta 4.

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2} \quad (4)$$

jossa:

$f_m$  on Taivutuslujuusluokka [N/mm<sup>2</sup>]

F on Murtokuorma [N]

a on  $(6 \pm 1,5) \cdot h$  = Painimen etäisyys tuelta [mm]

b on Koekappaleen leveys [mm]

h on koekappaleen korkeus [mm]

Tulos on hyväksyttävä, jos ainakin toinen seuraavista ehdoista täyttyy:

- Arvioidaan sadan viimeiseksi testatun jatkoksen koetulos  $f_m$ , joiden raja-arvona on ominaislujuus  $f_{m,dc,k}$ . Viisi koetulosta saa olla alle raja-arvon. Raja-arvon alittavat tulokset eivät kuitenkaan saa olla alle 90% raja-arvosta.
- Viidentoista viimeisimmän saman tuotantolinjan sormijatkoksen ominais-taivutuslujuus  $f_{,15,k}$  on vähintään ominaislujuus  $f_{m,dc,k}$ .  $f_{,15,k}$  lasketaan kaavasta:

$$f_{m,15,k} = k_{15} \cdot m(f_m) \quad (5)$$

$m(f_m)$  on 15 testikappaleen keskiarvo

$k_{15}$  on taulukon 4 mukainen kerroin. Ellei vaihtelukertoimesta ole tietoa käytetään arvoa 0,10.

Taulukko 4. Vaihtelukerroin  
(Finlamelli Oy 2012.)

Vaihtelukerroin	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30
$k_{15}$	0,84	0,77	0,70	0,64	0,58

Murtuman syyn selvittämisessä murtumat tyypitetään neljään pääryhmään. Murtuma voi tapahtua sormista, sormien pohjasta tai se voi olla niin sanottu sekamurto. Murtuman tyypit on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Murtuman tyypit  
(Finnlamelli Oy 2012.)

MURTUMA	LYHENNE
Sormista	s
Sormien pohjasta	sp
Puusta	puu, m
Sekamurto	se

Jos murtuma on yli 50% sormista, sormen pohjasta tai puusta, se merkitään vallitsevaksi. Sekamurtuma voi tapahtua yhtä aikaa sormista, sormen pohjasta tai puusta. Lisäksi taulukkoon merkitään ”muu syy” (m), kun murtuma tapahtuu jatkoksen ulkopuolelta puun tai jatkoksessa olevasta viasta johtuen. Oksavikaan merkitään oksan koko. Taulukossa 6 on esitetty erilaisten vikojen merkintöjä. (Finnlamelli Oy 2012.)

Taulukko 6. Vikojen merkintä  
(Finnlamelli Oy 2012.)

Lapeoksa	25 mm	lo 25	Vinosyisyys 1:7	vs 1:7
Syrjäoksa	18 mm	so 18	Lyly	lyly
Kulmaoksa	20 mm	ko 20	Oksa jatkosalueella	oj
Oksasumma	50 mm	sum 50	Sormet ristissä	sx
Poikaoksa	30 mm	po 30	Liimavaje	vaje
Latvavika	30 mm	lv 30	Puustamurtuma	pm

## 6.10 Lähtevä sahatavara

Sahatavaran läpäistessä testauksen ja jälkikovettumisajan täytyessä sahatavara on valmis siirtymään eteenpäin tuotannossa. Lähtevä sahatavara ladotaan tasapäiseksi nipuksi välirimoja käyttäen. Paketti suojataan muovilla ja sidotaan vanteilla. Pakettiin merkitään jatkettu määrä juoksumetreinä, nipun mitat sekä asiakas ja dimensio. Suuremmat erät asiakkaalle menevästä rakennesahatavarasta menee



määrämittaan katkottuna suoraan asiakkaalle. Osa sormijatketusta ja höylätystä rakennesahatavarasta varastoidaan puutavaravarastolle, jossa ne paketoitetaan asiakaskohtaisesti sahatavaramittaisena. (Finnlamelli Oy 2012.)

## **7 LIIMAPUUKANNAKKEET**

### **7.1 Yleistä**

Liimapuukannakkeella tarkoitetaan liimalla valmistettuja kannakkeita, joissa on vähintään neljä massiivisesta puusta valmistettua puun pituussuuntaista kerrosta eli lamellia. Lamelli voi leveyssuunnassa muodostua useammasta vierekkäisestä osasta. Lamellien paksuus on korkeintaan 45 mm. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **7.2 Liimapuukannakkeen valmistus**

Saapuvasta rakennesahatavarasta mitataan kosteusprosentti sekä tarkistetaan materiaalin lujuusluokitus, dimensio, puulaji ja kappalemäärä ennen valmistusta. Liimapuupalkit valmistetaan rakennesuunnitelmien mukaan asiakaskohtaisesti. Liimapalkin valmistus alkaa lujuuslajitellun sahatavaran jatkamisella. Liimapuupalkkiin tulevat lamellit jatketaan täyteen mittaansa, jonka jälkeen ne höylätään. Höyläyksen jälkeen lamellit liimataan palkkipuristimessa. Liimauksen jälkeen liimapuupalkki viimeistellään höyläämällä ja tarkistetaan mittapoikkeamat. Osa lamelleista menee la-petaivutuskokeeseen ja osa liimapuupalkeista delaminointikokeisiin, joiden avulla varmistutaan siitä, että tuotanto on vaatimusten mukaista. Valmis liimapuukannake tarkistetaan silmämääräisesti mahdollisten ulkoisten vikojen korjaamiseksi. Palkin täyttäessä vaatimukset se pakataan muoviin ja merkataan asiakaskohtaisen palkki-luettelon mukaisilla merkinnöillä. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **7.3 Jatkaminen**

Liimapuupalkkiin tulevien lamellien jatkamisessa pätee samat ohjeet ja toimintatavat kuin aiemmin esitetyssä rakennesahatavaran sormijatkamisessa. Liimapuupalkkiin tulevat lamellit jatketaan täyteen pituuteensa ennen höyläystä. Jatkosten väli uloimmissa lamelleissa on oltava vähintään 2 m, josta esimerkki kuviossa 8. Muissa lamelleissa jatkokset voivat sijaita vapaasti, kunhan systemaattista kasautumista

palkin korkeussuunnassa ei tapahdu. Ulkolamelleissa jatkokset eivät saa olla päällekkäin. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 8. Liimapuukannakkeen jatkokset.

## 7.4 Höyläys

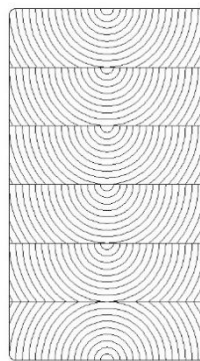
Höyläystä aloitettaessa lamellin höyläyspaksuus tarkistetaan ensimmäisestä lamelistä ja tehdään tarvittaessa paksuussäätö. Kutterin jälki ei saa olla syvempi kuin 0,025 mm. Höyläysjälki arvioidaan silmämääräisesti. Mikäli epäillään kutterin jäljen olevan liian pitkä, suoritetaan mittaus. Mittauksen suorittaminen sekä laskukaavat on esitetty sivulla 29 sekä kuviossa 6.

Lamellin paksuus samassa lamellissa saa vaihdella korkeintaan 0,2 mm. Mikäli lamelli koostuu leveyssuunnassa useammasta kuin yhdestä osasta, koskee sallittu paksuusvaihtelu kokonaisleveyttä. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 7.5 Liimaus

Liiman levitys tapahtuu juovalevityksellä, jossa liimattava lamelli liikkuu pituussuunnassa liimalevittimen läpi. Liiman levitystä ja lamellin kulkua ohjataan tietokoneen avustuksella. Lamellien kosteuden täytyy liimattaessa olla välillä 8–15 %. Samaan kannatteeseen tulevien lamellien kosteusprosentti ero saa olla enintään 5 %. Liimattavien lamellien lämpötilan on oltava vähintään 15 °C. Tasaannutus- ja tuotantolinjojen ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden on vastattava puun tasapainokosteutta. Kosteus mitataan vähintään 5 % yksittäisistä lamelleista. Kosteusmittauksista puolet tehdään lamellin pintaosista, puolet keskiosista. Mittaukset suoritetaan vähintään 60 cm:n etäisyydeltä lamellin päästä. (Finnlamelli Oy 2012.)

Liima sekoitetaan tarkoituksen mukaisella sekoittajalla, ja liiman komponentit mitataan liiman valmistajan ohjeiden mukaan. Normaalisti liimaa käytetään noin  $350 \text{ g/m}^2$  ja korkeataajuusliimauksessa  $200 \text{ g/m}^2$ . Liimausajat ovat riippuvaisia liima-seoksesta, puun laadusta ja kosteudesta, ilman kosteudesta ja lämpötilasta. Liiman avoin aika on riippuvainen vallitsevista ominaisuuksista ja käytettävästä liimasta. Sisäisten jännitysten vähentämiseksi lamellit asetellaan liimattavaan palkkiin siten, että sydänlappeet ovat saman suuntaisesti sisemmissä lamellikerroksissa. Ulkolamellien sydänlappeet käännetään ulospäin. Tämä on esitetty kuviossa 9. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 9. Liimapuukannakkeen liimaus.

## 7.6 Puristus

Puristus tapahtuu hydraulisesti toimivalla palkkipuristimella, jolla voidaan liimata  $300 \times 1600 \times 24000$  (L x K x P) palkkeja. Puristusvaiheessa ilman kosteus pidetään kostutusjärjestelmän ja puristusalueen peittävien verhojen avulla puun tasapainokosteutta vastaavana. Puristuspainetta pidetään yllä koko kovettumisajan. Jälkipuristusta käytetään tarvittaessa ja normaalisti noin 15 minuuttia ensimmäisen puristuspaineen asettamisen jälkeen. Halli pyritään pitämään vedottomana ja lämpötila  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ :ssa. Puristinta pidetään mahdollisuuksien mukaan lämpöisenä myös silloin, kun se on tyhjillään. Tätä voidaan edesauttaa pitämällä verhot alhaalla ja tarvittaessa pitämällä puhaltimet päällä. Puristimella on saavutettava tasainen puristus koko kannatteen pituudelle ja leveydelle. Puristuspaineen paikalliset poikkeamat saavat olla enintään 20 %. Puristuspainetta, lämpötilaa ja kosteutta voidaan säädellä ja seurata liiman kovettumisen aikana. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 7.7 Viimeistely

Liimattu palkki viimeistellään höyläämällä. Liimapuun koot ja sallitut mittapoikkeamat on määritetty standardissa EN 390. Tavoitekoko on valmiin tuotteen koko 12 %:n kosteudessa ja korjattu koko on todellinen koko korjattuna 12 %:n kosteuteen. Kosteus mitataan sähköisellä kosteusmittarilla. Mittaus suoritetaan vähintään 2 metrin etäisyydeltä palkin päästä. Jos todellinen kosteus eroaa 12 %:n kosteudesta, korjattu koko lasketaan kaavaa 6 käyttäen. Arvot koskevat kosteuden vaihdellessa välillä 6–25 %. (Finnlamelli Oy 2012.)

$$l_{cor} = l_a[l + k(12 - w_a)] \quad (6)$$

jossa

$l_{cor}$  on korjattu koko [mm]

$l_a$  on todellinen koko [mm]

$l$  on leveys, korkeus tai pituus [mm]

$k$  on 0,0025 (leveys tai korkeus)

$k$  on 0,0001 (pituus)

$w_a$  on todellinen kosteus [%]

Korjattu koko ei saa poiketa tavoitekoosta enemmän kuin:

- leveys  $\pm 2$  mm
- korkeus - 2 mm – +4 mm, kun korkeus on alle 400 mm
- korkeus - 0.5 % – +1 %, kun korkeus on yli 400 mm
- pituus  $\pm 2$  mm, kun pituus on alle 2 m
- pituus  $\pm 0,1$  %, kun pituus on välillä 2–20 m
- pituus  $\pm 20$  mm, kun pituus on yli 20 m

Poikkileikkauksen suorakulmaisuus ei saa poiketa enempää kuin 1:50.

## 7.8 Liimapuukannakkeen työstöt

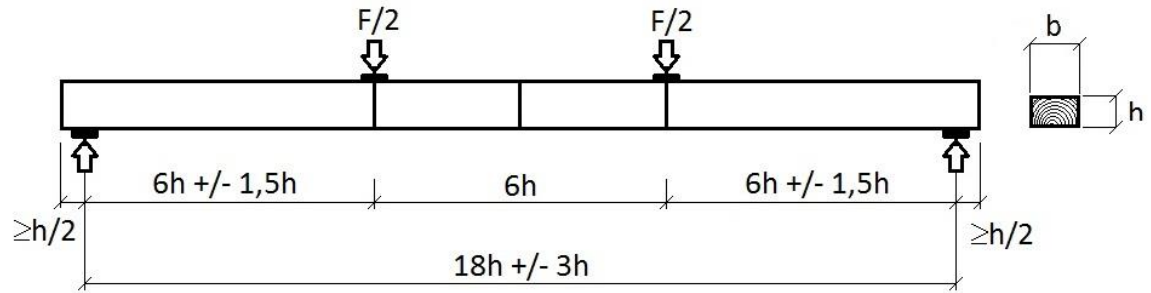
Viimeistelyn jälkeen liimapuupalkki siirtyy tarvittaessa erikoistyöstöön, jossa siihen tehdään tarvittavat työstöt liitoksille. Liitostyyppinä on lohenpyrstö-, piilokenkä- ja taskuliitos. Liimapuupalkin pituuden ylittäessä 12 m käytetään palkin jatkamiseen kynsiliitosta, joka vahvistetaan kierretangoilla. Jatkokseen voidaan myös käyttää jatkosrautoja, jotka kiinnitetään liimapuupalkkeihin täkkipulteilla. Asiakaskohtaisten työstöjen jälkeen liimapuupalkki on valmis toimitettavaksi asiakkaalle. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 7.9 Testaus

### 7.9.1 Lapetaivutuskoe

Lapetaivutuskoe on standardin EN 408 mukainen. Erona rakennesahatavaran lapetaivutuskokeeseen on se, että kuormitettava lamelli on lappeellaan. Lamellin lapetaivutuskokeen suoritus on esitetty kuviossa 10.

Kappaleen pituus on vähintään  $19 \cdot$  kappaleen nimellispaksuus. Lamellin kosteuden on oltava välillä 8–18 % ja niiden tulee olla höylättyjä. Kappaleet kuormitetaan vapaasti asetettuna kahdelle tuelle ja kuorma P kohdistetaan jännevälän kolmasosiin. Koekappaleen poikkileikkauksen mitat mitataan 1 mm:n tarkkuudella. Kosteus määritellään sähköisellä kosteusmittarilla. Kuormitusnopeus valitaan niin, että murtuminen tapahtuu  $5 \pm 2$  minuutissa. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 10. Lamellin lapetaivutuskoe.

Taivutuslujuus lasketaan kaavasta 7.

$$\sigma = \frac{3Pa}{bh^2} \quad (7)$$

jossa

$\sigma$  on taivutuslujuus [ $N/mm^2$ ]

P on murtokuorma [N]

a on  $(6 \pm 1,5) \cdot h$  = painimen etäisyys tuelta [mm]

b on koekappaleen leveys [mm]

h on koekappaleen korkeus [mm]

### 7.9.2 Hyväksyntä

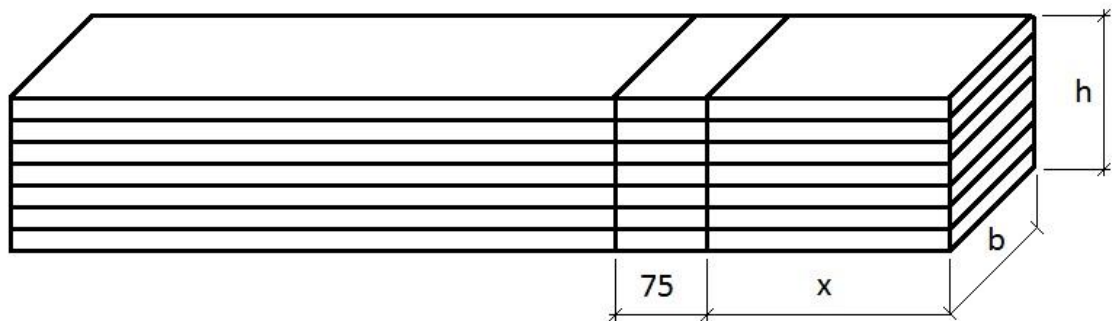
Jatkettu lamelli täyttää asetetut vaatimukset, jos koetulos  $f$  on vähintään lapetaivutuksen ominaislujuuden  $f_k$  suuruinen. Lapetaivutuksen ominaislujuudet  $f_k$  ( $N/mm^2$ ) lamellien luokissa LT30 ja LT20 ovat taulukon 7 mukaiset.

Taulukko 7. Ominaislujuudet  
(Finlamelli Oy 2012.)

Laatuluokka	LT30	LT20
Ominaisuuslujuus $N/mm^2$	39	27

## 7.10 Liimapuukannakkeen liimasaumojen delaminointikoe

Delaminointikokeen tarkoituksena on keinotekoisesti ikäännyttää rakennetta, ja näin testata liimasaumojen kestävyttä. Delaminointikoe vastaa 40 vuoden säärasitusta. Liimasaumojen delaminointikoe on standardin EN 391 mukainen. Kuviossa 11 on esitetty delaminointikoekappaleen mitat. (Finnlamelli Oy 2012.)



Kuvio 11. Delaminointikoekappale.

Delaminointikokeen näyte:

- pituus 75 mm
- $h$  on palkin korkeus
- $b$  on palkin leveys
- $x$  on etäisyys palkin päästä (mitta määriteltävä laitekohtaisesti).

Näytteet valitaan sellaisella tavalla, että ne edustavat jokaista toimitusta. Näyte otetaan kuitenkin vähintään joka viidennestä puristuksesta. Mikäli epäillään, että josakin kannakkeessa liimaus ei ole täysin onnistunut, otetaan näyte edellisen kohdan määräyksistä huolimatta. Jos näytteet täyttävät kolmen kuukauden aikana vaatimukset, voidaan näytteiden määrä vähentää puoleen. Näyte sahataan kohtisuoraan syitä vastaan  $75 \pm 5$  mm pitkäksi siten, että muodostuu täydellinen poikkileikkaus tutkittavasta kappaleesta. Jos palkin leveys  $b$  on suurempi kuin 300 mm, testikappale voidaan jakaa kahteen tai useampaan vähintään 130 mm leveään osaan. Jos



korkeus  $h$  on suurempi kuin 600 mm, testikappale voidaan jakaa kahteen tai useampaan vähintään 300 mm korkeaan osaan. Syitä vastaan kohtisuorien pintojen on oltava sileät. Näytteet punnitaan 5 g:n tarkkuudella. Näytteet asetetaan paineastiaan siten, että ne ovat kokonaan 10–20 °C veden alla. Näytteet erotellaan siten, että näytteen pinnat ovat vapaasti kosketuksissa veden kanssa. Paineastiaan imeetään 70–85 kPa:n alipaine, jota pidetään yllä 30 min. Tämän jälkeen alipaine poistetaan ja nostetaan 500–600 kPa:n ylipaine 120 min ajaksi. Näytteet kuivataan 2-3 m/s ilmavirrassa ja 65–75 °C lämpötilassa noin 10–15 h ajan. Ilman suhteellinen kosteus on kuivauksen aikana 8–10 %. Varsinainen kuivausaika määräytyy näytteen painon muutoksesta. Delaminointi määritellään, kun kappaleen paino on taantunut 15 % tarkkuudella alkuperäiseen painoon, ei kuitenkaan alle alkuperäispainon. Poikkipinnoista (ei sivupinnoista) mitataan auenneitten saumojen kokonaispituus rakotulkkia apuna käyttäen. Rakotulkki sisältää useita eripaksuisia levyjä, joista eri paksuisia sovitetaan auenneeseen saumaan ja näin saadaan selville auenneen sauman leveys. Oksan kohdalta auennutta saumaa ei huomioida eikä myöskään puusta murtunutta saumaa. Erillisiä alle 3 mm aukeamia ei huomioida, jos ne ovat yli 5 mm:n etäisyydellä lähimmästä auenneesta saumasta. (Finnlamelli Oy 2012.)

Kokonaisdelaminointiprosentti määritellään seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{Kokonaisdelaminointi} - \% = \left( \frac{\text{auennut liimasauma}}{\text{saumojen pituus}} \right) * 100 \quad (8)$$

Maksimidelaminointiprosentti määritellään seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{Maksimidelaminointi} - \% = \left( \frac{\text{max. auennut liimasauma}}{2 * \text{sauman pituus}} \right) * 100 \quad (9)$$

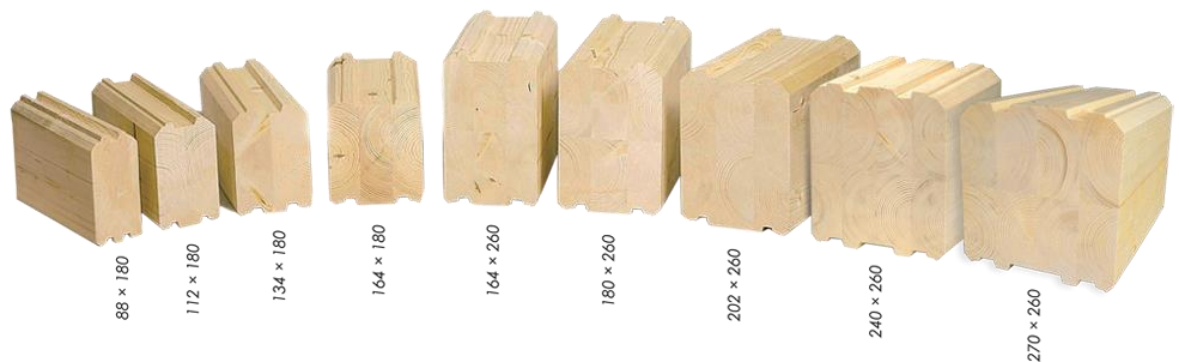
Tulokset ovat hyväksyttäviä, jos delaminointiprosentti on alle 4. Jos se on 4–8, suoritetaan uusi koe. Delaminointiprosentti ei sen jälkeen saa olla yli 8. Maksimidelaminointiprosentti ei saa olla yli 40. Mikäli liimasaumat eivät täytä asetettuja vaatimuksia, on otettava uudet näytteet. Mikäli uusien näytteiden tulokset eivät täytä vaatimuksia, syy liimavirheeseen selvitetään ja ryhdytään tarpeellisiin toimenpiteisiin. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 8 LAMELLIHIRSI

### 8.1 Yleistä

Lamellihirsi koostuu yhteen liimatuista kappaleista, jotka höylätään muotoonsa. Hirsiprofiileja työstetään välillä 88–164x180 ja 164–270x260. Lamellihirret koossa 88–164x180 koostuvat yhdessä kerroksessa yhteen liimatuista lamelleista. Koot 164–270x260 koostuvat kahdesta kerroksesta ja useammasta sivuttaissuunnassa yhteen liimatusta lamellista. Hirsivalikoima on esitetty kuviossa 12. (Finnlamelli Oy 2012.)

Lamellihirren raaka-aineena käytetään valikoituja, viileässä ilmastossa hitaasti tiukasyisiksi kasvaneita suorarunkoisia mäntyjä ja kuusia. Hirret halkaistaan ja liitetään yhteen siten, että puun kovin osa eli sydänpuu jää pintaan. Lamellihirsi on ylivertainen kestävä säänvaihteluita perinteiseen pyörö- tai höylähirteen verrattuna. Hirsitalon luonnollinen painuminen on lamellihirressä erittäin vähäistä. (Finnlamelli 2013d.)



Kuvio 12. Hirsivalikoima.  
(Finnlamelli Oy 2013.)

## 8.2 Laatuvaatimukset

Hirsien kosteusprosentti ei saa ylittää 18 %:a kuivapainosta noin 20 mm syvyydeltä hirren pinnasta mitattuna. Taulukossa 8 on esitetty lamellihirren laatuvaatimukset.

Taulukko 8. Lamellihirren laatuvaatimukset  
(Finnlamelli Oy 2012.)

Ominaisuus/Vika	Määrä
Halkeamat	Näkyviin jäävissä pinnoissa sallitaan luonnollisesta kuivumisesta aiheutuvia halkeamia, joiden syvyys on enintään 1/3 hirren paksuudesta. Hirsien päissä sallitaan lyhyitä (halkeaman pituus < hirren paksuus) läpimeneviä halkeamia.
Hyönteisvahingot	Ei sallita.
Koro ja kaarnaroso	Sallitaan piiloon jäävissä pinnoissa. Näkyviin jäävissä pinnoissa maksimi pituus on 50 mm ja leveys 10 mm.
Laho	Ei sallita.
Lyly	Sallitaan ainoastaan siinä määrin, että hirren muoto ei sen vaikutuksesta olennaisesti muutu eikä lyly haittaa liimausta.
Oksat	Sallitaan.
Oksalohkeamat	Pieniä oksalohkeamia ja irto-oksia sallitaan vähäisessä määrin.
Laho-oksat	Ei sallita.
<b>Muotoviat</b>	
Kierous	2 m:n matkalla korkeintaan hirren leveys/30.
Syrjävääryys	2 m:n matkalla korkeintaan 6 mm.
Lapevääryys	2 m:n matkalla korkeintaan 10 mm.
Paikat	Sallitaan vähäisessä määrin.
pihkakolo	Pieniä pihkakoloja sallitaan.
Sinistymä	Ei sallita näkyviin jäävissä pinnoissa.
Vajaasärmä	Sallitaan vähäisessä määrin kuorettomana, ei kuitenkaan varauksessa.
Värivika	Ei sallita likaantumista. Puun luonnolliset värierot sallitaan.

## 8.3 Lamellien työstäminen

Massiivisuutensa vuoksi lamellihirteen tulevien lamellien ei tarvitse olla lujuuslajiteltuja. Lajittelun ja sormijatkosten kriteereinä ovat lamellihirren laatuvaatimukset. Lamelleiden valmistaminen noudattaa kuitenkin samoja sääntöjä ja ohjeita kuin jatkettun rakennesahatavaran ja liimapuupalkin määrittelyssä on käytössä. Kuivauksen jälkeen sahatavara jatketaan täyteen pituuteensa ja höylätään valmiiksi lamelliksi.  
(Finnlamelli Oy 2012.)

## 8.4 Liimaus ja puristus

Lamellihirsien liimaukseen ja puristukseen käytetään suurtaajuuspuristinta. Suurtaajuuspuristimessa liimattavat kappaleet asetellaan ja puristetaan kahden jännitteisen levyn väliin. Suurtaajuuspuristimella puristettaessa lämmitetään liimasaumaa sähkökentän avulla. Toiminta perustuu liimassa olevien vesimolekyylien värähtelyyn sähkökentän vaikutuksesta. Liike aiheuttaa kitkaa, joka lämmittää liimasaumaa ja tämä aiheuttaa liiman kovettumisen. Näin vesimolekyylit saadaan poistumaan liimasaumasta lämpötilan kohotessa. Liiman kovettuminen alkaa hirren keskeltä. Suurtaajuuspuristimella liimausajan ollessa vain muutamia minutteja, saadaan liimauskapasiteetti nousemaan merkittävästi perinteisiin liimausmenetelmiin verrattuna. (Finnlamelli Oy 2012.)

Liimaukseen saapuvasta sahatavarasta mitataan kosteus ja lämpötila. Myös dimensio, kappalemäärä ja puulaji tarkistetaan. Liimattavan puutavaran kosteusprosentti saa olla korkeintaan 16 %, ja puutavaran lämpötilan tulee olla vähintään 16 °C. Liimattavan kappaleen työstön täytyy olla virheetön. Vinot työstöt, kiillottuneet tai palaneet pinnat aiheuttavat virheitä liimauksessa. Liiman levitys suoritetaan raitalevityksenä, ja levitettävä liiman määrä on välillä 165–250 g/m<sup>2</sup>. Liimattaviin kappaleisiin levitetään liima vain toiseen liimattavaan pintaan, ja kappaleet asetellaan puristimeen siten, että samanaikaisesti voidaan liimata useita kappaleita. Kappaleita puristetaan ylä- ja sivuprässeillä. Liimauksen alkaessa jännitelaittojen virta nostetaan 18 ampeeriin. Liimauksen edetessä ja liiman kovettuessa laattavirta vähenee ja sen vakiintuessa liimaus on valmis. Liimatut aihiot siirretään profiilityöstöön. (Finnlamelli Oy 2012.)

## 8.5 Profilointi

Liimauksen jälkeen aihio siirtyy profiilihöyläykseen, jossa siitä työstetään niin sanottua raakahirttä, joka on pituudeltaan 12 metriä. Raakahirsien katkenta optimoidaan tilaukseen tarvittavien hirsien mukaan ja näin hukkaprosentti minimoidaan. Raakahirteen työstetään salvokset, tapitus- ja sähköreiät, aukkosahaukset, väliseinäurat ja pontinpoistot hirsikohtaisten suunnitelmien mukaan. Hirret myös tarvittaessa halkaistaan pituussuunnassa puolikkaiksi. Puolikkaita hirsitä tarvitaan muun muassa

hirsikehikon aloituksessa ja lopetuksessa. Valmiista hirrestä tarkastetaan pituus, jonka muutosta sallitaan  $\pm 0.5$  mm. Hirrestä tarkistetaan myös nurkankaulan, väli-seinäuran, aukkosahausten sekä pontinpoistojen oikeellisuus. Hirren laatu tarkiste-taan asetettujen vaatimusten mukaisesti. Hirren pintaan levitetään homeenesto-aine, joka suojelee hirttä rakennusvaiheen ajan. Valmiisiin hirsiiin asennetaan nur-kankaulatiivisteet paikalleen jo tehtaalla. (Finnlamelli Oy 2012.)

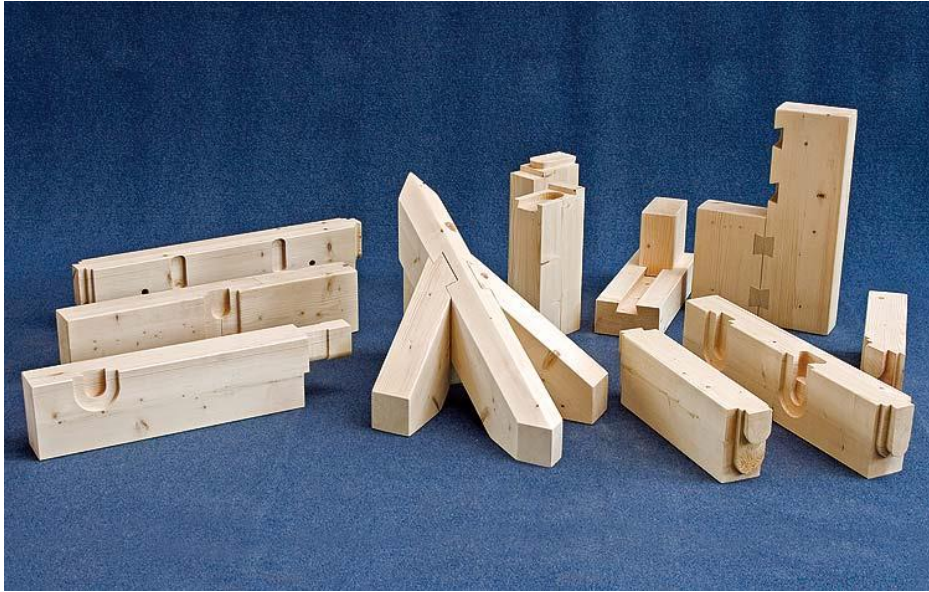
## **8.6 Lamellihirren liimasaumojen delaminointikoe**

Lamellihirren liimasaumojen delaminointikoe on identtinen aiemmin esitetyn liima-puukannakkeille suoritettavan delaminointikokeen kanssa. Liimapuukannakkeen delaminointikokeen suorittaminen on esitetty sivulta 40 alkaen.

## **8.7 Erikoistyöstöt**

Erikoistyöstölinjalla puutavaran työstömahdollisuudet ovat lähes rajattomat. Vi-nonurkissa kulmat voivat vaihdella portaattomasti 45–90°:n välillä, sekä erilaisten viisteiden tekeminen on mahdollista asteen tarkkuudella. Erilaisten kolojen, poraus-ten ja liitosten työstäminen on mahdollista. Esimerkkikappaleita erikoistyöstökoneen mahdollisuuksista on esitetty kuviossa 13. Erikoistyöstölinjalla voidaan työstää neli-önmuotoisia tai neliskulmaisia kappaleita, joiden poikkileikkaus on 20x50 mm ja 300x450 mm välillä. (Finnlamelli Oy 2012)

Erikoistyöstöön menevät hirret ovat raakahirttä. Erikoistyöstölinjalla hirsi liikkuu pi-tuussuunnassa tietokoneohjattuihin vaunuihin kiinnitettynä. Mitoitus ja paikoitus tapahtuu lasermittauksien avulla. Erikoistyöstölinjalla 12 metriä pitkä aihio katkotaan ja työstetään hyödyntäen mahdollisimman hyvin koko hirsi. Erikoistyöstölinjalla hir-siin työstetään salvokset, liitokset palkeille, ikkuna- ja oviaukkojen sahaukset, ka-aurat, kevytseinän urat sekä läpiviennit sähkövedoille ja vaarnatapitukselle. Mikäli hirsiseinän pituus ylittää 12 metriä, hirttä jatketaan lohenpyrstöliitoksella tarvittavaan hirsien muodostamaan yhteispituuteen. (Finnlamelli Oy 2012)



Kuvio 13. Esimerkkikappaleita  
(Hundegger)

## 8.8 Hirsien merkitseminen

Hirsien merkinnät laitetaan aina samaan päähän seinäkuvien mukaan, jotta pystytysvaiheessa vältetään väärin asennetuilta hirsiltä. Hirret merkitään lapulla, joka sisältää kolme tunnusta. Ensimmäinen tunnus sisältää numeron, joka kertoo hirren kohdan seinälinjassa. Seuraavana tunnuksena käytetään kirjainta, joka kertoo seinälinjan johon hirsi kuuluu. Viimeinen tunnus on numero, joka kertoo, mihin hirsikerrokseen hirsi kuuluu. Esimerkkinä 2B7. Tämä hirsi tulee seitsemänteen kerrokseen B seinälinjassa. Hirren sijainti on ensimmäisen aukon oikealla puolella hirsiseinäkuva tarkasteltaessa. Seinälinjojen tunnuksia on määritetty pohjapiirustuksessa. (Finlamelli Oy 2012.)

## 8.9 Pakkaaminen

Valmiit hirret asetetaan pakettiin välipuita käyttäen siten, että hirsien urosponnit ovat paketin sivuilla. Näin saadaan suojeltua näkyviin jäävää naarasponttia kuljetuksen ajan. Valmis hirsinippu suojataan muovilla ja sidotaan vanteilla. Nippuun merkitään sen numero ja sisällä olevat hirret. Hirret pakataan toimitustavasta riippuen 500–

2000 kg paketteihin. Myös paketin leveys riippuu toimitustavasta, maksimileveyden ollessa välillä 110–120 cm. (Finnlamelli Oy 2012.)

## **9 MUUT RAKENNETARVIKKEET**

### **9.1 Pilarit**

Pilarien valmistus suoritetaan kuten muunkin rakennesahatavaran. Kuivattu rakennesahatavara sormijatketaan täyteen pituuteensa, höylätään ja liimataan suurtaajuusliimausta käyttäen. Tämän jälkeen ne höylätään muotoonsa. Valmiit pilarit ovat pituudeltaan 6,5 m. Valmiit pilariaihiot siirretään puutavaravarastolle, jossa ne katkotaan oikeisiin mittoihin asiakaskohtaisesti. Puutavaravarastolla pilareihin työstetään myös tarvittavat poraukset kierrejalkojen asennusta varten. Pilarit pakataan muun puutavaran mukaan samoihin paketteihin. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **9.2 Följärit**

Följärit työstetään kuten pilarit, mutta ne siirretään valmistuksen jälkeen erikoistyöstölinjalle, jossa ne katkaistaan oikeaan mittaan asiakaskohtaisesti ja niihin työstetään följärin säätöjä varten olevat syvennykset ja mahdolliset viisteet. (Finnlamelli Oy 2012.)

### **9.3 Puutavaravarasto**

Puutavaravarastolla kerätään asiakaskohtaisesti saatujen listojen mukaan kaikki muu toimitukseen kuuluva puutavaramateriaali sekä katkotaan karat tilauksen mukaisesti mittoihin. Puutavaravarastolla kerätään myös toimitukseen kuuluvat rautatarvikkeet ja tiivisteet. Myös muut varastoitavat rautakauppatavarat paketoidaan täällä asiakkaalle. (Finnlamelli Oy 2012.)



#### **9.4 Alihankintatuotteet**

Alihankintatuotteena tilattavat tuotteet, kuten kattomateriaalit, eristeet, ovet ja ikkunat toimitetaan sopimuksesta riippuen tehtaan kuljetettavaksi tai suoraan asiakkaalle. Toimitus on kokonaisuudessaan valmis lähetettäväksi asiakkaalle. (Finlammelli Oy 2012.)

## 10 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tuotantoprosessia käsittelevä opas, jossa perehdytään tarkemmin eri tuotannon vaiheisiin sekä laadun tarkkailuun ja varmistamiseen. Opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Finnlamelli Oy:lle, joka on liimattujen puurakenteiden valmistukseen ja markkinointiin erikoistunut yritys. Yrityksen toimintaan hirsirakennusten toimituksen lisäksi kuuluu rakennus- ja puuteollisuuden käyttöön menevät liimapuukannakkeet, sormijatkettu rakennesahatavara, liimatut pilarit sekä hirsiaihiot.

Opinnäytetyön aihe alkoi kehittyä ja hahmottua, kun opinnäytetyön tekijä oli projektiopintoinaan mukana tekemässä yrityksen laatukäsikirjaa. Opinnäytetyön pohjana onkin pääasiassa projektiopintojen aikana kerättyä yrityksen sisäistä materiaalia laatukäsikirjan laadinnan tuloksena.

Oppaan suunnittelu alkoi toimipisteiden kiertämisellä ja näin saamalla kokonaiskuva tuotannon kulusta. Perehtyminen yksityiskohtaisemmin eri toimipisteisiin sekä toimipisteiden tuotannon seuraaminen ja niistä tehdyt muistiinpanot toivat opinnäytetyöhön käytännönläheistä sisältöä. Tämän lisäksi yrityksen sisäinen tuotantoa koskeva materiaali toimi opinnäytetyön pohjana. Lisää informaatiota kertyi myös työntekijöiden sekä työnjohdon kanssa käydyissä keskusteluissa.

Opinnäytetyön tekeminen oli samaan aikaan mielenkiintoista ja haastavaa. Opinnäytetyön tuloksena syntynyt opas täytti sille asetetut odotukset.

## LÄHTEET

Finnlamelli Oy. 2012. Yrityksen sisäinen materiaali

Finnlamelli Oy. 2013a. Finnlamelli [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 30.3.2013]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/yritys/historia>

Finnlamelli Oy. 2013b. Finnlamelli [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 30.3.2013]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/otayhteytta/tehdas>

Finnlamelli Oy. 2013c. Finnlamelli [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 30.3.2013]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/yritys/vienti>

Finnlamelli Oy. 2013d. Finnlamelli [www-dokumentti]. Finnlamelli Oy. [Viitattu 30.3.2013]. Saatavana: <http://www.finnlamelli.fi/lamellihirsi/hirsivalikoima>

Hirsirakentajan suunnitteluopas. Jyväskylä 1996: Rakentajan Tietopalvelu RTI Oy

Honko, J. 2012. Finnlamelli Oy. Keskustelut

Hundegger. [verkkosivusto] Hundegger Maschinenbau. [viitattu 30.3.2013]. Saatavana: [http://www.hundegger.de/uploads/pics/schwalbenschwanz\\_37.jpg](http://www.hundegger.de/uploads/pics/schwalbenschwanz_37.jpg)

Lauharo, L. 2002. Hirsi rakennusaineena ja teollinen hirsitalo. Kuopio: Oy UNIpress AB

Saarelainen, E. 1993. Hirren maailma. Jyväskylä: Rakentajan Tietokirjat RATK Oy

Talonrakentajan käsikirja 3. Hirsitalon rakentaminen. 2006. Vaajakoski: Rakentajan tietokirjat

## **LIITTEET**

**LIITE 1. Kuivauskaava**

**LIITE 2. Kosteusprofiili**

## LIITE 1. Kuivauskaava

Laskennan lähtötiedot:

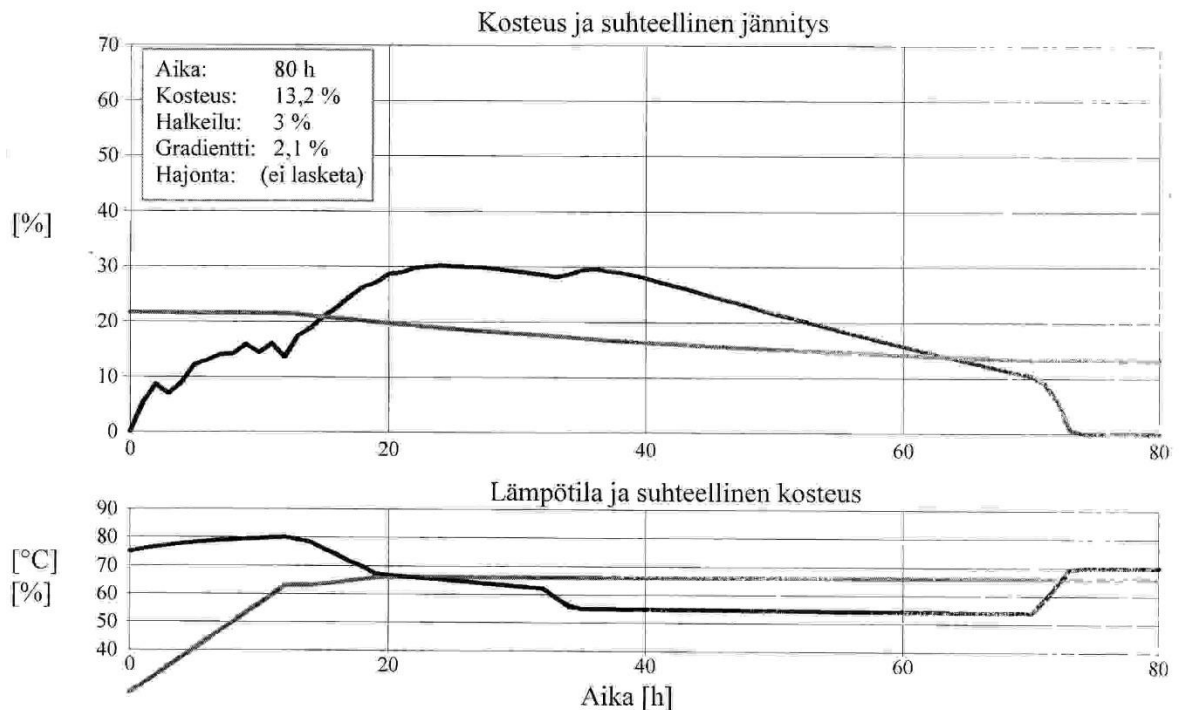
Puulaji- ja laatu	KUUSI	Lopetuskriteeri	Aika
Nimellispaksuus	50 mm	Tavoiteaika	80 h
Nimellisleveys	100 mm	Ohjausanturit	Painepuoli
Tukin latvaläpimitta	230 mm	Anturityyppi	RH - anturi
Sahausasete	2-exlog	Puhallussyvyys	7,0 m
Sydänpuun säde	43 mm	Rimaväli	25 mm
Tilavuuspaino	380 kg/m <sup>3</sup>	Ulkolämpötila	10 °C
Sydänpuun alkukosteus	23 %	Esikuiyumisaika	0 vrk
Pintapuun alkukosteus	20 %		
Sydänpuuosuus	55 %		
Alkukosteus	22 %		

Ilman virtausnopeus rimavälissä ja puhallussuunnan vaihtoväli

Aika [h]	Ilman nopeus [m/s]	Suunnan vaihto [h]
0	3,8	2,0

Kuivauskaava

Aika [h]	Kuiva [°C]	Märkä [°C]	RH [%]	Tasapainokosteus [%]
0	25,0	21,7	75,0	14,4
12	63,0	58,5	80,0	13,4
14	63,0	58,0	78,0	12,8
19	66,0	57,9	67,0	9,8
32	66,0	56,4	62,0	8,8
34	66,0	54,2	55,0	7,6
70	66,0	53,8	54,0	7,4
73	66,0	58,7	70,0	10,4
80	66,0	58,7	70,0	10,4



**LIITE 2. Kosteusprofiili**