

# **VIILUN MÄRKÄLEIKKAUSLEVEYKSIEN OPTIMOINTI KUIVATUN VIILUN LEVEYDEN MUKAAN**

Ville Kortelainen

Opinnäytetyö  
Joulukuu 2012  
Metsätalouden koulutusohjelma  
Tampereen ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Metsätalouden koulutusohjelma

KORTELAINEN, VILLE:

Viilun märkäleikkausleveyksien optimointi kuivatun viilun leveyden mukaan

Opinnäytetyö 54 sivua  
Joulukuu 2012

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia mahdollisuutta optimoida märkäleikkattavien viilujen leikkausleveyksiä Metsä Woodin Punkaharjun Kerto-tehtaalla. Tällä pyrittiin ylileveiden viilujen määrän pienentämiseen ja siihen, että leikkaamisen jälkeen kuivatut viilut olisivat entistä lähempänä asetettuja tavoitekokojaan. Optimoinnilla tavoiteltiin myös sorvattun viilumaton tehokkaampaa käyttöä tarkemman märkäleikkaamisen myötä. Toinen tutkimuskohde oli sorvattujen tukkien koon vaikutus sydän- ja pintapuuviilujen saantoon. Toinen kohde jätettiin kuitenkin tutkimatta, koska sitä ei pidetty merkittävänä varsinaisen aiheen kannalta.

Aihetta tutkittiin vertailemalla kuivauskoneiden kameratietokoneiden keräämissä leveystiedostoissa tapahtuneita muutoksia määritettyyn lähtötasoon nähden. Lähtötasoa määriteltäessä ja kunkin koeajon jälkeen kuivauskoneiden leveysdatasta tutkittiin alimittaisten, valvontarajoissa olevien ja ylileveiden viilujen määrät ja prosenttiosuudet kameratietokoneilla käytettyjen leveysluokkien mukaan. Näiden prosenttiosuuksien muutoksia vertailtiin aina edellisen kierroksen tuloksiin nähden koeajon aikaansaamien muutosten todentamiseksi.

Kolmen koeajokierroksen myötä märkäleikkausleveyksiä kavennettiin selvästi lähtötasoon nähden. Työn tavoitteena ollut ylileveiden viilujen määrän pienentäminen onnistui märkäleikkausleveyksien optimoinnin myötä jokaisen neljän viilukoon ja -luokan kohdalla. Uusien märkäleikkausarvojen myötä viilut ovat lähempänä tavoitekokojaan kuin ennen optimointia. Näiden tulosten myötä tutkimusta voidaan kutsua onnistuneeksi. Konkreettisen taloudellisen hyödyn osoittaminen vaatisi kuitenkin asian laajempaa ja syvällisempää tutkimista.

---

Asiasanat: optimointi, viilu, leikkaus, kuivaus

## ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Forestry

KORTELAINEN, VILLE:

Optimizing veneer wet cutting widths by using dry veneer widths

Bachelor's thesis 54 pages  
December 2012

---

The purpose of this study was to look for the possibility to optimize veneer wet cutting widths at Metsä Wood Punkaharju Kerto LVL Mill. The goal with this optimization was to decrease the amount of over-wide veneers and to make the dry veneers as close as possible to their target widths. Another goal for this optimization was to make veneer cutting more efficient. The second purpose of this study was to find out how the diameter and volume of peeled logs affects the amount of surface and inner wood veneers. This second purpose was not approached due to skepticism towards its usability with the first purpose of this study.

The actual research was carried out by comparing the original collected data from driers with the data collected after experiment laps. While interpreting the data in the beginning and after each lap attention was paid to the amount and percentage of too narrow, within limits and over wide veneers. These statistics were collected from the classification system used by the driers. After each lap the data was compared with data from the previous lap.

With the three experiment laps the wet cutting widths were clearly narrowed when comparing the starting level and data from the experiment laps. The goal of decreasing the amount of over wide veneers was accomplished in every veneer size and class. The second goal of getting the dry veneers closer to their target width was also achieved. With these results the study was a success. For finding out the actual financial benefits of this research further research would be needed.

---

Key words: optimizing, veneer, wet cutting, drying

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Työn alustus .....	6
1.2	Työn tavoitteet.....	6
2	KERTOPUU MATERIAALINA.....	8
2.1	Kertopuun ja vanerin erot.....	8
2.2	Kerto-tuotteet.....	9
2.3	Kertopuun valmistusprosessi.....	10
3	KÄYTETTÄVÄ PUURAAKA-AINE .....	12
3.1	Puutavaran mitta- ja laatuvaatimuksien taustat .....	12
3.2	Puuraaka-aineen mitta- ja laatuvaatimukset.....	12
3.3	Sydän- ja pintapuun erot.....	13
4	VIILUN VALMISTUS, MÄRKÄLEIKKAUS JA KUIVAUS.....	15
4.1	Yleistä viilun valmistuksesta.....	15
4.2	Viilun valmistus sorvaamalla .....	15
4.3	Kosteusmittaus, märkäleikkaus ja kuivauskutistuma.....	16
4.4	Kuivauksen perusteet ja periaatteet.....	18
4.5	Sydän- ja pintapuuviilujen kuivauksen erot .....	19
5	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	21
5.1	Tutkimusmenetelmien alustus.....	21
5.2	Märkäleikkausleveyksien tarkastelu.....	22
5.2.1	Lähtötilanteen selvittäminen.....	22
5.2.2	Koeajojärjestelyt .....	23
5.3	Sorvipölliin järeyden merkitys sydän- ja pintapuuviilujen saantoon .....	23
6	TULOSTEN TARKASTELU .....	24
6.1	Viilujen koko tavoitearvoihinsa nähden ennen koeajoja.....	24
6.1.1	8' x 6' P-viilujen lähtötaso.....	25
6.1.2	8' x 6' S-viilujen lähtötaso.....	26
6.1.3	8' x 8' P-viilujen lähtötaso.....	27
6.1.4	8' x 8' S-viilujen lähtötaso.....	28
6.2	Ensimmäisen koeajon tulokset .....	29
6.2.1	8' x 6' P-viilujen 1. koeajon tulokset.....	30
6.2.2	8' x 8' P-viilujen 1. koeajon tulokset.....	31
6.2.3	8' x 8' S-viilujen 1. koeajon tulokset.....	32

6.3 Toisen koeajon tulokset.....	33
6.3.1 8' x 6' P-viilujen 2. koeajon tulokset.....	34
6.3.2 8' x 6' S-viilujen 2. koeajon tulokset.....	35
6.3.3 8' x 8' P-viilujen 2. koeajon tulokset.....	36
6.3.4 8' x 8' S-viilujen 2. koeajon tulokset.....	37
6.4 Kolmannen koeajon tulokset.....	38
6.4.1 8' x 6' P-viilujen 3. koeajon tulokset.....	39
6.4.2 8' x 6' S-viilujen 3. koeajon tulokset.....	40
6.4.3 8' x 8' P-viilujen 3. koeajon tulokset.....	41
6.5 Neljäs koeajo .....	42
6.6 Sorvipölliin järeyden vaikutus sydän- ja pintapuuviiilujen saantoon.....	42
7 TULOSTEN YHTEENVETO .....	44
7.1 8' x 6' P-viilu .....	44
7.2 8' x 6' S-viilu .....	46
7.3 8' x 8' P-viilu .....	48
7.4 8' x 8' S-viilu .....	49
8 POHDINTA .....	51
LÄHTEET.....	53

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn alustus

Tämä opinnäytetyö tehdään Metsä Woodin (entinen Metsäliitto Osuuskunnan Puutuote-teollisuus) Punkaharjun Kerto-tehtaalle. Tutkin mahdollisuuksia optimoida viilun märkäleikkausleveyksiä tarkastelemalla kuivattujen viilujen todellista leveyttä. Toimeksiantoni on osa tulevan sorviin ja märkäleikkaukseen liittyvän investoinnin taustatutkimusta. Märkäleikkausleveyksiä pyritään optimoimaan, koska viilujen tehokkaampi käyttö ja mahdollisesti pienentyvä raaka-ainehävikki auttavat tuotantolaitosta parantamaan käytösuhdettaan, erityisesti sorvauksen ja märkäleikkauksen (sorvaton viilumaton leikkaaminen arkkeihin ennen kuivausta) välikäyttösuhdetta, sekä säästämään kustannuksissa pienentyneen raakapuun tarpeen myötä.

Samalla tutkin, miten sydän- ja pintapuuosuudet muuttuvat sorvipölliin (kuorittu ja aihiomittaan katkottu sorvattava tukki) järeyden vaihdellessa. Tämä vaikuttaa tehtaalla sydänpuu- ja pintapuuviilujen saantoon. Koska mainittuja viilutyyppejä käsitellään ja käytetään toisistaan eriävillä tavoilla, on hyvä tietää, miten niiden saanto vaihtelee raaka-aineen läpimitan ja siten tilavuuden mukaan.

## 1.2 Työn tavoitteet

Kuten alustuksessa mainitsin, työn tavoitteena on pyrkiä optimoimaan viilun märkäleikkausleveyksiä viilun todellisen koon mukaan. Tämä tähtää siihen, että viilut olisivat kuivauksen jälkeen nykyistä lähempänä niiden tavoitekokoja. Tällöin viiluhävikki pienenee, koska mitallistamis- ja viistesaha sahai vähemmän ylimääräistä viiluarkin reunasta ennen ladontaprosessia. Työn toisena tavoitteena on selvittää sorvipölliin järeyden merkitys sydän- ja pintapuuviilujen saantoon. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, saadaanko järeämmistä sorvipölleistä enemmän toista kuin toista viilutyyppejä suhteessa pienempiin sorvipölleihin.

Havainnollistan optimoinnin mahdollisen onnistumisen taloudellisia hyötyjä seuraavan esimerkin avulla. Oletetaan tehtaan 1-linjan käyttävän noin 150 000 m<sup>3</sup> raakapuuta vuodessa ja raakapuun tehdashinta kyseiselle tuotantolaitokselle on 80 €/m<sup>3</sup>. 1-linjalla käytettävä viilu on kuivauksen jälkeen noin 2600 mm leveä ja onnistuneen optimoinnin mukainen säästö per viilu on 5 mm.

Tällöin voidaan laskea säästö per viiluarkki jakamalla optimoinnin mukainen säästö käytettävän viilun koolla, jolloin tulokseksi saadaan noin 0,19 %. Kun kyseinen säästöprosentti suhteutetaan vuosittain käytettävään raakapuun määrään, saadaan tulokseksi 285 m<sup>3</sup>. Rahallinen säästö on noin 23 000 € vuodessa. Raaka-aineen käytön tehokkuuden keskeinen mittari on käyttösuhde, johon tällä säästöllä vaikutetaan positiivisesti.

Karkeudestaan huolimatta esimerkki osoittaa, että pienilläkin säästöillä yksittäisen viilun kohdalla on suuri merkitys isompaa mittakaavaa tarkasteltaessa. Tämä esimerkki ei kuitenkaan huomioi toisen linjan vuosittain käyttämää raakapuumäärää tai sillä käytettävää pienempää viilukokoa eikä mahdollisen optimoinnin tuomia säästöjä.

## 2 KERTOPUU MATERIAALINA

Tässä luvussa kerron Kertopuusta materiaalina. Aluksi vertailen ja kerron perinteisen vanerin ja Kertopuun eroista, koska Kertopuu on keskimäärin suurelle yleisölle tuntemattomampi tuote. Valotan myös erilaisten Kerto-tuotteiden eroja ja käyttökohteita sekä esittelen yleisellä tasolla niiden valmistusprosessia. Valmistusprosessin kuvaamisessa pääpaino on sorvaamisen ja sen työvaiheiden, märkäleikkauksen ja kuivauksen kuvaamisessa, koska ne ovat työni kannalta oleelliset valmistusprosessin vaiheet.

### 2.1 Kertopuun ja vanerin erot

Kertopuu on havupuusta sorvatuista viiluista liimaamalla valmistettu järeä palkki- ja puulevytuote, joka eroaa perinteisestä vanerista käytettyjen viilujen paksuuden, rakenteensa ja mittojensa puolesta. Myös käyttökohteissa on eroja, koska Kertopuu on suunniteltu erityisesti kantaviin rakenteisiin ja perinteistä vaneria käytetään levyttämässä esimerkiksi kuljetusvälineiteollisuudessa ja rakentamisessa. (Metsä Wood 2012a; Metsä Wood 2012c.)

Pääosin kuusesta sorvattujen viilujen paksuus on Kertopuussa noin 3 mm. Koivu- ja ohuviiluisella havuvanerilla viilujen nimellispaksuus on 1,4 mm. Paksuviiluisen havuvanerin viilunpaksuudet ovat 2.0–3.2 mm. (Metsäteollisuus ry ym. 2005, 9.)

Sekä Kertopuu että vaneri ovat puulevytuotteita ja siten komposiittimateriaaleja. Kertopuu koostuu syysuunnan mukaan ladotuista viiluista sekä liimasta, ja se luokitellaan insinööripuutuotteeksi. Perinteisessä vanerissa kaikki viilut on ristiinliimattu. Vanerista poiketen Kertopuun viistojatsettujen viilujen syysuunta on aina pitkittäinen. Viilut liimataan toisiinsa fenoliliimalla, joka koostuu fenolihartsista ja sen kanssa reagoivasta formaldehydistä. (Koponen 2002, 82; Lahtinen 2009, 2.)

Suurimmat mittaerot näiden kahden materiaalin välillä johtuvat siitä, että Kertopuuta voidaan tehdä tietyn maksimileveyden mukaan pituudeltaan lähes loppumattomana laatana. Perinteinen vaneri tehdään aina tiettyjen standardoitujen aihiomittojen mukaan jatkettuja erikoismittoja lukuun ottamatta. Käytännössä kuitenkin tuotantolaitosten koneiden ja tilojen koko sekä kapasiteetti rajoittavat Kertopuu-tuotteiden maksimipituuden 25 metriin. Kertopuuta voidaan valmistaa aina 90 mm:n paksuuteen asti, kun perinteisen vanerin maksipaksuus on Koposen (2002, 21) mukaan 30 mm.

## **2.2 Kerto-tuotteet**

Kertopuuta voidaan valmistaa joko risti- tai niin kutsutulla tavallisella rakenteella. Ristirakenteissa tietty määrä viiluja on ladottu syysuuntaan nähden ristiin ja tavallisessa rakenteessa kaikki viilut ovat syysuuntaisesti ladottuja.

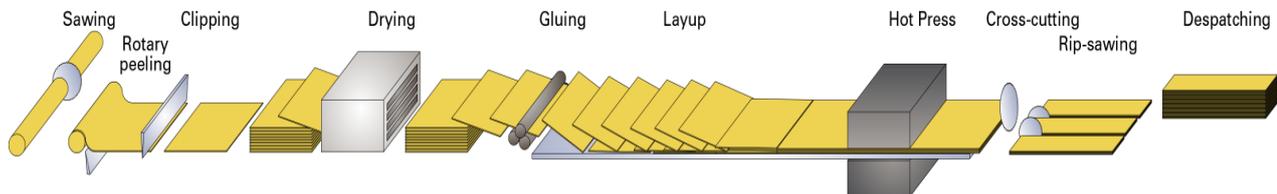
Ristirakenteella valmistettuja levyjä myydään Kerto-Q–nimellä ja ne soveltuvat erityisesti levyinä välipohjarakenteisiin tai palkkeina poikittaista vetolujuutta vaativiin kohteisiin. Tuoteperheen uusimpana tuotteena on Kerto-QP–niminen palkki, jota valmistetaan myös ristirakenteella ja käytetään erityisesti ala- ja välipohjissa Kerto-S:n hoikempana ja korkeampana vaihtoehtona. (Metsä Wood 2012d.)

Tavallisella rakenteella valmistettuja levyjä myydään Kerto-S–nimellä ja ne soveltuvat palkkeina erityisesti suurta jäykkyyttä vaativille pitkille jänneväleille niin ala- kuin välipohjissa. Neljäntenä Kertotuotteena on Kerto-T–nimellä myytävät tolppatuotteet, jotka soveltuvat erityisesti ulko- ja väliseinien kantaviin rakenteisiin. Myös Kerto-T–tuotteet valmistetaan edellä mainitulla tavallisella rakenteella. (Finnforest 2008, 4–9, 14–15; Metsä Wood 2012b.)

### 2.3 Kertopuun valmistusprosessi

Kertopuun valmistusprosessi on seuraavanlainen: tukkien käsittely, katkottujen tukkien sorvaus, viilumaton märkäleikkaus, viilujen kuivaus, liimoitus ja ladonta, esi- ja kuu-mapuristaminen sekä sahaaminen ja pakkaaminen. Tukkien käsittely pitää sisällään tukkien vastaanoton ja varastoinnin, kuorinnan, haudonnan sekä katkonnan sorvipöllimitaan.

Kuviossa 1 on esitetty Kertopuun valmistusprosessi pääpiirteissään. Kuviossa ei ole kuvattu tukkien käsittelyn alkuvaiheita, viilujen saumausta eikä viistesahausta.



KUVIO 1. Kertopuun tuotantoprosessi (Metsä Wood 2012b)

Koponen (2002, 38) kertoo sorvauksen sisältävän seuraavat työvaiheet: pöllien siirtäminen sorvin välivarastokuljettimelle, pöllien siirto sorvin keskityslaitteeseen, pöllien keskittäminen, keskitetyn pöllin siirtäminen sorvin karojen väliin, pöllin pyöristäminen ja viilun sorvaaminen, pyöristysjätteen siirto hakettavaksi ja viilumaton siirtäminen märkäleikkaukseen.

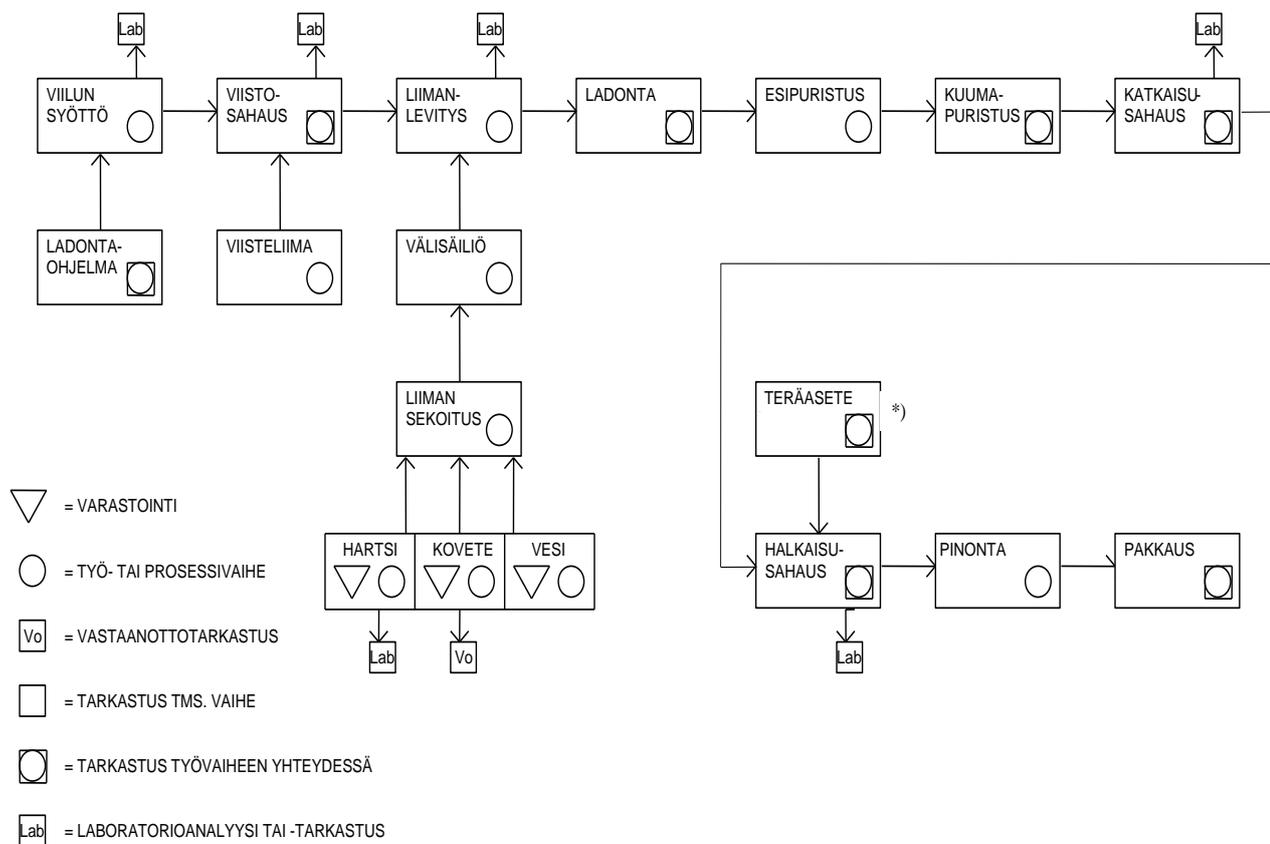
Sorvattu viilumatto siirretään kuljettimia pitkin märkäleikkurille, joka leikkaa viilumaton eri leveysmittoihin viilumaton kosteuden mukaan.. Märkäleikkuri katkoo myös viilumaton käyttökelvottomat osat hakettamista varten ja saumaukseen kelpaavat kaistaleet, niin kutsutut jontit, erilleen. Kuivattuja huonolaatuisia, ennen ladontaa raakattuja viiluja ja märkäleikkurin leikkaamia pienempiä viilukaistaleita saumataan viiluhävikin minimoimiseksi.

Leikatut ja lajitellut viilut kuivataan höyrylämmiteisillä telakuivauskoneilla, joissa viilut kuivataan telojen kannattelemina. Koposen (2002, 49) mukaan kuivauksessa viilun kosteus lasketaan sopivalle tasolle liimausta varten. Kuivauksessa myös määräytyy varsin pitkälti tuotteen lopullinen kosteus.

Kuivatut sekä kosteuden, massan ja optisen laadun mukaan lajitellut viilut siirtyvät vä-  
livarastoinnin kautta ladontalinjoille ladottaviksi. Viiluista sahataan ylimääräinen leveys  
pois ja ne viistesahataan sekä liimoitetaan ennen ladontaa. Ladottu laatta esipuristetaan  
aluksi pelkän paineen avulla. Esipuristamisen jälkeen laatta kuumapuristetaan korkeassa  
lämpötilassa ja paineessa. Kuumapuristuslämpötilat, -ajat ja paineet riippuvat tuotepak-  
suudesta ja rakenteesta.

Koska Kertopuuta valmistetaan niin sanottuna jatkuvana laattana, kuumapuristamisen  
jälkeen syntyneen laatan päästä katkotaan ja sahataan tietty osa haluttujen mittojen mu-  
kaan. Katkonnan ja sahaamisen jälkeen pakatut valmiit paketit ovat valmiita kuljetetta-  
viksi eteenpäin asiakkaille.

Kuviossa 2 on esitetty tarkemmin valmiin tuotteen syntyminen aina viilujen syötöstä  
pakkaukseen asti. Kuvioon on myös merkitty välivarastoinnit, suoritettavat tarkistukset  
ja mittaukset, joita laboratorio ja työntekijät seuraavat prosessista.



KUVIO 2. Tuotteen valmistusprosessikaavio (Finnforest 2002)

### **3 KÄYTETTÄVÄ PUURAAKA-AINE**

Tässä luvussa kerron Punkaharjun Kerto-tehtaalla käytettävän puuraaka-aineen mitta- ja laatuvaatimuksista sekä niiden taustoista, koska käytettävällä puulla on erittäin suuri merkitys lopputuotteen laatuun ja kestävyYTEEN. Käsittelen myös sydän- ja pintapuun fysiologisia eroja, koska ne vaikuttavat märkäleikkauksen ja kuivauksen osaprosesseihin.

#### **3.1 Puutavaran mitta- ja laatuvaatimusten taustat**

Mitta- ja laatuvaatimusten taustalla ovat valmiin tuotteen vaatimukset. Valmiin tuotteen tulee kestää rasitusta tietyn verran ja tämä määrittelee, millaista raaka-ainetta siihen voidaan käyttää. Koska Kertopuu tehdään viiluista, on viilujen laadulla erittäin suuri merkitys.

Käytännössä tämä tarkoittaa, että tukkien viat ovat suoraan viilujen vikoja. Näistä esimerkkeinä ovat muun muassa oksien koko, korjuuvauriot ja toukanreiät. Tukkien tulee olla tietynpituisia, koska käytettävä sorvi on suunniteltu sorvaamaan noin 261 cm pölköjä. Liika lenkous ja mekaaniset viat, kuten tervasroso, koro ja halkeamat heikentävät sorvauksen tehokkuutta ja siten viilusaantoa ehjien arkkien osalta.

#### **3.2 Puuraaka-aineen mitta- ja laatuvaatimukset**

Punkaharjun Kerto-tehtaalla käytetään pääasiassa kuusitukkia, mutta myös mäntytukkia käytetään. Mäntytukkia saa olla kuukausittain maksimissaan 10 %, ja sen on oltava pelkästään tyvitukkia. Mäntyä saa olla kuormakohtaisesti maksimissaan 15 m<sup>3</sup>. Tuulenkaatoja ei sallita ollenkaan. (Punkaharjun kertopuutehdas 2008.)

Latvaläpimitaltaan molempien puulajien tukkien tulee olla vähintään 25 cm. Tyviläpimita saa olla maksimissaan 75 cm. Kuivia, lahoja ja poikaoksia sallitaan maksimissaan 40 mm paksuuteen asti. Tuoreita oksia sallitaan 60 mm:n paksuuteen asti. (Punkaharjun kertopuutehdas 2008.)

Tehtaalla on käytössä kaksi tukkimittaa: 267 cm ja 530 cm. Katkontaikkuna on molemmilla tukkimitoilla -3 cm / +5 cm. Lyhyttä tukkimittaa saa olla maksimissaan 20 % kokonaispuumäärästä. Pidemmän tukkimitan tukit eivät saa olla lyhyempiä kuin 527 cm. (Punkaharjun kertopuutehdas 2008.)

Vikoja sallitaan sorvipöllin 265 cm matkalla seuraavasti: pölkyn latvaläpimitan ollessa 25–30 cm, lenkous saa olla pöllin matkalla 3 cm ja latvaläpimitan ollessa yli 30 cm, lenkous saa olla pöllin matkalla 5 cm. Kovaa lahoa sallitaan 30 mm säteellä pölkyn keskipisteestä. Tervasrosoa, koroa, korjuuvaurioita, lohkeamia ja muita teknisiä vikoja sallitaan latvalieriön ulkopuolella. (Punkaharjun kertopuutehdas 2008.)

Tukeissa ei sallita ollenkaan seuraavia vikoja: latvamutkia tai monivääryyttä, halkeamia latvalieriön sisäpuolella, tyvilippoja tai kaatomurtumia, mutterioksia eli isojen oksien tyvilaajentumia, metallia tai muita vieraita esineitä, pehmeää lahoa tai toukanreikiä eikä sinivikaa. (Punkaharjun kertopuutehdas 2008.)

### **3.3 Sydän- ja pintapuun erot**

Puiden rakenteessa on erotettavissa sydän- ja pintapuu. Sydänpuu sijaitsee välittömästi ytimen ympärillä. Kuusella sydän- ja pintapuulla on selkeä kosteusero. Suuri sydänpuuosuus laskee kosteusprosenttia ja sydänpuun kosteus pysyy lähes samana tai kasvaa vain hieman puuaineen tiheyden kasvaessa. (Kärkkäinen 2003, 109, 126–127.)

Sydänpuuosuuden maksimi puissa on noin 1,3–1,5 metrin korkeudella, josta se vähenee vain vähän tyveä kohti. Latvassa sydänpuuta syntyy muuta runkoa nopeammin. Myös kosteussuhde nousee puun latvaa kohti. (Kärkkäinen 2003, 113–114, 128.)

Pinta- eli aikuispuu on muodostunut vaippana sydänpuuosuuden ja ytimen ympärille. Pintapuuta on selvästi sydänpuuta kosteampaa. Tiheyden kasvaessa pintapuun kosteus laskee. (Kärkkäinen 2003, 109, 128.)

Halkaisijaltaan samankokoisilla puuyksilöillä nopeasti kasvaneella yksilöllä syntyy vähemmän sydänpuuta kuin hitaasti kasvaneella yksilöllä. Sydänpuuosuuden vaihtelua tarkasteltaessa iän puolesta, tulos on päinvastainen. Samankokoisilla puilla nopeasti kasvaneella yksilöllä on suurempi sydänpuuosuus kuin hitaasti kasvaneella yksilöllä. Iän ja halkaisijan lisäksi Suomessa puiden sydänpuuosuuden suuruuteen vaikuttaa maantieteellinen sijainti: Etelä-Suomessa puiden sydänpuuosuus on pienempi kuin pohjoisessa. (Kärkkäinen 2003, 115–117.)

## **4 VIILUN VALMISTUS, MÄRKÄLEIKKAUS JA KUIVAUS**

Tässä luvussa käsittelen viilun valmistusta ja viilujen jatkokäsittelyä. Viilun valmistusta tapahtuu kahdella tavalla: leikkaamalla ja sorvaamalla. Keskityn pääasiassa viilun valmistamiseen sorvaamalla, koska Kertopuussa käytetyt viilut valmistetaan siten. Viilujen jatkokäsittelyä koskien kerron yleisellä tasolla viilujen kosteusmittauksen ja märkäleikkauksen periaatteista sekä viilujen kuivauksesta.

### **4.1 Yleistä viilun valmistuksesta**

Viiluja valmistetaan joko leikkaamalla tai sorvaamalla. Kertopuussa käytetyt viilut sorvataan, joten käsittelen tässä osiossa sorvausta ja sen tekniikkaa. Leikattuihin viiluihin nähden sorvatut viilut ovat tuotantokustannuksiltaan halvempia ja leveysmitoiltaan suurempia. (PuuProffa 2011.)

Vanerin ja Kertopuun valmistuksessa viiluille asetetaan kahdenlaisia vaatimuksia: kaupalliseen laatuun liittyvät ja jatkokäsittelyyn liittyvät vaatimukset. Esimerkkejä kaupallisen laadun vaatimuksista ovat viilujen ulkonäön vaatimukset, viilun riittävä paksuus ja riittävät lujuusominaisuudet, eritoten poikittaisvetolujuus. Esimerkkejä jatkokäsittelyn aiheuttamista vaatimuksista viilun laadulle ovat sorvauksen jälkeisen viilumaton ehjyys ja pituus, viilun pinnan sileys ja tasaisuus sekä yleinen lujuus. Yleisellä lujuudella tarkoitetaan viilujen kykyä kestää erilaisia jatkokäsittelyprosesseja kuten kuivausta tai saumausta. (Koponen 2002, 37.)

### **4.2 Viilun valmistus sorvaamalla**

Sorvauksessa keskitettyä sorviaihiota pyöritetään liikkuvan teräkelkan vastaterää ja leikkaavaa terää vasten, jolloin pöllistä irtoava viilumatto tulee ulos niiden välisestä teräraosta. Jäljelle jäävät noin 50–80 mm halkaisijaltaan olevat purilaat joko haketetaan tai varastoidaan jatkokäyttöä varten. (Koponen 2002, 40.)

Hyvälaatuisen viilun saamiseksi tulee puuaineksen olla mahdollisimman muokkautuvassa tilassa. Tähän se saadaan, kun puun kosteusprosentti on riittävän korkea, mieluiten alimmillaan puun syiden kyllästymispisteen verran eli 30 %. Samalla tulee huomioida puuaineksen riittävä lämpötila, koska liian kylmät sorvipöllit saattavat halkeilla päistään vähentäen viilusaantoa (Koponen 2002, 44.)

Sorvauksessa ja sitä edeltävissä työvaiheissa syntyy hävikkiä seuraavasti: kuorinnassa poistettu kuori, katkaisuhäviö katkottaessa tukkeja sorvipölleiksi ja sorvauksen alussa tapahtuva pöllin pyöristäminen. Nämä hävikit huomioiden viilun saanto on havupuulla 65 %. Sorvauksen saanto riippuu raaka-aineen laadusta, pöllin keskittämisen tarkkuudesta ja pyöristämisestä. Lämpimiltään ja tilavuudeltaan suuremmat pöllit lisäävät saantoa, mutta suuret pöllit sisältävät usein enemmän erilaisia vaurioita esimerkiksi lahoa. Erityisen tärkeä on vaihe, jossa käyttökelpoista viilua aletaan ottaa talteen. (Koponen 2002, 45–46.)

### **4.3 Kosteusmittaus, märkäleikkaus ja kuivauskutistuma**

Sorvauksessa syntyvä viilumatto kuljetetaan kosteusmittauksen kautta märkäleikkurille, joka leikkaa viilumaton tiettyihin arkkimittoihin. Samalla se optimoi viilumaton leikkauksen viiluarkkeihin ja saumauskappaleisiin. Märkäleikkurin konenäkö määrittelee leikkattavan arkin leveyden ja laadun yhdessä kosteusmittauksen kanssa. Itse leikkaus tapahtuu vertikaalisti pystysuorassa olevan terän avulla. (Koponen 2002, 56.)

Märkäleikkauksessa tulee huomioida kuivauskutistuma, jonka takia viilut leikataan yli-levyiksi. Tämä kutistuma on keskimäärin noin 8 % leveysmitasta. Viilun leveysmitalla tarkoitetaan kohtisuoraa puun syiden suuntaa vastaan olevaa mitta. Tästä kutistumasta johtuen märkäleikkauksen saanto on 3–4 % huonompi kuin kuivaleikkauksessa. Koposen (2002) mukaan kuivaleikkauksessa sorvattu viilumatto kuivataan kokonaisuena ja leikataan arkkimittoihin vasta kuivauksen jälkeen. (Juvonen 1985, Merviön 2011 mukaan; Liukko 2004, Merviön 2011 mukaan; Merviö 2011, 26.)

Kertopuu-tehtailla viilut lajitellaan ja leikataan märkäleikkauksessa sydänpuu- (S) ja pintapuuviiluiksi (P), minkä jälkeen ne pinkataan omiin pinkkoihinsa. Lajittelussa ei kuitenkaan oteta kantaa ovatko tiettyyn pinkkaan pinkatut viilut juuri puun sydän- vai pintaosasta, vaan lajittelu tapahtuu ainoastaan viilun kosteuden perusteella. S- ja P-viilujen erilaisten kosteusosuuksien ja kuivauskutistuman vaihtelun suuruuden vuoksi viiluja leikataan useampaan leveyteen kosteutensa perusteella.

Nykyään molemmilla viilumitoilla on käytössä kolme kosteusluokkaa: erittäin märkä/keskikostea ja keskikostea/kuiva sekä niin kutsuttu väliluokka, johon ei kuitenkaan märkäleikata viiluja vaan se muodostuu kahden muun luokan kosteusrajojen väliin jäävästä alueesta. Näillä eri leveyksillä pyritään siihen, että kaikki viilut olisivat erilaisista kosteusosuuksista huolimatta mahdollisimman lähellä tavoitekokojaan kuivauksen jälkeen. (Uimonen 2011b.)

Puuaines kutistuu kolmeen eri suuntaan. Nämä suunnat ovat pituuden tai syyn suuntainen, säteen suuntainen ja tangentin suuntainen kutistuminen. Pituuden suuntainen kutistuminen on kaikkein vähäisintä, vain 0,1–0,3 %. Säteen suuntainen kutistuminen on suurempaa ja se on noin 3–6 %. Kaikkein suurinta kutistuminen on tangentin suunnassa, mikä on noin 6–12 % puulajista riippuen. (Kärkkäinen 2003, 191.)

Kuviossa 3 on havainnollistettu havupuun kutistumista kolmeen edellä mainittuun suuntaan.



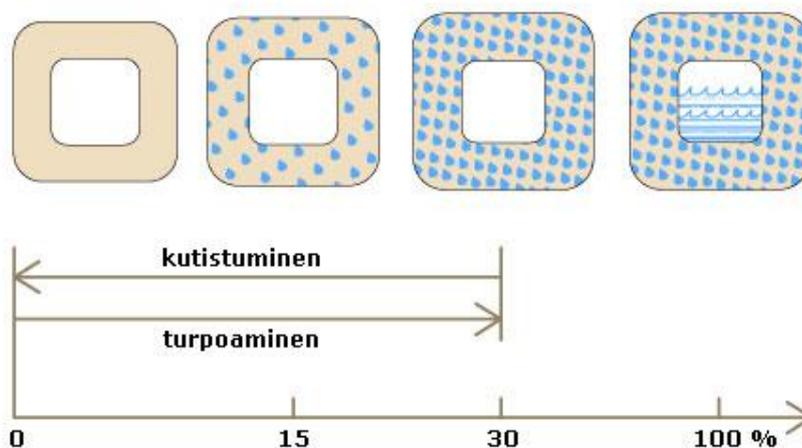
KUVIO 3. Havupuun kutistuminen (Uimonen 2011a)

#### 4.4. Kuivauksen perusteet ja periaatteet

Viilun kuivaus perustuu pääosin puun hygroskooppisuuteen, joka tarkoittaa puuaineen ominaisuutta asettua sitä ympäröivän ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden edellyttämään tasapainotilaan. Koska tasapainokosteus laskee lämpötilan kohotessa, käytetään kuivauksessa viilutyypistä riippuen lähes 200 °C:n lämpötiloja. (Koponen 2002, 49.)

Tuoreessa puussa vesi esiintyy soluonteloissa ja muissa vapaissa tiloissa sekä sitoutuneena soluseinämiin. Kuivausprosessin alkuvaiheessa vesi poistuu tuoreesta puusta ensimmäisenä soluonteloista, kunnes tullaan puunsyiden kyllästymispisteeseen, kotimaisilla puulajeilla noin 30 %:n kosteuteen. Kärkkäisen (2003, 175) mukaan puunsyiden kyllästymispiste on piste, jossa puu on saavuttanut jossakin lämpötilassa maksimaalisen kosteussuhteen vesihöyrystä, suhteellisen höyrynpaineen ollessa 1. Tämän jälkeen haihtuu soluseinämiin sitoutunut vesi, mikä aiheuttaa puun kutistumisen. (Koponen 2002, 50.)

Kuviossa 4 on esitetty vapaan veden poistuminen soluonteloista ja muista vapaista tiloista kosteuden laskiessa ja puunsyiden kyllästymispisteen saavuttamiseen jälkeen veden poistuminen soluseinämistä.



KUVIO 4. Kutistuminen ja turpoaminen (Uimonen 2011a)

Kuten mainitsin kosteusmittauksen ja märkäleikkauksen yhteydessä, puuaine kutistuu kolmeen eri suuntaan: syyn, säteen ja tangentin suuntaan. Oleellisin kutistuminen tapahtuu juuri tangentin suuntaan, koska viilut sorvataan pölleistä nimenomaan kyseiseen suuntaan. Koposen (2002, 51) mukaan loppukosteuden ollessa 5 %, havupuu kutistuu tangentin suunnassa noin 6 %.

Tämä kutistuminen on otettava huomioon kuivausprosessissa erityisesti kuivauskoneen nopeudessa, jotta viilut eivät rikkoutuisi kuivaamisen aikana. Havupuiden sydän- ja pintapuun suuren kosteuseron takia kuivausta ohjataan kosteamman pintapuun perusteella. (Koponen 2002, 51.)

Viilun kuivuminen voidaan jakaa pääpiirteissään seuraaviin vaiheisiin: lämpötilan nosto, viilun kuivuminen ja viilun jäädyttäminen. Lämpötilan nostossa viilun lämpötila nostetaan kuivausilman suhteellisen kosteuden vaatimalle tasolle, jolloin varsinaista kuivumista ei kuitenkaan vielä tapahdu. Viilun varsinainen kuivaus tapahtuu kahdessa vaiheessa: nopeasti ja lähes vakionopeudella aina pyynsyiden kyllästymispisteeseen asti viilun lämpötilan ollessa lähes veden kiehumispisteessä, minkä jälkeen kuivuminen jatkuu hitaammin ja viilun lämpötila alkaa vähitellen lähestyä kuivausilman lämpötilaa. Lopuksi viilu jäädytetään, jolloin viilun ulko- ja sisäkerrosten väliset kosteuserot tasaantuvat sekä epätasaisuutta aiheuttavat kuivausjännitykset pienenevät. (Koponen 2002, 51.)

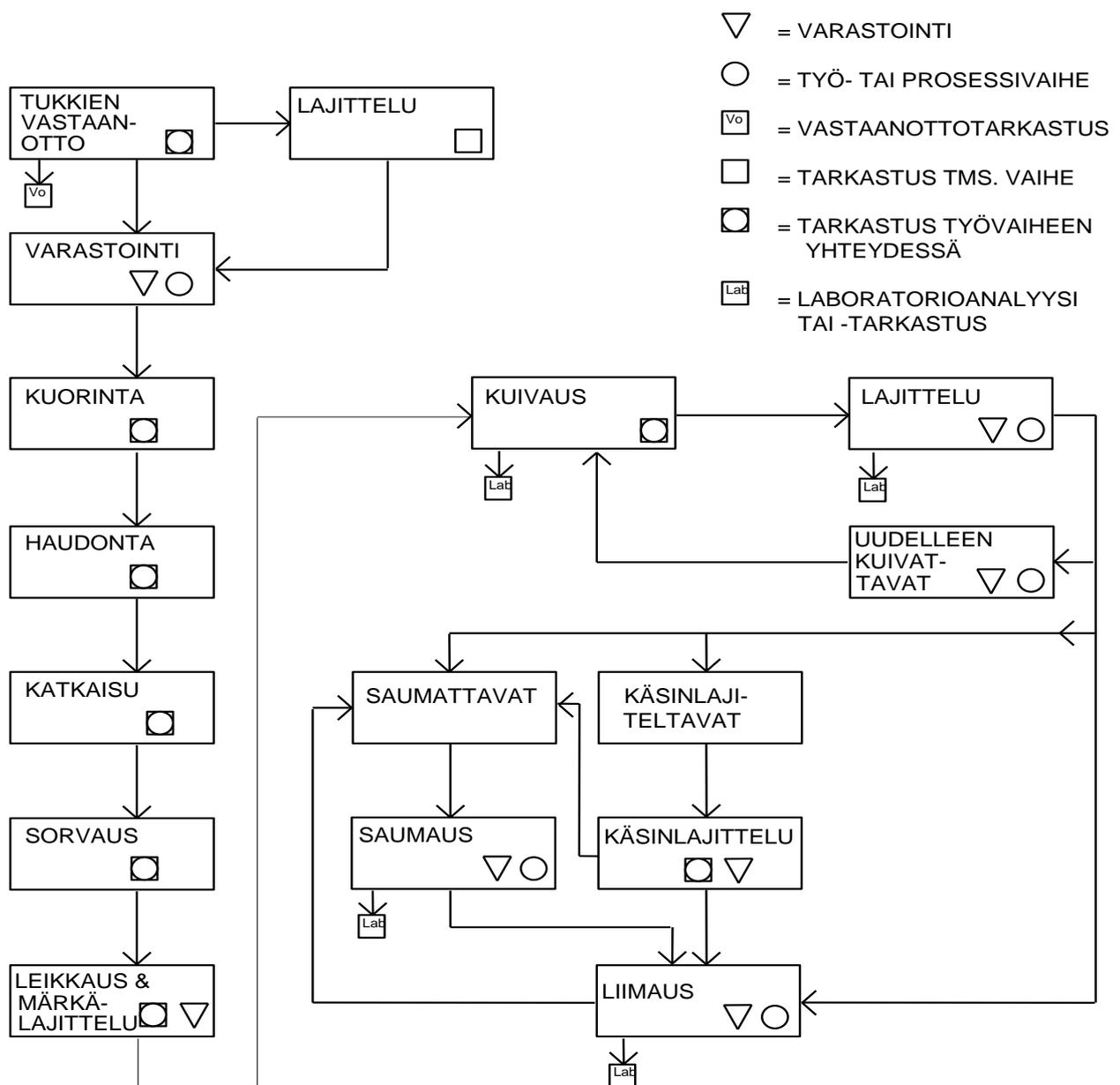
Oleellisimmat kuivausaikaan vaikuttavat tekijät ovat kuivausilman lämpötila sekä suhteellinen kosteus, ilman puhallusnopeus viilun pinnalle, puun kosteus kuivauksen alussa, haluttu viilun loppukosteus, viilun paksuus ja puulaji sekä siitä riippuvat solurakenne, tilavuuspaino ja pinta- ja sydänpuun väliset kosteuserot. (Koponen 2002, 52.)

#### **4.5. Sydän- ja pintapuuviilujen kuivauksen erot**

Kerto-tehtailla sorvaukseen jälkeen leikattuja ja lajiteltuja S- ja P-viiluja käsitellään toisistaan poiketen kosteuserojen takia. Kuivauksessa suurimmat eroavaisuudet viilutyyppien välillä ovat kuivausajan pituudessa ja kuivauslämpötilan suuruudessa, jotka molemmat korreloivat kuivausnopeuden kanssa.

S-viiluja kuivataan matalammalla kuivauslämmöllä ja lyhyemmällä kuivausajalla, koska kyseiset viilut ovat kuivempia. P-viiluja kuivataan taas korkeammalla kuivauslämmöllä ja pidemmällä kuivausajalla, koska ne ovat kosteampia. Lopuksi kuivatut viilut lajitellaan eri luokkiin kosteuden, massan ja visuaalisen laadun mukaan.

Kuviossa 5 on esitelty viilun valmistusprosessia tarkemmin aina tukkikentältä kuivauksen jälkeiseen lajitteluun ja saumaukseen asti. Kuvioon on myös merkitty välivarastoinnit, suoritettavat tarkistukset ja mittaukset, joita laboratorio ja työntekijät seuraavat prosessista.



KUVIO 5. Viilun valmistus (Finnforest 2002)

## 5 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä luvussa kerron, miten lähtötilanne selvitetään keskimääräisen viiluhävikin kannalta. Kerron myös, mihin suoritettavat mittaukset keskittyvät sekä mitä mitattavista asioista lasketaan ja päätellään. Koeajojärjestelyissä esittelen nykyisiin asetuksiin ja säätöihin tehtävät muutokset. Lähtötilannetta selvitettäessä ja koeajojärjestelyistä lasketaan samat tunnusluvut, jotta mahdolliset muutokset olisivat selkeästi todennettavissa. Esittelen myös ideani sorvipölliin järeyden vaihtelun merkityksen tutkimiseksi.

### 5.1 Tutkimusmenetelmien alustus

Kuten olen aiemmin työssäni maininnut, viilut leikataan märkäleikkauksessa tiettyihin luokkiin kosteutensa mukaan ja ne leikataan hieman ylileveiksi kuivaamisen aiheuttaman kutistumisen kompensoimiseksi. Näiden kosteusluokkien leikkausleveyksiä tarkastelemalla ja koeajoilla pyritään etsimään luokille nykyistä parempia leveyksiä. Tällä pyritään pienentämään viilujen turhaa ylileveyttä kuivattujen viilujen tavoitekokoon nähden, jolloin viiluhävikki pienenee ja samalla tehtaalla käyttösuhteet paranisi.

Punkaharjun tehtaalla on kaksi Kertopuuta valmistavaa linjaa ja tehtaalla on käytössä kaksi eri viilukokoa: 8-jalkainen ja 6-jalkainen viilu. Tässä tapauksessa esimerkiksi 8 jalkaa tarkoittaa viiluarkin leveyttä. Viilujen pituus on molemmilla viiluleveyksillä sorvin teknisestä toteutuksesta johtuen 8 jalkaa (8'). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että molempien viilukokojen pituus syysuunnassa on noin 261 senttimetriä, tavoiteleveyden ollessa 8-jalkaisella viilulla noin 2600 mm ja 6-jalkaisella viilulla noin 1900 mm kuivaamisen jälkeen. Sydän- ja pintapuuviiiluille on vielä erikseen omat tavoiteleveytensä kummallakin viilukoolla.

Sorvipölliin järeyden tutkimisessa keskityn vain kuusipölliin, koska mäntytukkeja saa olla vain 10 % kuukausittaisesta puumäärästä. Tämän vuoksi mäntyä sorvataan todella vähän ja sorvattuja mäntyviiluja käytetään pääosin vain erikoistuotteisiin, jotka eivät muutenkaan kuulu tutkimukseni piiriin.

## 5.2 Märkäleikkausleveyksien tarkastelu

Tässä osiossa käsittelen märkäleikkaukseen liittyviä käytännön mittauksia ja koeajoja. Kerron mittausten taustoista ja eritoten siitä, mihin koeajojärjestelyt ja niihin liittyvät parametrien uudelleenkalibroinnit perustuvat sekä, miten muutokset ja mahdolliset parannukset ovat todennettavissa. Kappaleessa 5.2.1 esittelen märkäleikkauksen nyky- eli lähtötilanteen selvittämiseen liittyviä asioita. Kappaleessa 5.2.2 esittelen ideoimani koeajot ja niiden perusteet.

### 5.2.1 Lähtötilanteen selvittäminen

Käytännössä lähtötilanteen selvittäminen tarkoittaa sitä, että kuinka lähellä tavoitekokoaan nykyisillä parametreilla leikatut viilut ovat kuivauksen jälkeen. Tämä onnistuu vertaamalla kuivauskoneiden keräämää kuivattujen viilujen leveysdataa ja viilujen kuivauksen jälkeistä tavoitekokoa. Vertailu tehdään molemmille tavoitelluille viiluleveyksille, mikä tarkoittaa neljän märkäleikkausleveyden tarkastelemista: 8' x 8' pinta-, 8' x 8' sydän-, 8' x 6' pinta- ja 8' x 6' sydänpuuviilut.

Kaikkien viiluluokkien kuivaleveyksistä tavoitearvoon nähden lasketaan, kuinka suuri prosentti viiluista osuu tavoitearvoon ja sen toleransseihin sekä kuinka suuri prosentti viiluista on yli tai alle valvontarajojen. Valvontarajoilla tarkoitetaan minimi- ja maksimileveyksiä mitatuille viiluille. Näillä rajoilla pyritään takaamaan valmiiden tuotteiden riittävä leveys ja samalla välttämään turhaa ylileveyttä. Nämä tunnusluvut lasketaan myös tulevista koeajojärjestelyistä. Märkäleikkauksen leveysasetukset ja kosteusrajat pysyvät tässä vaiheessa vielä ennallaan. Jos viilut ovat todistetusti pääsääntöisesti liian leveitä tavoitearvoihinsa nähden, voidaan märkäleikkauksen nykyisiä leveyksiä perustellusti kaventaa.

### **5.2.2. Koeajojärjestelyt**

Jos lähtötilannetta selvitetessä todettiin, että viilut ovat selkeästi liian leveitä tavoitekokoihinsa nähden, kavennetaan nykyisiä märkäleikkausleveyksiä leveysluokittain vähän kerrallaan tarvittaessa vaiheittain. Tämän jälkeen verrataan jälleen kuivattujen viilujen leveyttä tavoitekokoihinsa lähtötilanteen selvittämisen yhteydessä esitellyllä tavalla. Mahdollinen tilanteen muuttuminen todetaan vertaamalla keskenään lähtötilanteesta ja ensimmäisestä koeajojärjestelystä laskettuja tunnuslukuja.

### **5.3 Sorvipölliä järeiden merkitys sydän- ja pintapuuvilujen saantoon**

Sorvipölliä järeiden vaikutusta eri viilutyyppeiden saantoon tutkin vertailemalla sorvauksen ja märkäleikkauksen vuororaportteja. Sorvilla seurataan pölliä määrää, kokoa ja viilusaantoa. Märkäleikkauksessa seurataan, kuinka paljon viilumatosta leikataan S- ja P-viiluiksi vuoron aikana.

Hypoteesinani on, että läpimitaltaan suuremmista pölleistä saadaan enemmän S-viiluja kuin läpimitaltaan pienemmistä pölleistä. Perustan tämä siihen, että suurempaan läpimitaan ehtineet puuyksilöt ovat kasvaneet läpimitaltaan pienempiä kauemmin, jolloin sydänpuuta on ehtinyt sen hitaasta kasvusta huolimatta kasvamaan enemmän.

Tutkin hypoteesini paikkansapitävyyttä seuraavasti: vertaan 10 päivän ajalta kunkin päivän sorvipölliä läpimittojen jakautumista ja painottumista sekä kunkin päivänä leikattujen viilujen osuutta luokittain. Jos jonakin päivänä pölliä läpimittajakauma on painottunut selvästi järeämpiin luokkiin ja märkäleikkauksessa on leikattu enemmän S-viilua kuin päivänä, jolloin pölliä läpimittajakauma painottui pienempiin luokkiin, voidaan todeta hypoteesini pitävän paikkansa. Tämä tarkoittaisi sitä, että mitä järeämpiä pöllejä sorvataan, sitä enemmän myös leikataan S-viilua.

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa esittelen saamiani tuloksia ja niistä tekemiäni päätelmiä. Aluksi esittelen viilukooittain ja -tyypeittäin, millaisia tuloksia sain tutkiessani kuivattujen viilujen suhdetta tavoitekokoonsa nähden kartoittaessani lähtötilannetta. Tuonnempana kerron koeajojärjestelyiden tuloksista märkäleikkausleveyksien kaventamisen osalta. Lopuksi esittelen, miten sorvipölliin järeys vaikuttaa sydän- ja pintapuuviilujen saantoon.

### 6.1 Viilujen koko tavoitearvoihinsa nähden ennen koeajoja

Lähtötasoa selvittäessä kuivauskoneiden kameratietokoneiden tiedonkeruuta jouduttiin muokkaamaan käyttökelpoisemmaksi, mikä käytännössä tarkoitti tiedonkeruun luokittelun muokkaamista. Luokkaväliä muutettiin sopivammaksi, jotta luokat olisivat linjassa asetettujen valvontarajojen kanssa aiemman limittäisyyden sijaan. Viilutyypin erottamiseksi toisistaan sydänpuuviilujen luokittelua muutettiin edelleen siten, että se alkaa aina yhden millimetrin myöhemmin kuin pintapuuviilulla. Tämän vuoksi sydän- ja pintapuuviilujen luokittelussa käytetyt luokat eivät ole täysin samankaltaiset, mutta riittävän lähellä toisiaan ollakseen vertailukelpoisia.

Lähtötason selvittäminen viivästyi lisää, kun huomattiin kuivauskoneiden kuivaviilujen lajittelun olevan rempallaan ja ensimmäisten tulosten olevan siten vääristyneitä. Näiden muutosten ja korjausten jälkeen tarkastelun kohteena oli kahdeksan päivän ajanjakso molemmilta kuivauskoneilta sisältäen molemmat viilukoot ja -tyypit. Viilutyypin ja -kokojen väliset erot otosten suuruudessa johtuvat erilaisista viilujen syöttö- ja kuivausnopeuksista kuivauskoneilla.

### 6.1.1 8' x 6' P-viilujen lähtötaso

Tässä alaluvussa käyn läpi 8' x 6' P-viilujen tulokset, joissa näkyy selvästi ylileveiden viilujen osuus. Viiluista yli 95 % on yli valvontarajojen (taulukko 1), mikä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden huomattavalle kaventamiselle on riittävät perusteet. Taulukossa näkyy käytetty luokitteluasteikko, luokittain viilujen kappalemäärä, niiden prosenttiosuus koko otoksesta, viilujen kokonaismäärä, valvontarajat sekä alimittaisten, valvontarajoissa olevien ja ylileveiden viilujen prosenttiosuus koko otoksesta.

TAULUKKO 1. 8' x 6' P-viilujen tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1840.00	540	1,42 %		
1840.00-1850.00	191	0,50 %		
1850.00-1860.00	131	0,34 %	<b>Alimittaisia</b>	2,96 %
1860.00-1870.00	140	0,37 %		
1870.00-1880.00	128	0,34 %		
1880.00-1890.00	133	0,35 %		
1890.00-1900.00	146	0,38 %	<b>Valvontarajoissa</b>	1,50 %
1900.00-1910.00	294	0,77 %		
1910.00-1920.00	1132	2,97 %		
1920.00-1930.00	3899	10,23 %		
1930.00-1940.00	8115	21,29 %	<b>Ylileveitä</b>	95,53 %
1940.00-1950.00	10643	27,92 %		
1950.00-1960.00	8059	21,14 %		
1960.00-	4564	11,97 %		
<b>Yhteensä</b>	38115	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>1880 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1910 mm</b>			

### 6.1.2 8' x 6' S-viilujen lähtötaso

Tässä alaluvussa käyn läpi 8' x 6' S-viilujen tulokset, joissa näkyy myös selvästi ylileveiden viilujen osuus. Viiluista noin 95 % on yli valvontarajojen (taulukko 2), mikä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden huomattavalle kaventamiselle on riittävät perusteet. Taulukossa näkyy käytetty luokitteluasteikko, luokittain viilujen kappalemäärä, niiden prosenttiosuus koko otoksesta, viilujen kokonaismäärä, valvontarajat sekä alimittaisten, valvontarajoissa olevien ja ylileveiden viilujen prosenttiosuus koko otoksesta.

TAULUKKO 2. 8' x 6' S-viilujen tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1841.00	659	1,06 %		
1841.00-1851.00	156	0,25 %		
1851.00-1861.00	169	0,27 %		
1861.00-1871.00	150	0,24 %	<b>Alimittaisia</b>	2,49 %
1871.00-1881.00	132	0,21 %		
1881.00-1891.00	126	0,20 %		
1891.00-1901.00	159	0,26 %		
1901.00-1911.00	180	0,29 %		
1911.00-1921.00	388	0,62 %	<b>Valvontarajoissa</b>	2,80 %
1921.00-1931.00	1176	1,89 %		
1931.00-1941.00	3558	5,72 %	<b>Ylileveitä</b>	94,71 %
1941.00-1951.00	8733	14,03 %		
1951.00-1961.00	15507	24,91 %		
1961.00-	31149	50,04 %		
<b>Yhteensä</b>	62242	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>1900 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1930 mm</b>			

### 6.1.3 8' x 8' P-viilujen lähtötaso

Tässä alaluvussa käyn läpi 8' x 8' P-viilujen tulokset. Niistä nähdään, että yli 60 % viiluista on valvontarajojen sisällä, mutta kuitenkin kolmannes viiluista on ylileveitä (taulukko 3). Tämä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden pieni kaventaminen voi olla kannattavaa. Taulukossa näkyy käytetty luokittelusasteikko, luokittain viilujen kappalemäärä, niiden prosenttiosuus koko otoksesta, viilujen kokonaismäärä, valvontarajat sekä alimittaisten, valvontarajoissa olevien ja ylileveiden viilujen prosenttiosuus koko otoksesta.

TAULUKKO 3. 8' x 8' P-viilujen tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2540.00	183	0,50 %		
2540.00-2550.00	360	0,97 %	<b>Alimittaisia</b>	4,53 %
2550.00-2560.00	1131	3,06 %		
2560.00-2570.00	2759	7,46 %		
2570.00-2580.00	5185	14,03 %	<b>Valvontarajoissa</b>	62,40 %
2580.00-2590.00	7362	19,91 %		
2590.00-2600.00	7763	21,00 %		
2600.00-2610.00	5977	16,17 %		
2610.00-2620.00	3420	9,25 %		
2620.00-2630.00	1709	4,62 %		
2630.00-2640.00	668	1,81 %	<b>Ylileveitä</b>	33,07 %
2640.00-2650.00	261	0,71 %		
2650.00-2660.00	101	0,27 %		
2660.00-	90	0,24 %		
<b>Yhteensä</b>	36969	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>2560</b>	<b>mm</b>		
<b>MAX</b>	<b>2600</b>	<b>mm</b>		

#### 6.1.4 8' x 8' S-viilujen lähtötaso

Tässä aluvussa käyn läpi 8' x 8' S-viilujen tulokset. Niistä nähdään, että noin puolet viiluista on valvontarajojen sisällä, mutta kuitenkin yli 40 % viiluista on ylileiveitä (taulukko 4). Tämä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden lievä kaventaminen voi olla kannattavaa. Koska 8' x 8' S-viiluja käytetään eritoten täysleiveissä laattatuotteissa, tulee märkäleikkausleveyden kaventamisen kanssa olla erittäin tarkka riittävän kuivaleveyden takaamiseksi. Taulukossa näkyy käytetty luokitteluasteikko, luokittain viilujen kappalemäärä, niiden prosenttiosuus koko otoksesta, viilujen kokonaismäärä, valvontarajat sekä alimittaisten, valvontarajoissa olevien ja ylileiveiden viilujen prosenttiosuus koko otoksesta.

TAULUKKO 4. 8' x 8' S-viilujen tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2541.00	176	0,69 %		
2541.00-2551.00	157	0,62 %		
2551.00-2561.00	256	1,01 %	<b>Alimittaisia</b>	6,42 %
2561.00-2571.00	357	1,41 %		
2571.00-2581.00	683	2,69 %		
2581.00-2591.00	1239	4,88 %		
2591.00-2601.00	2335	9,20 %	<b>Valvontarajoissa</b>	51,42 %
2601.00-2611.00	4071	16,04 %		
2611.00-2621.00	5409	21,31 %		
2621.00-2631.00	4975	19,60 %		
2631.00-2641.00	3415	13,45 %	<b>Ylileiveitä</b>	42,17 %
2641.00-2651.00	1579	6,22 %		
2651.00-2661.00	549	2,16 %		
2661.00-	187	0,74 %		
<b>Yhteensä</b>	25388	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>2580 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>2620 mm</b>			

## 6.2 Ensimmäisen koeajon tulokset

Tässä alaluvussa käyn läpi tuloksia, joita saatiin ensimmäisessä koeajojärjestelyssä märkäleikkausleveyksien kaventamisen jälkeen. Otokset viilukooittain ja -tyypeittäin ovat pienempiä kuin lähtötasoa selvitetessä, koska tarkastelun alla on lyhyempi ajanjakso. Tarkasteltu ajanjakso oli neljä päivää, vaikka muutetut märkäleikkausleveydet olivatkin pidempään käytössä. Päädyin tarkasteltavan ajanjakson pituuden osalta neljään päivään, jotta pystyin olemaan täysin varma, että kuivattavien viilujen märkäleveydet ovat tehtyjen muutosten mukaisia.

Ensimmäisessä koeajojärjestelyssä kavennettiin 8' x 6' P-viilujen sekä 8' x 8' P- ja S-viilujen märkäleikkausleveyksiä 5 mm. 8' x 6' S-viilujen märkäleikkausleveyksiin ei tehty muutoksia laisinkaan. Tämä siksi, koska kuivauskutistuma mielessä kaavailtu märkäleikkausleveyden kavennus oli niin pieni, ettei sen uskottu olevan tilastollisesti merkittävä eikä näkyvä. Tästä johtuen 8' x 6' S-viiluja ei käsitelty ensimmäisessä koeajossa.

### 6.2.1 8' x 6' P-viilujen 1. koeajon tulokset

8' x 6' P-viilujen 1. koeajon tuloksista näkyy edelleen selvästi ylileveiden viilujen osuus. Viiluista 95 % on yhä yli valvontarajojen (taulukko 5), mikä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden kaventamiselle edelleen on riittävät perusteet. Kaiken kaikkiaan 5 mm muutos märkäleikkausleveydessä ei aiheuttanut luokan osalta huomattavia muutoksia ylileveiden tai alimittaisten viilujen määrässä.

TAULUKKO 5. 8' x 6' P-viilujen 1. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1840.00	354	1,20 %		
1840.00-1850.00	148	0,50 %		
1850.00-1860.00	149	0,50 %	<b>Alimittaisia</b>	3,10 %
1860.00-1870.00	111	0,38 %		
1870.00-1880.00	152	0,51 %		
1880.00-1890.00	127	0,43 %		
1890.00-1900.00	149	0,50 %	<b>Valvontarajoissa</b>	1,90 %
1900.00-1910.00	286	0,97 %		
1910.00-1920.00	760	2,57 %		
1920.00-1930.00	2414	8,18 %		
1930.00-1940.00	5159	17,47 %	<b>Ylileveitä</b>	95,00 %
1940.00-1950.00	7142	24,19 %		
1950.00-1960.00	6647	22,51 %		
1960.00-	5928	20,08 %		
<b>Yhteensä</b>	29526	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>1880 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1910 mm</b>			

### 6.2.2 8' x 8' P-viilujen 1. koeajon tulokset

Tässä alaluvussa käyn läpi 8' x 8' P-viilujen tulokset. Niistä nähdään, että nyt vajaat 60 % viiluista on valvontarajojen sisällä, mutta kuitenkin kolmannes viiluista on yhä ylileveitä (taulukko 6). 5 mm:n kavennus märkäleikkausleveydessä ei itse asiassa pienentänyt ylileveiden viilujen määrää, vaan kasvatti niiden ja alimittaisten viilujen määrää molemmissa tapauksissa noin 2 prosenttiyksikköä. Muutokset ovat kuitenkin varsin pieniä, minkä johdosta märkäleikkausleveyksiä kannattaa edelleen kaventaa, jotta nähdään leikkausleveyden kavennuksen merkitys paremmin kyseisen viiluluokan osalta.

TAULUKKO 6. 8' x 8' P-viilujen 1. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2540.00	266	0,92 %		
2540.00-2550.00	446	1,55 %	<b>Alimittaisia</b>	6,31 %
2550.00-2560.00	1104	3,84 %		
2560.00-2570.00	2270	7,89 %		
2570.00-2580.00	3975	13,81 %	<b>Valvontarajoissa</b>	58,78 %
2580.00-2590.00	5214	18,11 %		
2590.00-2600.00	5460	18,97 %		
2600.00-2610.00	4347	15,10 %		
2610.00-2620.00	2908	10,10 %		
2620.00-2630.00	1508	5,24 %		
2630.00-2640.00	764	2,65 %	<b>Ylileveitä</b>	34,91 %
2640.00-2650.00	296	1,03 %		
2650.00-2660.00	128	0,44 %		
2660.00-	98	0,34 %		
<b>Yhteensä</b>	<b>28784</b>	<b>100,00 %</b>		
<b>MIN</b>	<b>2560 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>2600 mm</b>			

### 6.2.3 8' x 8' S-viilujen 1. koeajon tulokset

8' x 8' S-viilujen 1. koeajon tuloksista nähdään, että nyt noin 63 % viiluista on valvontarajojen sisällä ja enää noin 31 % viiluista on ylileveitä (taulukko 7). Tämä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden lievä kaventaminen oli kannattavaa, koska ylileveiden viilujen määrä väheni noin 11 prosenttiyksikköä lähtötilanteeseen nähden. Alimittaisten viilujen osuus pysyi lähes samana kuin lähtötilanteessa. Tässäkin viiluluokassa voidaan märkäleikkausleveyttä perustellusti edelleen kaventaa, koska saadut tulokset olivat lupaavia.

TAULUKKO 7. 8' x 8' S-viilujen 1. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2541.00	44	0,41 %		
2541.00-2551.00	45	0,42 %		
2551.00-2561.00	79	0,73 %	<b>Alimittaisia</b>	5,89 %
2561.00-2571.00	162	1,50 %		
2571.00-2581.00	307	2,84 %		
2581.00-2591.00	779	7,21 %	<b>Valvontarajoissa</b>	62,81 %
2591.00-2601.00	1399	12,95 %		
2601.00-2611.00	2141	19,81 %		
2611.00-2621.00	2468	22,84 %		
2621.00-2631.00	1830	16,94 %	<b>Ylileveitä</b>	31,30 %
2631.00-2641.00	988	9,14 %		
2641.00-2651.00	405	3,75 %		
2651.00-2661.00	118	1,09 %		
2661.00-	41	0,38 %		
<b>Yhteensä</b>	10806	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>2580 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>2620 mm</b>			

### 6.3 Toisen koeajon tulokset

Tässä alaluvussa käyn läpi tuloksia, joita saatiin toisessa koeajojärjestelyssä märkäleikkausleveyksien toisen kavennuskierroksen jälkeen. Otokset viilukooittain ja -tyypeittäin ovat pienempiä kuin lähtötasoa selvittäessä, koska tarkastelun alla oli lyhyempi ajanjakso. Tarkasteltu ajanjakso oli viisi päivää, vaikka muutetut märkäleikkausleveydet olivatkin pidempään käytössä. Päädyin tarkasteltavan ajanjakson pituuden osalta viiteen päivään, jotta pystyin olemaan täysin varma, että kuivattavien viilujen märkäleveydet ovat tehtyjen muutosten mukaisia.

Ensimmäisessä koeajojärjestelyssä kavennettiin 8' x 6' P-viilujen sekä 8' x 8' P- ja S-viilujen märkäleikkausleveyksiä 5 mm. 8' x 6' S-viilujen märkäleikkausleveyksiin ei tehty muutoksia laisinkaan. Toisessa koeajossa kavennettiin toisen kerran 8' x 6' P-viilujen sekä 8' x 8' P- ja S-viilujen märkäleikkausleveyksiä 5 mm. Kutakin oli siis kavennettu 10 mm lähtötilanteeseen nähden. Myös 8' x 6' S-viilujen märkäleikkausleveyttä kavennettiin toisessa koeajossa, koska muista viiluluokista ensimmäisessä koeajossa saadut tulokset olivat rohkaisevia kokeilemaan myös kyseisen luokan märkäleikkausleveyden kaventamista. Kavennuksen suuruus 8' x 6' S-viiluilla oli 5 mm.

### 6.3.1 8' x 6' P-viilujen 2. koeajon tulokset

8' x 6' P-viilujen 2. koeajon tuloksista näkyy edelleen selvästi ylileveiden viilujen osuus. Viiluista noin 95 % on yhä yli valvontarajojen (taulukko 8), mikä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden kaventamisella ei ollut edelliseen koeajoon nähden suurta merkitystä. Kaiken kaikkiaan 5 mm:n lisäkavennus märkäleikkausleveydessä ei aiheuttanut luokan osalta huomattavia muutoksia ylileveiden tai alimittaisten viilujen määrässä. Tämän perusteella märkäleikkausleveyttä voidaan kaventaa edelleen.

TAULUKKO 8. 8' x 6' P-viilujen 2. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1840.00	453	1,14 %		
1840.00-1850.00	168	0,42 %		
1850.00-1860.00	140	0,35 %	<b>Alimittaisia</b>	2,50 %
1860.00-1870.00	112	0,28 %		
1870.00-1880.00	118	0,30 %		
1880.00-1890.00	159	0,40 %		
1890.00-1900.00	266	0,67 %	<b>Valvontarajoissa</b>	2,95 %
1900.00-1910.00	745	1,88 %		
1910.00-1920.00	2693	6,79 %		
1920.00-1930.00	6356	16,03 %		
1930.00-1940.00	9773	24,64 %	<b>Ylileveitä</b>	94,55 %
1940.00-1950.00	9625	24,27 %		
1950.00-1960.00	5950	15,00 %		
1960.00-	3100	7,82 %		
<b>Yhteensä</b>	<b>39658</b>	<b>100,00 %</b>		
<b>MIN</b>	<b>1880 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1910 mm</b>			

### 6.3.2 8' x 6' S-viilujen 2. koeajon tulokset

8' x 6' S-viilujen 2. koeajon tuloksista nähdään, että nyt noin 10 % viiluista on valvontarajojen sisällä ja noin 87 % viiluista on ylileiveitä (taulukko 9). Tämä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden lievä kaventaminen oli kannattavaa, koska ylileiveiden viilujen määrä väheni noin 7 prosenttiyksikköä lähtötilanteeseen nähden. Alimittaisten viilujen osuus pysyi lähes samana kuin lähtötilanteessa. Tämä tarkoittaa sitä, että märkäleikkausleveyden edelleen kaventaminen on kannattavaa.

TAULUKKO 9. 8' x 6' S-viilujen 2. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1841.00	435	0,92 %		
1841.00-1851.00	109	0,23 %		
1851.00-1861.00	111	0,24 %		
1861.00-1871.00	104	0,22 %	<b>Alimittaisia</b>	2,58 %
1871.00-1881.00	118	0,25 %		
1881.00-1891.00	125	0,27 %		
1891.00-1901.00	216	0,46 %		
1901.00-1911.00	463	0,98 %		
1911.00-1921.00	1144	2,43 %	<b>Valvontarajoissa</b>	9,84 %
1921.00-1931.00	3033	6,43 %		
1931.00-1941.00	7282	15,45 %		
1941.00-1951.00	10979	23,29 %	<b>Ylileiveitä</b>	87,57 %
1951.00-1961.00	12466	26,45 %		
1961.00-	10550	22,38 %		
<b>Yhteensä</b>	47135	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>1900 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1930 mm</b>			

### 6.3.3 8' x 8' P-viilujen 2. koeajon tulokset

8' x 8' P-viilujen 2. koeajon tuloksista nähdään, että yhä noin 60 % viiluista on valvontarajojen sisällä, mutta kuitenkin kolmannes viiluista on edelleen ylileveitä (taulukko 10). Toinen 5 mm kavennus märkäleikkausleveydessä pienensi vain vähän ylileveiden ja alimittaisten viilujen määrää ensimmäiseen koeajoon nähden, molemmissa tapauksissa noin yhden prosenttiyksikön verran. Tällä perusteella märkäleikkausleveyksiä voidaan edelleen kaventaa.

TAULUKKO 10. 8' x 8' P-viilujen 2. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2540.00	153	0,55 %		
2540.00-2550.00	376	1,36 %	<b>Alimittaisia</b>	5,36 %
2550.00-2560.00	950	3,45 %		
2560.00-2570.00	2287	8,29 %		
2570.00-2580.00	4011	14,55 %	<b>Valvontarajoissa</b>	60,66 %
2580.00-2590.00	5260	19,08 %		
2590.00-2600.00	5168	18,74 %		
2600.00-2610.00	4026	14,60 %		
2610.00-2620.00	2381	8,64 %		
2620.00-2630.00	1344	4,87 %		
2630.00-2640.00	733	2,66 %	<b>Ylileveitä</b>	33,98 %
2640.00-2650.00	433	1,57 %		
2650.00-2660.00	226	0,82 %		
2660.00-	225	0,82 %		
<b>Yhteensä</b>	27573	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>2560</b>	<b>mm</b>		
<b>MAX</b>	<b>2600</b>	<b>mm</b>		

### 6.3.4 8' x 8' S-viilujen 2. koeajon tulokset

8' x 8' S-viilujen 2. koeajon tuloksista nähdään, että enää noin 54 % viiluista on valvontarajojen sisällä ja yhä noin 35 % viiluista on ylileveitä (taulukko 11). Tämä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden kaventaminen edelleen ei ollut kannattavaa, koska alimittaisten viilujen määrä kasvoi noin 5 prosenttiyksikköä ensimmäiseen koeajoon nähden, ollen jo noin 11 prosenttiyksikköä. Tässä viiluluokassa märkäleikkausleveyttä ei ole perusteltua yhä kaventaa, koska saadut tulokset eivät olleet parempia kuin ensimmäisessä koeajossa, vaan päinvastoin.

TAULUKKO 11. 8' x 8' S-viilujen 1. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2541.00	253	1,12 %		
2541.00-2551.00	245	1,09 %		
2551.00-2561.00	421	1,87 %	<b>Alimittaisia</b>	10,92 %
2561.00-2571.00	596	2,64 %		
2571.00-2581.00	949	4,21 %		
2581.00-2591.00	1543	6,84 %		
2591.00-2601.00	2778	12,31 %	<b>Valvontarajoissa</b>	54,52 %
2601.00-2611.00	3879	17,19 %		
2611.00-2621.00	4102	18,18 %		
2621.00-2631.00	3104	13,76 %		
2631.00-2641.00	1710	7,58 %		
2641.00-2651.00	1075	4,76 %	<b>Ylileveitä</b>	34,57 %
2651.00-2661.00	875	3,88 %		
2661.00-	1036	4,59 %		
<b>Yhteensä</b>	22566	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>2580 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>2620 mm</b>			

#### 6.4 Kolmannen koeajon tulokset

Tässä alaluvussa käyn läpi tuloksia, joita saatiin kolmannessa koeajojärjestelyssä märkäleikkausleveyksien kolmannen kavennuskierroksen jälkeen. Otokset viilukooittain ja -tyypeittäin ovat pienempiä kuin lähtötasoa selvittäessä, koska tarkastelun alla oli lyhyempi ajanjakso. Tarkasteltu ajanjakso oli viisi päivää, vaikka muutetut märkäleikkausleveydet olivatkin pidempään käytössä. Päädyin tarkasteltavan ajanjakson pituuden osalta viiteen päivään, jotta pystyin olemaan täysin varma, että kuivattavien viilujen märkäleveydet ovat tehtyjen muutosten mukaisia.

Toisessa koeajojärjestelyssä kavennettiin 8' x 6' P- ja S-viilujen sekä 8' x 8' P- ja S-viilujen märkäleikkausleveyksiä 5 mm. Kolmannessa koeajossa kavennettiin toisen kerran 8' x 6' S-viilujen märkäleikkausleveyttä ja kolmannen kerran 8' x 6' P-viilujen sekä 8' x 8' P-viilujen märkäleikkausleveyksiä. 8' x 8' S-viilujen märkäleikkausleveyttä ei enää kavennettu, koska toisessa koeajossa huomattiin toisen kavennuksen aiheuttavan alimittaisten viilujen osuuden kasvun. Tämän ja tehtaan 1-linjalta saadun palautteen takia leveyttä kasvatettiin 5mm takaisin 1. koeajon asetusarvoon.

Kolmannessa koeajojärjestelyssä viilujen märkäleikkausleveydet olivat alkuperäiseen nähden seuraavanlaiset: 8' x 6' P: -15 mm; 8' x 6' S: -10 mm; 8' x 8' P: -15 mm & 8' x 8' S: -5 mm. Viimeisimmän viilukoon ja -tyypin tuloksia ei käsitelty kolmannen koeajon tiimoilta, koska 1. koeajon arvolla saatiin jo aiemmin tyydyttäviä tuloksia.

### 6.4.1 8' x 6' P-viilujen 3. koeajon tulokset

8' x 6' P-viilujen 3. koeajon tuloksista näkyy yhä selvästi ylileveiden viilujen osuus. Viiluista noin 91 % on yhä yli valvontarajojen (taulukko 12), mikä tarkoittaa sitä, että kyseisen viilukoon ja -luokan märkäleikkausleveyden kaventamisella ei ollut edelliseen koeajoon nähden suurta merkitystä. Kaiken kaikkiaan 5 mm:n lisäkavennus märkäleikkausleveydessä ei aiheuttanut luokan osalta huomattavia muutoksia ylileveiden tai alimittaisten viilujen määrässä. Tämän perusteella märkäleikkausleveyttä voidaan kaventaa edelleen.

TAULUKKO 12. 8' x 6' P-viilujen 2. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1840.00	381	1,35 %		
1840.00-1850.00	106	0,37 %		
1850.00-1860.00	86	0,30 %	<b>Alimittaisia</b>	2,72 %
1860.00-1870.00	82	0,29 %		
1870.00-1880.00	116	0,41 %		
1880.00-1890.00	142	0,50 %		
1890.00-1900.00	371	1,31 %	<b>Valvontarajoissa</b>	6,18 %
1900.00-1910.00	1236	4,37 %		
1910.00-1920.00	3380	11,95 %		
1920.00-1930.00	6185	21,86 %		
1930.00-1940.00	7231	25,56 %	<b>Ylileveitä</b>	91,09 %
1940.00-1950.00	5122	18,10 %		
1950.00-1960.00	2568	9,08 %		
1960.00-	1288	4,55 %		
<b>Yhteensä</b>	28294	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>1880 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1910 mm</b>			

### 6.4.2 8' x 6' S-viilujen 3. koeajon tulokset

8' x 6' S-viilujen 3. koeajon tuloksista nähdään, että nyt noin 9 % viiluista on valvontarajojen sisällä ja yhä noin 88 % viiluista on ylileveitä (taulukko 13). Märkäleikkausleveyden kaventamisella ei siis ollut edelliseen koeajoon nähden suurta merkitystä. Kaiken kaikkiaan 5 mm:n lisäkavennus märkäleikkausleveydessä ei aiheuttanut luokan osalta huomattavia muutoksia ylileveiden tai alimittaisten viilujen määrässä. Tämä tarkoittaa sitä, että märkäleikkausleveyden edelleen kaventaminen on kannattavaa.

TAULUKKO 13. 8' x 6' S-viilujen 2. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-1841.00	437	1,20 %		
1841.00-1851.00	98	0,27 %		
1851.00-1861.00	87	0,24 %		
1861.00-1871.00	105	0,29 %	<b>Alimittaisia</b>	3,22 %
1871.00-1881.00	102	0,28 %		
1881.00-1891.00	139	0,38 %		
1891.00-1901.00	201	0,55 %		
1901.00-1911.00	459	1,27 %		
1911.00-1921.00	879	2,42 %	<b>Valvontarajoissa</b>	9,01 %
1921.00-1931.00	1930	5,32 %		
1931.00-1941.00	4704	12,97 %		
1941.00-1951.00	8894	24,52 %	<b>Ylileveitä</b>	87,77 %
1951.00-1961.00	9607	26,48 %		
1961.00-	8633	23,80 %		
<b>Yhteensä</b>	<b>36275</b>	<b>100,00 %</b>		
<b>MIN</b>	<b>1900 mm</b>			
<b>MAX</b>	<b>1930 mm</b>			

### 6.4.3 8' x 8' P-viilujen 3. koeajon tulokset

8' x 8' P-viilujen 3. koeajon tuloksista nähdään, että nyt noin 28 % viiluista on alimitaisia ja 63 % viiluista on valvontarajojen sisällä (taulukko 14). Toinen 5 mm kavennus märkäleikkausleveydessä kasvatti alimittaisten viilujen määrää toiseen koeajoon nähden noin 22 prosenttiyksikköä. Tässä viiluluokassa märkäleikkausleveyttä ei ole perusteltua yhä kaventaa, koska saadut tulokset eivät olleet parempia kuin toisessa koeajossa, vaan päinvastoin.

TAULUKKO 14. 8' x 8' P-viilujen 2. koeajon tulokset

Luokat	Kpl	%		
-2540.00	1293	5,71 %		
2540.00-2550.00	1774	7,84 %	<b>Alimittaisia</b>	27,56 %
2550.00-2560.00	3171	14,01 %		
2560.00-2570.00	4154	18,35 %		
2570.00-2580.00	4401	19,44 %	<b>Valvontarajoissa</b>	62,94 %
2580.00-2590.00	3513	15,52 %		
2590.00-2600.00	2179	9,63 %		
2600.00-2610.00	1120	4,95 %		
2610.00-2620.00	550	2,43 %		
2620.00-2630.00	264	1,17 %		
2630.00-2640.00	120	0,53 %	<b>Ylileveitä</b>	9,50 %
2640.00-2650.00	55	0,24 %		
2650.00-2660.00	22	0,10 %		
2660.00-	19	0,08 %		
<b>Yhteensä</b>	22635	100,00 %		
<b>MIN</b>	<b>2560</b>	<b>mm</b>		
<b>MAX</b>	<b>2600</b>	<b>mm</b>		

## 6.5 Neljäs koeajo

Kolmannessa koeajossa todettiin 8' x 6' P- ja S-viilujen osalta ylileveiden viilujen osuuden olevan edelleen huomattavan suuri. P:llä ylileveiden osuus oli yhä 91 % ja S:llä 88 %. Tämän perusteella märkäleikkausleveyksiä olisi voitu edelleen kaventaa neljännessä koeajossa. Neljättä koeajoa ei kuitenkaan järjestetty, koska tuotannosta tulleissa viesteissä todettiin viilun leveyden vaativan jo kolmannen koeajon leveyksien jälkeen erityistä tarkkuutta ladonnassa.

Ladontatarkkuus olisi hyvin todennäköisesti kärsinyt enemmän, jos kyseisten viilutyyp-  
pien/-luokkien märkäleikkausleveyksiä olisi kavennettu edelleen. Tilanteessa, jossa la-  
dontatarkkuus kärsii kovasti, se lisää nopeasti myös sahalla reunavajaiden palkki-  
en/laattojen määrää. Reunavajaiden tuotteiden määrän kasvu ei ole toivottavaa, koska se  
lisää korvausaihioiden tarvetta.

## 6.6 Sorvipölliin järeyden vaikutus sydän- ja pintapuuvilujen saantoon

Sorvipölliin järeyden vaikutusta eri viilutyyp-  
pien saantoon pyrittiin tutkimaan vertai-  
lemalla sorvauksen ja märkäleikkauksen vuororaportteja. Tämä siksi, että sorvilla seura-  
taan pölliin määrää, kokoa ja viilusaantoa. Märkäleikkauksessa taasen seurataan, kuinka  
paljon viilumatosta leikataan S- ja P-viiluiksi vuoron aikana. Hypoteesinani oli, että  
läpimitaltaan suuremmista pölleistä saadaan enemmän S-viiluja kuin läpimitaltaan pie-  
nemmistä pölleistä. Perustin tämän hypoteesin siihen, että suurempaan läpimitaan ehti-  
neet puuyksilöt ovat kasvaneet läpimitaltaan pienempiä kauemmin, jolloin sydänpuuta  
on ehtinyt sen hitaasta kasvusta huolimatta muodostumaan enemmän.

Lähtökohtaisesti ajatus ja suunnitelma aiheen tutkimiseksi olivat hyviä. Myöhemmin  
kuitenkin havaittiin, että kahdella Kertopuutehtaalla käytetään erimallisia tiedonkeruu-  
pohjia juuri sorvauksen ja märkäleikkauksen osalta. Punkaharjun tehtaalla tiedonkeruun  
muoto molempien osaprosessien osalta olisi vaatinut huomattavan määrän manuaalista  
työtä, jos olisin halunnut noudattaa alkuperäistä tutkimussuunnitelmaani ja käsitellä  
järkevasti kerääntyvää dataa. Tämä olisi ollut työlästä erityisesti siksi, ettei märkäleik-  
kurilta ollut saatavissa viilukooittain ja viilutyypeittäin leikkaustietoja.

Alun perin suunnittelin tutkivani hypoteesini paikkansapitävyyttä seuraavasti: vertaamalla 10 päivän ajalta kunkin päivän sorvipölliä läpimittojen jakautumista ja painottumista sekä kunkin päivänä leikattujen viilujen osuutta luokittain. Jos jonakin päivänä pölliä läpimittajakauma on painottunut selvästi järeämpiin luokkiin ja märkäleikkauksessa on leikattu enemmän S-viilua kuin päivänä, jolloin pölliä läpimittajakauma painottui pienempiin luokkiin, voidaan todeta hypoteesini pitävän paikkansa. Tämä olisi tarkoittanut sitä, että mitä järeämpiä pöllejä sorvataan, sitä enemmän myös leikataan S-viilua.

Tiedonkeruun muokkaamisen tarpeellisuus muun käytettävyyden kannalta oli hieman arvoitus eikä sorvipölliä järeiden vaikutuksen tutkiminen eri viilutyyppeiden saantoon ollut opinnäytetyöni varsinainen pääaihe. Sen selvittäminen ei yksinään vaikuttaisi märkäleikkauksleveyksien optimointiin viilun todellisen, kuivauksen jälkeisen koon mukaan. Tämän vuoksi päätin jättää sen pois opinnäytetyöstäni keskusteltuani ensin koulun sekä toimeksiantajani puolen ohjaajien kanssa.

## 7 TULOSTEN YHTEENVETO

Tässä luvussa kokoan yhteen tehtyjen koeajojen tulokset viilukooittain ja –tyypeittäin. Käyn läpi kunkin osalta suoritettujen koeajojen määrän, niiden vaikutukset ja lopulliset märkäleikkausleveydet, joihin päädyttiin koeajojen pohjalta. Havainnollistan taulukoilla alimittaisten, valvontarajoissa olevien ja ylimittaisten viilujen määrien kehitystä koeajojen myötä. Kerron myös, kuinka paljon kunkin viilukoon ja –tyypin märkäleikkausleveys kaventui loppujen lopuksi lähtötilanteeseen nähden.

### 7.1 8' x 6' P-viilu

8' x 6' P-viilulla suoritettiin lähtötason määrittämisen jälkeen kolme koeajokierrosta. Myös neljättä suunniteltiin, mutta se jätettiin toteuttamatta, kuten aiemmin mainitsin. Lähtötason perusteella todettiin, että viiluista 95,53 % on ylileveitä, 1,5 % on valvontarajoissa ja 2,96 % on alimittaisia (taulukko 15). Näiden lukemien perusteella voitiin märkäleikkausleveyttä lähteä kaventamaan.

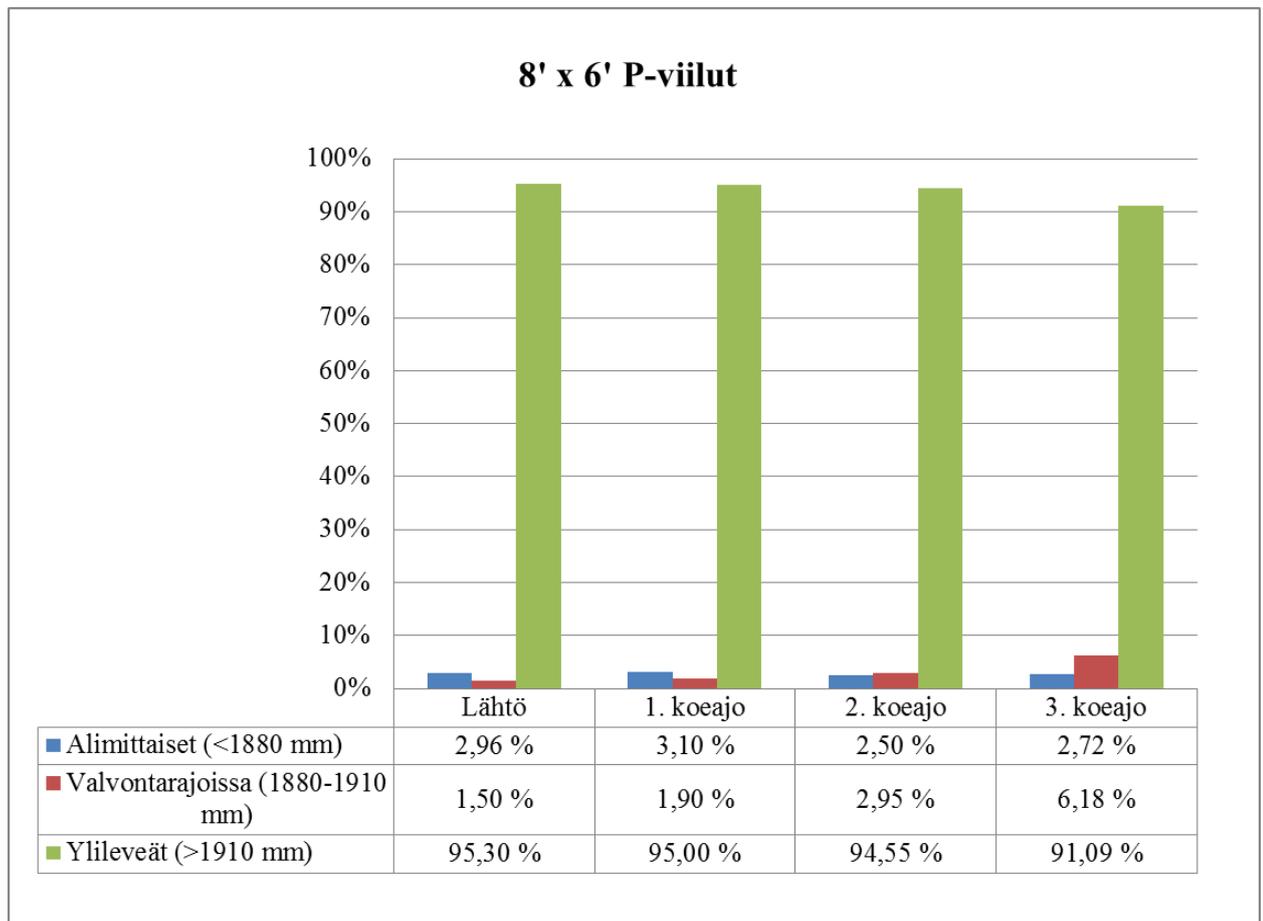
Ensimmäisessä koeajossa 8' x 6' P-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin 5 mm. Koeajon tulosten analysoinnin jälkeen todettiin ylileveiden viilujen määrän pienentyneen vain hieman, ollen nyt 95,0 % (taulukko 15). Valvontarajoissa oli 1,9 % viiluista ja alimittaisia viiluja oli 3,1 % (taulukko 15). Muutosten todettiin olevan hyvin pieniä ja ylileveiden viilujen osuuden olevan yhä suuri, joten märkäleikkausleveyttä päätettiin kaventaa edelleen.

Toisessa koeajossa luokan märkäleikkausleveyttä kavennettiin jälleen 5 mm. Tuloksia analysoitaessa huomattiin muutosten olevan oikeansuuntaisia, mutta hyvin maltillisia. Ylileveiden viilujen osuus oli edelleen 94,55 %, valvontarajoissa olevien 2,95 % ja alimittaisten 2,5 % (taulukko 15). Muutosten maltillisuudesta johtuen märkäleikkausleveyttä päätettiin edelleen kaventaa.

Kolmannessa ja viimeisessä koeajossa luokan märkäleikkausleveyttä kavennettiin jälleen 5 mm. Koeajon tuloksista todettiin, ettei suuria muutoksia saavutettu. Muutokset olivat jälleen oikeasuuntaisia, mutta lieviä. Kolmannen koeajon jälkeen ylileveiden viilujen määrä oli yhä 91,09 %, valvontarajoissa olevien 6,18 % ja alimittaisten 2,72 % (taulukko 15). Muutosten pienuus ja ylileveiden viilujen huomattavan suuri osuus puhuivat neljännen koeajon ja vielä yhden 5 mm osuuden kaventamisen puolesta. Neljättä koeajoa ei kuitenkaan suoritettu, koska pelättiin ladontatarkkuuden kärsivän ja reunavaajaaksi sahattujen palkkien/laattojen määrän kasvavan.

Kaiken kaikkiaan 8' x 6' P-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin 15 mm. Tämän myötä ylileveiden viilujen osuus pieneni 4,44 prosenttiyksikköä. Vaikka ylileveiden viilujen osuus jäi koeajojen jälkeen suureksi, niiden määrää saatiin kuitenkin pienennettyä tavoitteen mukaisesti.

TAULUKKO 15. 8' x 6' P-viilujen muutokset koeajoittain



## 7.2 8' x 6' S-viilu

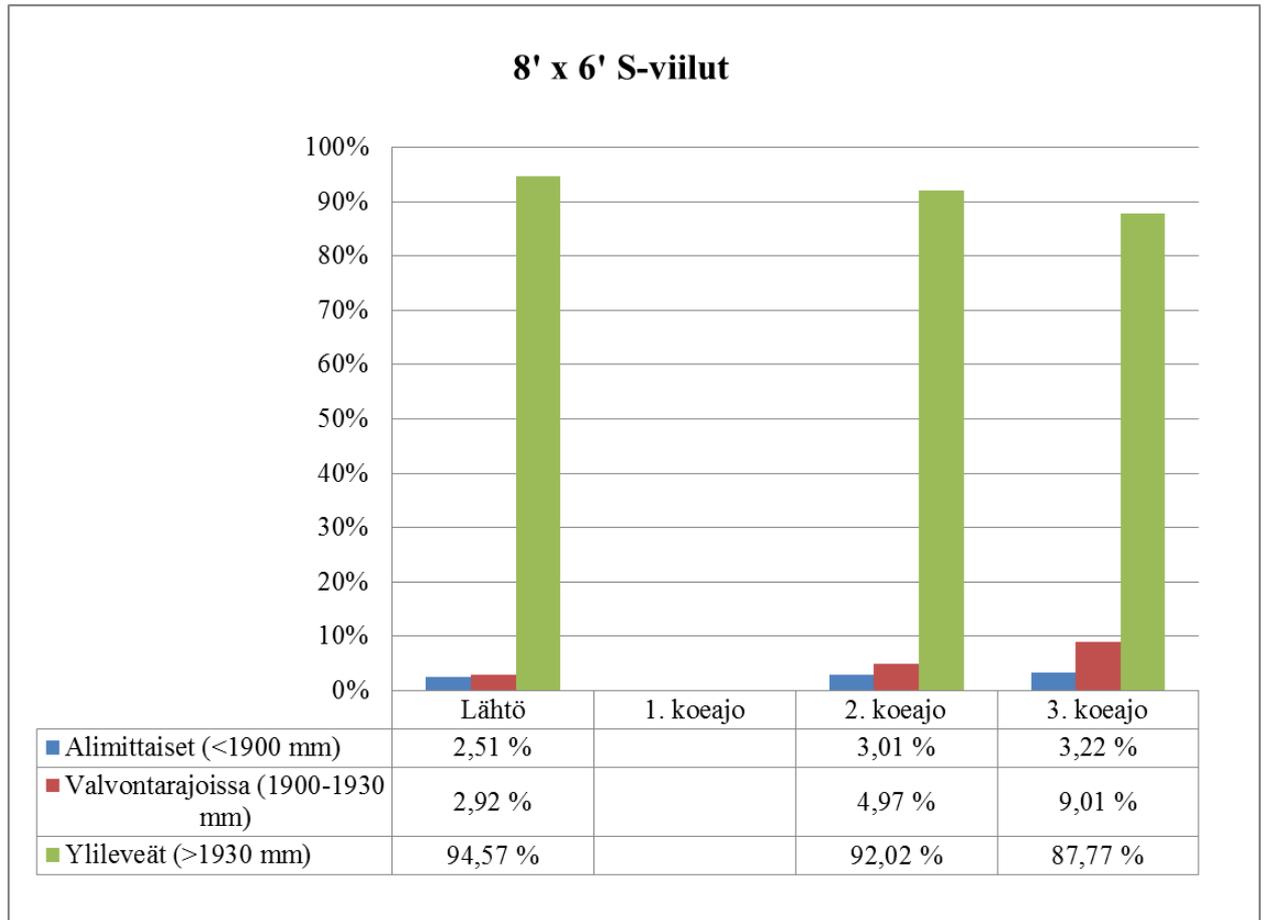
8' x 6' S-viilulla suoritettiin lähtötason määrittämisen jälkeen kaksi koeajokierrosta. Myös kolmatta suunniteltiin, mutta se jätettiin toteuttamatta, kuten aiemmin mainitsin. Lähtötason perusteella todettiin, että viiluista 94,17 % on ylileiveitä, 2,8 % on valvontarajoissa ja 2,49 % on alimittaisia (taulukko 16). Näiden lukemien perusteella voitiin märkäleikkausleveyttä lähteä kaventamaan. Ensimmäisellä koeajokierroksella 8' x 6' S-viilun märkäleikkausleveyttä ei kuitenkaan kavennettu, koska hahmoteltu kavennusehdotus todettiin niin pieneksi, ettei sen uskottu olevan tilastollisesti merkittävä.

Toisella koeajokierroksella 8' x 6' S-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin ensimmäisen kerran 5 mm. Viiluluokka otettiin mukaan toiseen koeajoon muiden viiluluokkien ja -kokojen ensimmäisen koeajon tulosten rohkaisemana. Koeajon tulosten analysoinnin jälkeen todettiin ylileveiden viilujen määrän pienentyneen selvästi, ollen nyt 87,57 % (taulukko 16). Valvontarajoissa olevien viilujen määrä oli kasvanut 9,84 prosenttiin ja alimittaisia viiluja oli 2,58 % (taulukko 16). Muutosten todettiin olevan hyviä sekä oikeansuuntaisia, mutta ylileveiden viilujen osuuden olevan yhä suuri. Täten märkäleikkausleveyttä päätettiin kaventaa edelleen.

Kolmannella koeajokierroksella luokan märkäleikkausleveyttä kavennettiin toisen kerran 5 mm. Tuloksia analysoitaessa huomattiin muutosten olevan maltillisia, mutta vääränsuuntaisia. Ylileveiden ja alimittaisten viilujen osuudet kasvoivat hieman, ylileveiden ollessa 87,77 % ja alimittaisten 3,22 % (taulukko 16). Valvontarajoissa olevien määrä taas putosi hieman ollen 9,01 % (taulukko 16). Muutosten pienuus ja epämääräisyys sekä ylileveiden viilujen huomattavan suuri osuus puhuivat neljännen koeajokierroksen ja vielä yhden 5 mm osuuden kaventamisen puolesta. Kolmatta märkäleikkausleveyden kavennusta kuitenkin suoritettu, koska pelättiin ladontatarkkuuden kärsivän ja reunavajaaksi sahattujen palkkien/laattojen määrän kasvavan.

Kaiken kaikkiaan 8' x 6' S-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin 10 mm. Tämän myötä ylileveiden viilujen osuus pieneni 6,94 prosenttiyksikköä. Vaikka ylileveiden viilujen osuus jäi koeajojen jälkeen suureksi, niiden määrää saatiin kuitenkin pienennettyä tavoitteen mukaisesti.

TAULUKKO 16. 8' x 6' S-viilujen muutokset koeajoittain



### 7.3 8' x 8' P-viilu

8' x 8' P-viilulla suoritettiin lähtötason määrittämisen jälkeen kolme koeajokierrosta.. Lähtötason perusteella todettiin, että viiluista 33,07 % on ylileveitä, 62,4 % on valvontarajoissa ja 4,53 % on alimittaisia (taulukko 17). Näiden lukemien perusteella voitiin märkäleikkausleveyttä lähteä kaventamaan.

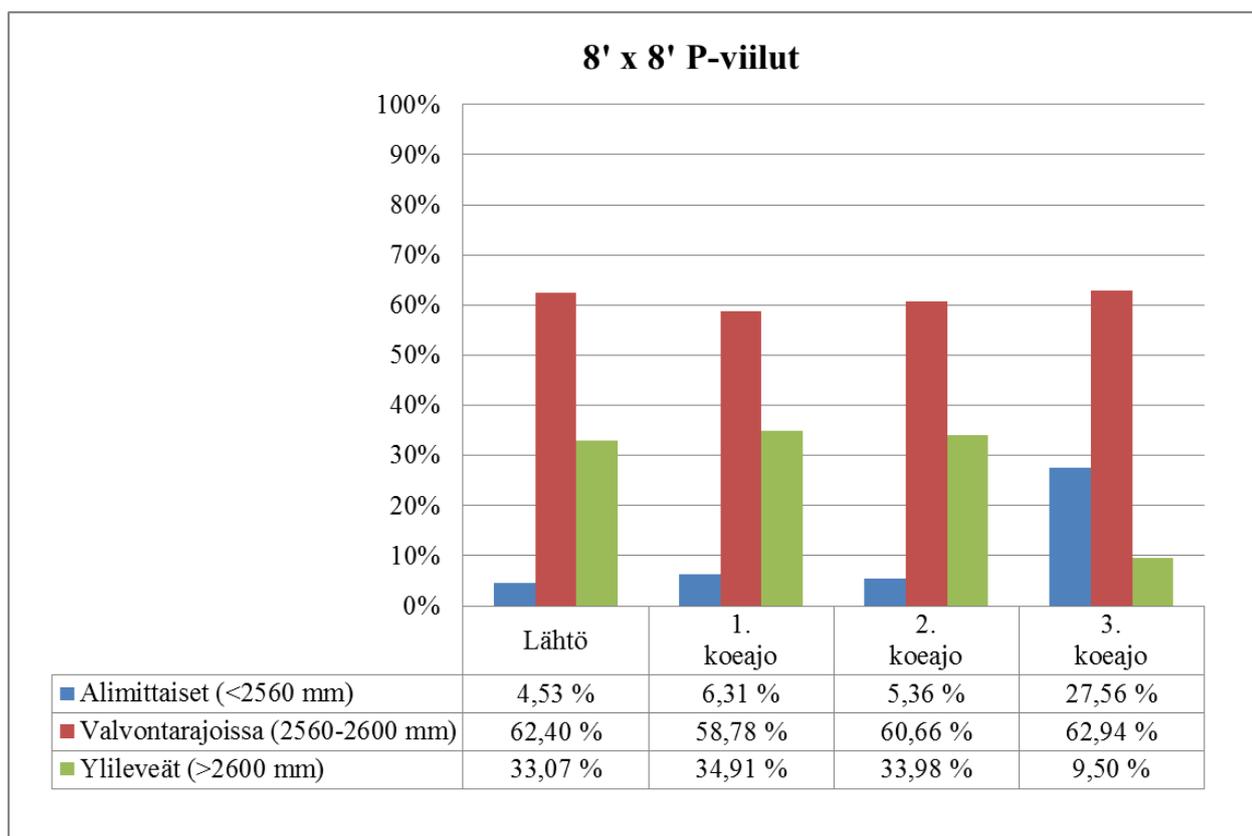
Ensimmäisessä koeajossa 8' x 8' P-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin 5 mm. Tuloksia analysoitaessa huomattiin muutosten olevan maltillisia, mutta vääränsuuntaisia. Ylileveiden ja alimittaisten viilujen osuudet kasvoivat hieman, ylileveiden ollessa 34,91 % ja alimittaisten 6,31 % (taulukko 17). Valvontarajoissa olevien määrä taas putosi hieman ollen 58,78 % (taulukko 17). Muutosten pienuus ja epämääräisyys sekä ylileveiden viilujen huomattavan suuri osuus puhuivat märkäleikkausleveyden edelleen kaventamisen puolesta.

Toisella koeajokierroksella luokan märkäleikkausleveyttä kavennettiin jälleen 5 mm. Tuloksia analysoitaessa huomattiin muutosten olevan nyt oikeansuuntaisia, mutta hyvin maltillisia. Ylileveiden viilujen osuus oli edelleen 33,98 %, valvontarajoissa olevien 60,66 % ja alimittaisten 5,36 % (taulukko 17). Muutosten maltillisuudesta johtuen märkäleikkausleveyttä päätettiin edelleen kaventaa.

Kolmannessa ja viimeisessä koeajossa luokan märkäleikkausleveyttä kavennettiin jälleen 5 mm. Koeajon tuloksista todettiin ylileveiden viilujen määrän kutistuneen 9,5 prosenttiin, mutta alimittaisten viilujen määrän kasvaneen huomattavasti (taulukko 17). Alimittaisten viilujen määrä kasvoi tällöin 27,56 prosenttiin (taulukko 17). Valvontarajoissa olevien viilujen määrä kasvoi hieman ollen 62,94 % (taulukko 17). Alimittaisten viilujen määrän kasvun myötä märkäleikkausleveyttä kasvatettiin 10 mm eli takaisin ensimmäisen koeajokierroksen arvoon.

Kaiken kaikkiaan 8' x 8' P-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin vain 5 mm. Tämän myötä ylileveiden viilujen osuus pysyi lähestulkoon samana kuin lähtötilanteessa. Vaikka ylileveiden viilujen osuus jäi koeajojen jälkeen huomattavaksi, märkäleikkausleveydestä saatiin ylimääräinen leveys pois.

TAULUKKO 17. 8' x 8' P-viilujen muutokset koeajoittain



#### 7.4 8' x 8' S-viilu

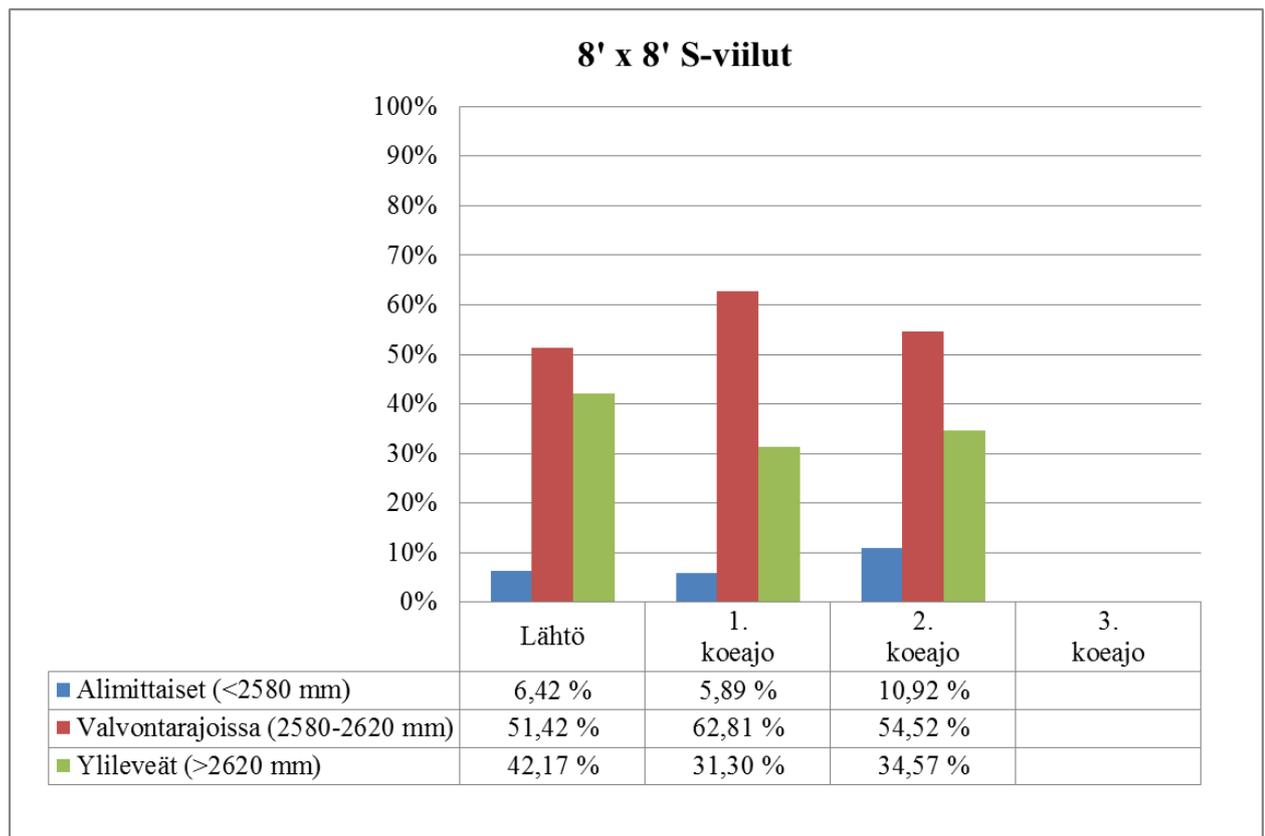
8' x 8' S-viilulla suoritettiin lähtötason määrittämisen jälkeen kaksi koeajokierrosta.. Lähtötason perusteella todettiin, että viiluista 42,17 % on ylileveitä, 51,42 % on valvontarajoissa ja 6,42 % on alimittaisia (taulukko 18). Näiden lukemien perusteella voitiin märkäleikkausleveyttä lähteä kaventamaan.

Ensimmäisessä koeajossa 8' x 8' S-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin 5 mm. Tuloksia analysoitaessa huomattiin muutosten olevan huomattavia ja oikeansuuntaisia. Ylileveiden viilujen määrä pieneni 31,81 prosenttiin (taulukko 18). Valvontarajoissa olevien viilujen määrä kasvoi 62,81 prosenttiin (taulukko 18). Alimittaisten viilujen määrä oli 5,89 % (taulukko 18). Muutosten todettiin olevan hyviä sekä oikeansuuntaisia, mutta ylileveiden viilujen osuuden olevan yhä huomattava. Täten märkäleikkausleveyttä päätettiin kaventaa edelleen.

Toisella koeajokierroksella luokan märkäleikkausleveyttä kavennettiin jälleen 5 mm. Tulokset eivät olleet oikeansuuntaisia, vaan päinvastoin. Ylileveiden viilujen määrä kasvoi 34,57 prosenttiin, valvontarajoissa olevien määrä pieneni 54,52 prosenttiin ja alimittaisten määrä kasvoi 10,92 prosenttiin (taulukko 18). Alimittaisten määrän kasvu huomattiin jo ladonnassa ja sahalla reunavajaiden palkkien/laattojen lisääntymisen myötä. Tämän vuoksi luokan märkäleikkausleveyttä kasvatettiin 5 mm eli takaisin ensimmäisen koeajon arvoon.

Kaiken kaikkiaan 8' x 8' S-viilun märkäleikkausleveyttä kavennettiin vain 5 mm. Tämän myötä ylileveiden viilujen osuus pieneni 10,87 prosenttiyksikköä. Vaikka ylileveiden viilujen osuus jäi koeajojen jälkeen huomattavaksi, niiden määrää saatiin kuitenkin pienennettyä tavoitteen mukaisesti.

TAULUKKO 18. 8' x 8' S-viilujen muutokset koeajoittain



## 8 POHDINTA

Jokaisen viiluluokan ja –tyypin märkäleikkausleveyksiä kavennettiin kolmen koeajokierroksen myötä. Näiden kolmen koeajon myötä löydettiin märkäleikkausleveyksien osalta arvot, joita kapeammilla ei kannattanut enää edes kokeilla. Neljättäkin koeajokierrosta suunniteltiin, mutta ladontatarkkuuden ja sahausjäljeltään ehjien tuotteiden varmistamiseksi se jätettiin toteuttamatta. Lähtötasomäärittelyn ja koeajojen muodostaman tarkastelujakson ajalta laskettu kappalemäärän mukaan painotettu keskimääräinen kavennus oli kaikkien viilukokojen ja –tyyppien osalta noin 9 mm. Samaisen tarkastelujakson aikana raaka-ainesäästö oli noin 52 m<sup>3</sup>:n edestä tukkeja.

Kavennusten jälkeen viilujen voidaan todeta olevan lähempänä kuivauksen jälkeisiä tavoitekokojaan kaikkien viilukokojen ja –tyyppien osalta kuin ennen optimointia. Myös ylileveiden viilujen osuus pieneni kunkin koon ja luokan kohdalla, vaikka muutokset pienemmällä viilukoolla jäivät maltillisiksi tuntuvista kavennuksista huolimatta. Työtä voidaan pitää onnistuneena, koska alkuperäisenä tavoitteena oli juuri märkäleikkausleveyksien entistä tarkempi määrittäminen ja siten uusien raja-arvojen löytäminen. Tulosten luotettavuus on riippuvainen sorvin, märkäleikkurin ja kuivauskoneiden mittalaitteiden tarkkuudesta, kuten ennen ensimmäistä koeajoa havaittiin.

Märkäleikkauksessa viilumatosta leikataan kosteuden mukaan eri leveyksiin viiluja sen mukaan, miten leikkausta on painotettu. Käytännössä tämä tarkoittaa, halutaanko enemmän 8'x 8' vai 8'x 6' viilua. Koska käytössä on vain 2 kosteusluokkaa, osa arkeista on hieman liian kuivia tai kosteita luokkaan, johon ne joutuvat. Tällöin niistä tulee herkästi ylileveitä. Märkäleikkuri on erittäin tarkka, mutta kuivauskutistuman vaihtelu on kuitenkin niin suurta sorvauksen, toisin sanoen tangentin, suuntaan, että kuivattujen viilujen koko väistämättä heittelee kummankin viilukoon kohdalla. Suuremmalla viilukoolla tätä heittoa on luonnollisesti enemmän, koska kuivauskutistuman vaihtelu näkyy selvemmin 1 %:n merkitessä enemmän. Tämä selittää koeajoissa huomattuja päinvastaisia tuloksia, jolloin ylileveiden määrä hetkellisesti kasvoi eikä pienentynyt oletetun mukaisesti.

Näiden kavennusten myötä sorvattua viilumattoa leikataan vastaisuudessa tehokkaammin ja taloudellisemmin, minkä pitäisi näkyä sorvauksen ja märkäleikkauksen osaprosessin parempana saantona ja samaisen välikäyttösuhteen parantumisena sekä suurempana kuivattavien viilujen määränä. Viilunvalmistuksessa käytettävien leveyden valvontarajojen kriittinen tarkastelu olisi tulevaisuudessa paikallaan, koska välillä suuresta valvontarajat ylittävien viilujen määrästä huolimatta ladontarkkuus kärsi ja tuotteiden reunavajautta esiintyi.

Parannus- ja tutkimusehdotuksena tulevaisuutta varten on näiden yllämainittujen väitämien paikkansapitävyyden tutkiminen ja varsinainen mittaaminen sekä mahdollisesti tarkempien mittalaitteiden myötä tarkempi märkäleikkausleveyksien edelleen optimointi.

## LÄHTEET

Finnforest. 2002. Toimintajärjestelmä, Kerto Punkaharju – Kerton tuotantoprosessit. Word-dokumentti. Luettu 27.3.2012.

Finnforest. 2008. Finnforest Kerto – kantaviin rakenteisiin. Esite. Luettu 2.3.2012.

Juvonen, R. 1985. Mekaaninen metsäteollisuus 1: Vaneriteollisuus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Koponen, H. 2002. Puutuoteteollisuus 4: Puulevytuotanto. 3. uudistettu painos. Helsinki: Opetushallitus, 17–22, 37–48, 49–58 & 82.

Kärkkäinen, M. 2003. Puutieteen perusteet. Helsinki: Metsäkustannus Oy, 109–117, 126–130, 175–177 & 191–195.

Lahtinen, O. 2009. Vaneritehtaan kustannustehokkuuden arvioimiseen käytettävän simulaatiojärjestelmän kehittäminen. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Diplomityö, 2.

Liukko, T. 2004. Viilun käsittelyn laadullinen saanto. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Diplomityö.

Merviö, H. 2011. Viilun mittatarkkuuden varmistaminen tilastollisin keinoin. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Konetekniikan osasto. Kandidaatintyö, 26–27.

Metsäteollisuus ry., Schauman Wood Oy., Finnforest Oyj., Koskisen Oy. & Visuvesi Oy. 2005. Vanerikäsikirja. PDF-dokumentti. Luettu 2.3.2012, 9.  
<http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/vanerikasikirja/Documents/Vanerikasikirja.pdf>

Metsä Wood. 2012a. KERTO – Luja ja mittatarkka kantavien rakenteiden Kertopuu. Luettu 2.3.2012.  
<http://www.metsawood.fi/tuotteet/kerto/Pages/Default.aspx?TMI=topMenuContainer3>

Metsä Wood. 2012b. Kerto – suomalainen innovaatiotuote. Powerpoint-esitys. Luettu 7.3.2012.

Metsä Wood. 2012c. METSÄ WOOD VANERI – Vaneri sopii moneen käyttökohteeseen. Luettu 2.3.2012.  
<http://www.metsawood.fi/tuotteet/vaneri/Pages/Default.aspx>

Metsä Wood. 2012d. KERTO-QP – Poikkiviilut takaavat suoruuden ja stabiiliuden. Luettu 8.12.2012.  
<http://www.metsawood.fi/tuotteet/kerto/Pages/Kerto-QP.aspx>

Punkaharjun kertopuutehdas. 2008. Mitta- ja laatuvaatimus, Kaakkois-Suomi. Paperinen korjuuohje. Luettu 14.3.2012.

PuuProffa. 2011. Viilut ja viilutus. Luettu 17.11.2011.  
[http://www.puuproffa.fi/arkisto/viilut\\_ja\\_viilutus.php](http://www.puuproffa.fi/arkisto/viilut_ja_viilutus.php)

Uimonen, J. 2011a. Kerto 2011 – tuotannon prosessikoulutus. Powerpoint-esitys. Luettu 27.3.2012.

Uimonen, J. 2011b. Sorvin märkäleikkauksen kosteusrajat. Word-dokumentti. Luettu 28.3.2013.