

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikankoulutusohjelma

Kimmo Korhonen

TUKIN PYÖRITTÄJÄ- JA KESKITYSLAITTEISTON INVESTOINTI
SEKÄ PYÖRITYSTULOSTEN ANALYSOIMINEN

Opinnäytetyö
5.2015



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p. (013) 260 6800

Tekijä
Kimmo Korhonen

Nimeke
Tukin pyörittäjä ja keskityslaitteiston investointi, pyöritystulosten analysoiminen
Toimeksiantaja
Stora Enso Wood Products Oy Ltd Uimaharjun saha

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli saattaa läpi onnistuneesti sahalinjalle tehtävä investointi ja verrata investoinnissa uusittujen laitteiden toimintaa entisiin vastaaviin. Tehtävänä oli suunnitella ja aikatauluttaa työt, sekä valvoa että työt suoritetaan asianmukaisesti ja turvallisuusohjeita noudattaen. Pääpaino opinnäytetyössä oli pyöritystulosten analysoimisella.

Työ alkoi keräämällä pyöriksen toiminnasta tietoa keväällä 2014. Pyöritystiedot kerättiin taulukkoon Excel-ohjelmaa käyttäen. Mukaan liitettiin investoinnin asennusten ja koeajojen jälkeen uuden pyöriyslaitteiston vastaavat tiedot. Taulukossa suoritettiin vertailua vanhan ja uuden pyöriyslaitteiston tarkkuudesta.

Lopputulos oli onnistunut investoinnin läpi vieminen ja tuloksia vertaamalla pystyttiin osoittamaan investoinnin tarpeellisuus. Tämän opinnäytetyön pohjalta kerätty pyöriysdata uuden pyöriäjän osalta antaa pohjan suunniteltaessa vastaavien kehitysinvestointien tarvetta yhtiön muissa tuotantolaitoksissa.

Kieli
suomi

Sivuja 27
Liitteet
Liitesivumäärä

Asiasanat
saanto, tukin pyöritys, tukinoptimointi



THESIS
May 2015
**Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering**
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. 358-13-260 6800

Author
Kimmo Korhonen

Title
Log rotation and centering machinery investment, analysing results of log rotation
Commissioned by
Stora Enso Wood Products Oy Ltd Uimaharju sawmill

Abstract

The object of this thesis was to successfully conclude an investment on the saw line and compare the productivity of the new machinery in comparison to the original one. The main task was to plan and schedule the work as well as oversee that it was done properly and in accordance to health and safety regulations. The main theme of this thesis was the analysis of the data collected from log rotation.

The work started in the spring of 2014 by collecting information on log rotation in the saw line. The information collected on log rotation was assembled using an Excel chart. Information on the new log rotation machine investment, assembly and testing was also added. A comparison of the accuracy of the new log rotation machinery with the older one was presented in a table.

As a conclusion. The investment was carried out successfully comparing the results showed the necessity of these actions. The log rotation data collected for this thesis gives a good basis for planning similar productivity investments in other production units throughout the company.

Language
Finnish

Pages 27
Appendices
Pages of Appendices

Keywords
yield, log rotation, log optimisation

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

SANASTO

1	JOHDANTO	6
1.1	LÄHTÖTILANNE	6
1.2	TAUSTAA SAHAUKSESTA	7
1.3	SAHATUKIN LAATULUOKAT	8
2	SUUNNITTELU	10
3	TUKIN ASEMOINTI SAHAKONEISIIN	11
3.1	TUKKIMITTARI	11
3.2	TUKINPYÖRITYS	12
3.3	TUKIN KESKITYS	13
4	VANHAN LAITTEISTON PURKAMINEN	14
5	UUDEN LAITTEISTON ASENNUKSET	14
6	KUVAAMISEN TOTEUTUS JA TIETOJEN KERÄÄMINEN	15
7	PYÖRITYSLAITTEISTOJEN VERTAILU	16
8.1	VANHA PYÖRITYSLAITTEISTO	17
8.2	UUSI PYÖRITYSLAITTEISTO	19
8.3	PYÖRITYSLAITTEISTOJEN KESKINÄINEN VERTAILU	21
8	YHTEENVETO JA TULOKSIA	24
9	POHDINTA	26
	LÄHTEET	27

Sanasto

Saanto

Saanto tarkoittaa kuorellisesta tukista saatavaa sahatavaran määrää suhteessa käytettyyn raaka-aineen määrään.

Pyörityslaitteisto

Pyörittää tukkia pituusakselin ympäri sahausasentoon tukkimittarilta tulevan pyöritysohjeen mukaisesti.

Keskityslaitteisto

Keskittää tukin keskipisteen sahakoneiden keskilinjan mukaisesti kohdalleen ja syöttää tukin sahakoneisiin.

Asete

Tarkoittaa sahakoneen terien keskinäisiä etäisyyksiä. Terien etäisyydet toisiinsa määrää sahatavaran paksuuden ja/tai leveyden. Asetteet suunnitellaan tukin latvaläpimitan, pituuden ja tukkilaadun (esim. oksaisuus) mukaan siten, että saanto olisi mahdollisimman suuri.

Tukinoptimointi

Tukin asemointi optimaaliseen asentoon saannon kannalta ennen sahausta.

1 Johdanto

Opinnäytetyöni oli toimia projektin vetäjänä tukinpyörityksen ja keskityslaitteiston investoinnissa työpaikallani Stora Enso Wood Products Oy Ltd -sahalla Uimaharjussa. Stora Enso Wood Products Oy Ltd -saha toimii Pohjois-Karjalassa Joensuu-Uimaharjussa ja on toinen yhtiön mäntyä sahaavista yksiköistä Suomessa. Sahan kapasiteetti on 300 000 m³ sahatavaraa ja 20 000 m³ lämpökäsiteltyä sahatavaraa vuodessa. (Stora Enso 2014.)

Investoinnin tarkoituksena oli parantaa sahauksen käyttösuhdetta eli saantoa. Projektin vetäjänä tehtäviini kuului suunnittelua, valvontaa ja eri työvaiheiden riskien arviointia. Lisäksi tuli selvittää laitteiston toiminnan oikeellisuus ja takuuarvojen täyttyminen analysoimalla pyöritystuloksia investoinnin valmistuttua. Opinnäytetyön ulkopuolelle rajattiin tarjouskilpailutus, toimittajan valinta ja kustannuksien laskenta. Pääpaino opinnäytetyössä oli esittää luotettava selvitys vanhan ja uuden pyörityslaitteiston erosta.

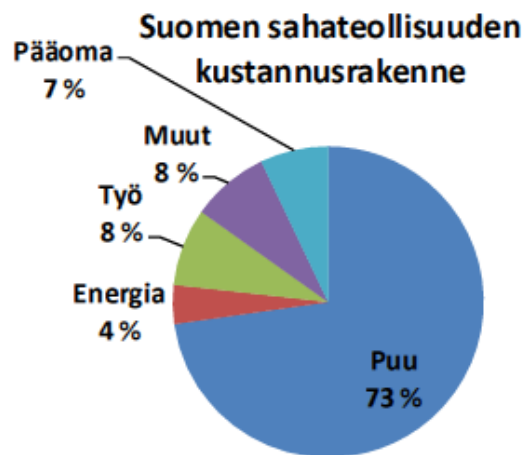
1.1 Lähtötilanne

Sahurin paikalta jo silmämääräisesti tarkasteltuna näytti tukinpyörittäjän ja keskityslaitteiston toiminnassa olevan huomautettavaa. Laitteisto oli jo ikäännytynyt ja käytön tuomat rasitukset olivat havaittavissa. Pyöritystulokset eivät olleet halutussa tarkkuudessa. Vanhassa kallistustelapyörittäjä -laitteistossa oli vain yksi piikkitelapari pyörittämässä tukkia. Tämä aiheutti haastavimmissa tukkikappaleissa ajoittaista pidon menetystä ja näin pyöritys jäi vajaaksi. Tästä johtuen tukki ei mennyt sahakoneisiin optimaalisessa asennossa. Aikaisemmassa keskityksessä sivutelat olivat ilmatäytteiset kumipyörät. Yhdenkin pyörän ilmanpaineen vajaus aiheutti virheen keskitystulokseen.

Investoinnin myötä pyörittäjäksi tuli kallistustelapyörittäjä, jossa on kaksi pyörittävää piikkitelaparia aikaisemman yhden telaparin sijasta. Tällä haettiin parempaa pitoa pyöritystilanteessa ja näin luotettavampaa pyöritystulosta.

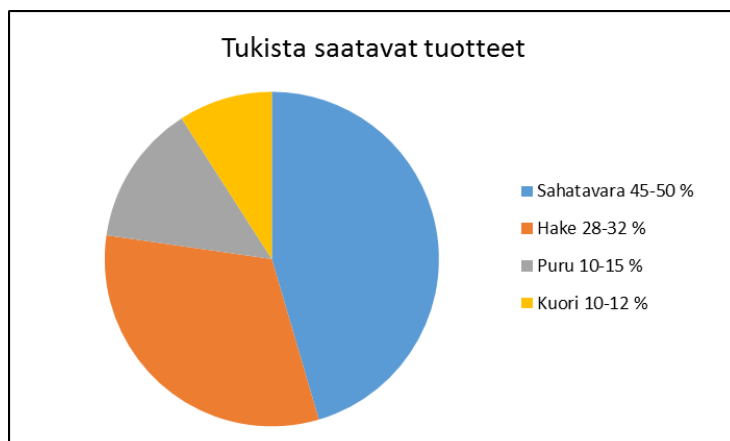
1.2 Taustaa sahauksesta

Sahauksen kustannuksista yli 70 % tulee raaka-aine kustannuksista. Tätä vasten katsottuna raaka-aineen käytön on oltava tehokasta. Kallis raaka-aine tulee pysyvä käyttämään tarkasti, että se saadaan jalostettua parhaan myyntihinnan omaaviksi tuotteiksi.



Kuvio 1. Sahatavaran tuottamisen kustannuksien jakautuminen (Työ- ja elinkeinoministeriö 2012).

Sahattavat asetteet suunnitellaan siten, että saanto olisi mahdollisimman suuri. Saanto tarkoittaa kuorellisesta tukista saatavaa sahatavaran määrää suhteessa käytettyyn raaka-aineen määrään. Sahattavasta tukista tulee pää- ja sivutuotteita (kuvio 2). Päätuote on sahatavara ja sivutuotteita ovat hake, puru ja kuori. Sivutuotteiden määriin vaikuttaa oleellisesti sahaustapa, valmistettavat tuotteet ja sahakoneiden tyyppi. Sahatavaran saantoon vaikuttavat tukin laatu, sahausrako (terien paksuudet), asetevalinta, kuivausaste ja tukin suuntaus sahakoneeseen. Saannon parantaminen on oleellisessa osassa, kun mietitään sauhauksen kannattavuuden parantamista. (Sipi 2006, 191.)



Kuvio 2. Sahattavasta tukista saatavat tuotteet ja niiden suhde (Sipi 2006, 26).

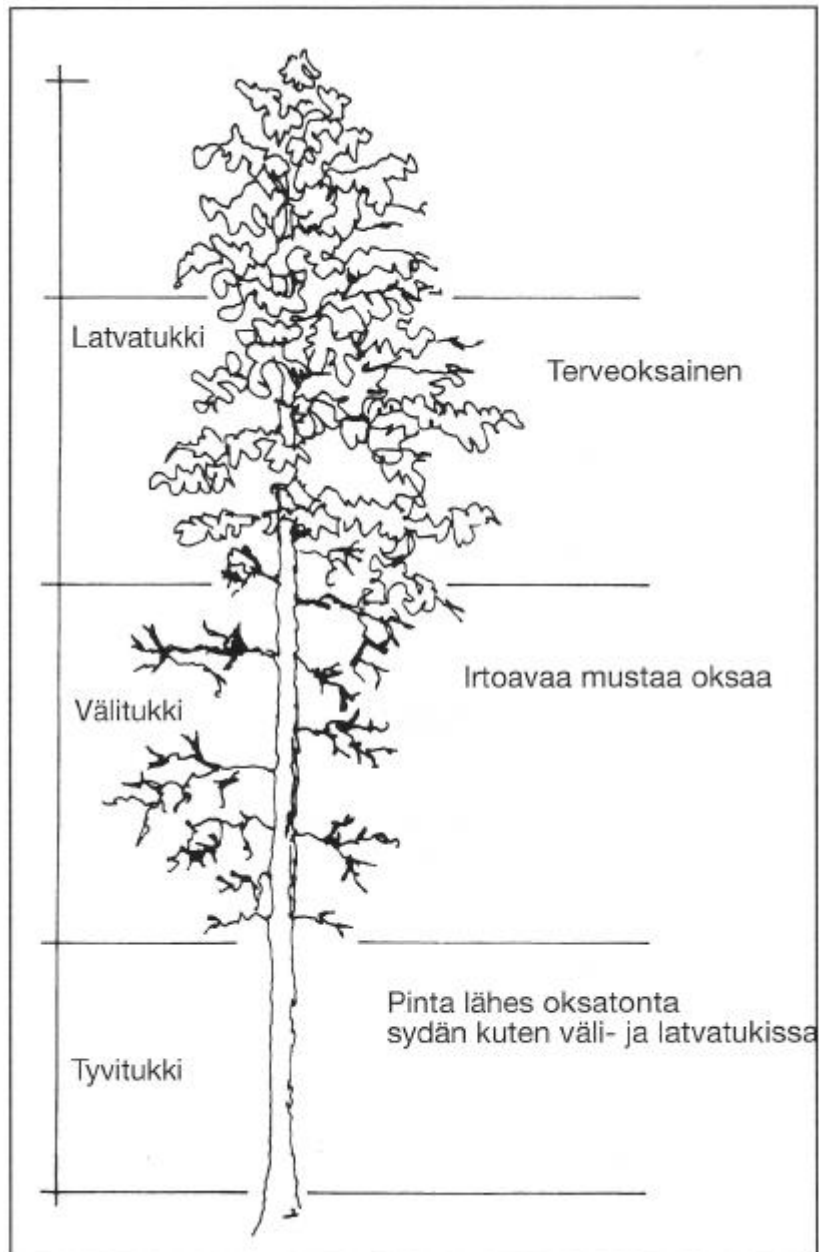
Yleisesti sivutuotteista hake käytetään yli 90 % puumassateollisuuden raaka-aineena. Jäljelle jäävän käyttöä lastu- ja kuitulevyteollisuus. Purun käyttö jakautuu tasaisesti puumassa- ja levyteollisuuden sekä energiantuotannon kanssa. Tukat kuoritaan ennen sahausta ja kuori tavallisesti poltetaan energiantuottolaitoksissa. Suurin osa kuoresta saatavasta energiasta käytetään sahatavaran kuivaukseen. (Sipi 2006, 193.)

Sahauksen käyttösuhde on keksimäärin 2,0–2,2 k-m³/m³. Tämä tarkoittaa, että tarvitaan 2,0–2,2 kiintokuutiometriä kuorellista puuta yhden sahatavarakuution tuottamiseksi. Suurten tukkien käyttösuhde on yleensä parempi verrattuna pieniin tukkeihin. Tukin laatuvioloista lenkous, mutkat, korot ja laho laskevat sahatavaran määrällistä saantoa. (Sipi 2006, 24–25.)

1.3 Sahatukin laatuluokat

Tukit lajitellaan ennen sahausta laadun, latvaläpimitan ja pituuden mukaan. Tukit jaetaan usein kolmeen laatuluokkaan A, B ja C. A-luokkaan kuuluvat oksattomat ja muuten virheettömät tyvitukit, B-luokkaan terveoksiset latvatukit ja C-luokkaan oksaiset tyvitukit ja kuivaoksiset välitukit. Lisäksi tukin laatuluokassa voi olla minimi vaatimus latvaläpimitasta. A-luokan tyvitukeilla se yleisesti on 20 cm.

Sahalaitoskohtaisissa laatuluokissa voi esiintyä myös edellisten laatuluokkien yhdistelmiä. (Sipi 2006, 47.)



Kuva 1. Mäntyrunгон eri laatuiset tukkiosat (Sipi 2006, 46).

Rungot katkotaan eli apteerataan metsässä korjuun yhteydessä määräpituusiksi tukeiksi. Katkonta suoritetaan yleensä 30 cm:n jaotuksella minimipituuden ollessa 3,1 m ja maksimipituuden 6,1 m. Rungon katkonnalla on myös merkitystä tukkien laatuun ja mahdolliset rungon virheet pyritään jättämään pois sahatukista. Katkonnalla tavoitteena on jakaa runko mahdollisimman korkealaatuisiksi tukeiksi. (Sipi 2006, 45.)

Pyörityslaitteistojen vertailemiseksi kuvattiin otokset taulukossa 1 esitetyistä tukkiluokista. Tukkiluokat ovat sahalinjalla yleisesti sahattavia luokkia ja kattaa tukin latvaläpimittaluokat pienimmästä suurimpaan.

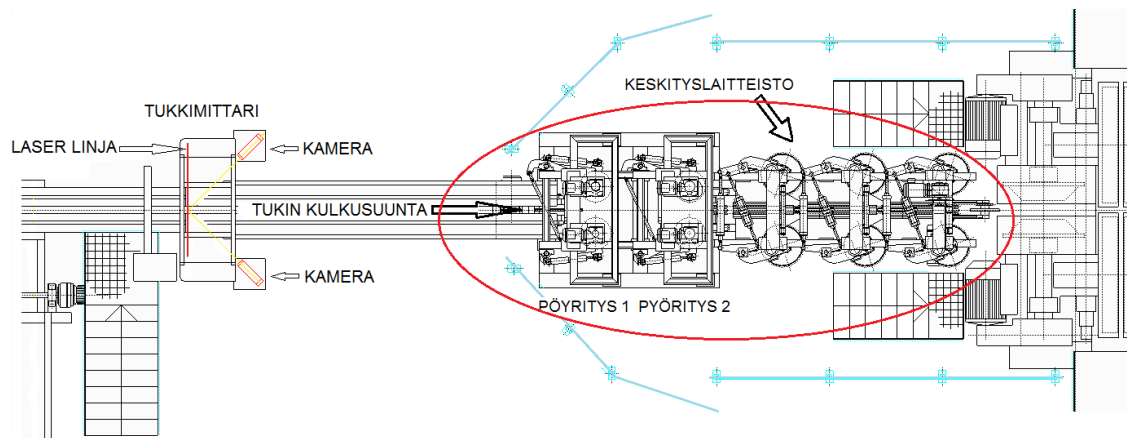
Taulukko 1. Kuvattavaksi valitut tukkiluokat.

Kuvattavaksi valitut tukkiluokat	
Vanha pyörityslaitteisto	Uusi pyörityslaitteisto
B155	C165
B165	C195
C195	A245
BC203	C255
C265	AC330
A268	AC350
C275	
AC330	
AC350	

2 Suunnittelu

Suunnittelu alkoi projektisuunnitelman tekemisellä ja aikataulun laadinnalla. Aikataulun rajat määräytyivät huoltoseisokin mukaan ja aikataulutukset koski huoltoseisokin aikaista toimintaa investoinnin osalta. Riskien arvioinnit tehtiin ennen purkamisen aloitusta ja ennen uusien laitteiden asennusta. Nostotöistä tehtiin erilliset nostosuunnitelmat.

Vanhan pyörityslaitteiston toiminnan analysointi piti aloittaa videokuvaamalla sen toimintaa hyvissä ajoin ennen purkutöiden aloittamista. Tavoite oli saada kerättyä talteen n.150 tukkikappaleen pyöritystieto.



Kuva 2. Layout-investointi kohteesta. Punaisella ympyröity uudet tukinpyörittäjät ja keskityslaitteisto.

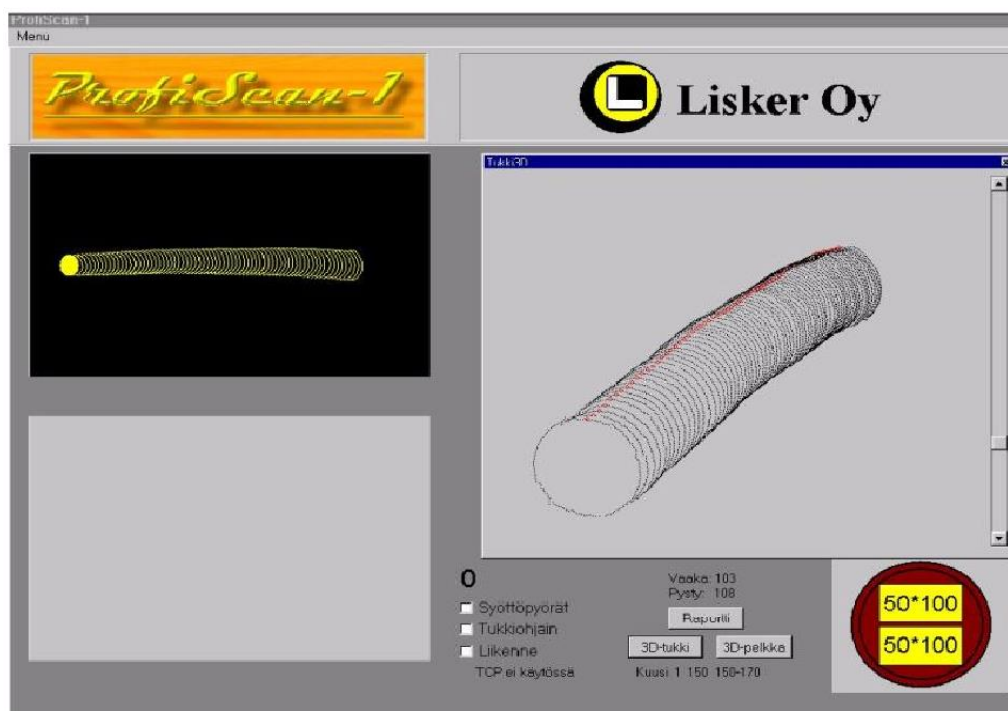
3 Tukin asemointi sahakoneisiin

Tukin sahauksesta saatavaan sahatavaran määrään vaikuttaa oleellisesti tukin asemointi. Tukin sahausasennon antaa tukkimittari mittaustulosten perusteella. Tukki pitää pystyä pyörittämään oikeaan kulmaan ja saada kulkemaan tässä asennossa sahakoneisiin. Pyöryksen ja tukin oikeassa asennossa pysymisen merkitystä voi yksinkertaisesti kuvata seuraavasti. Sahatavaran saanto voi heikentyä jopa 10 %, jos tukki pyöritetään muuhun kuin lenkouden kannalta parhaaseen asentoon. Yleisesti sahattaessa lenkous on ylös- tai alaspäin. (Vuorilehto, Tulokas 2004, 6.)

3.1 Tukkimittari

Tukkimittari mittaa kuljettimella kulkevan tukin laserin ja kahden kameran avulla muodostaen tukista 3D-mallin (kuva 2). Tukkimittari aloittaa mittaamaan tukin latvasta tyveen päin paksuutta, lenkoutta, soikeutta, tukin tilavuutta ja tukin pituutta.

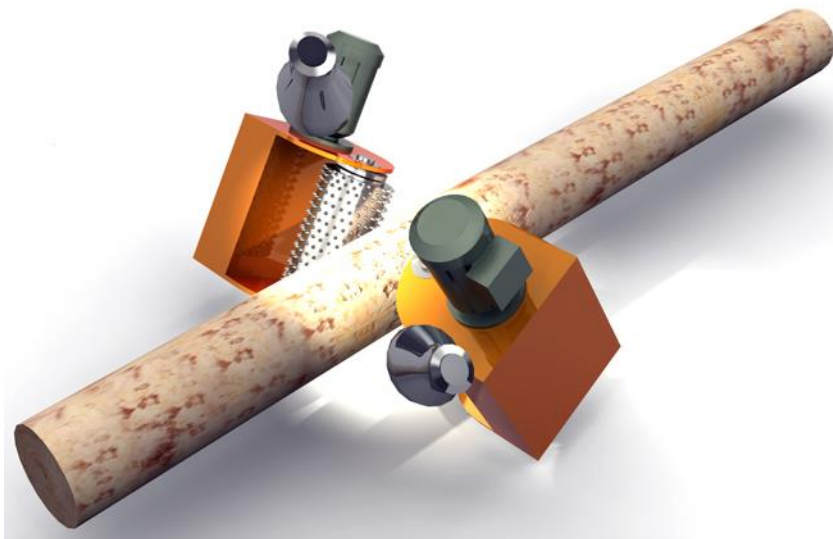
Tietokone laskee mittaustulosten perusteella oikean pyörittäjän telakulman ja pyöritysmatkan.



Kuva 3. Tukkimittarin muodostama 3–D kuva tukista (Lisker Oy 2015).

3.2 Tukinpyöritys

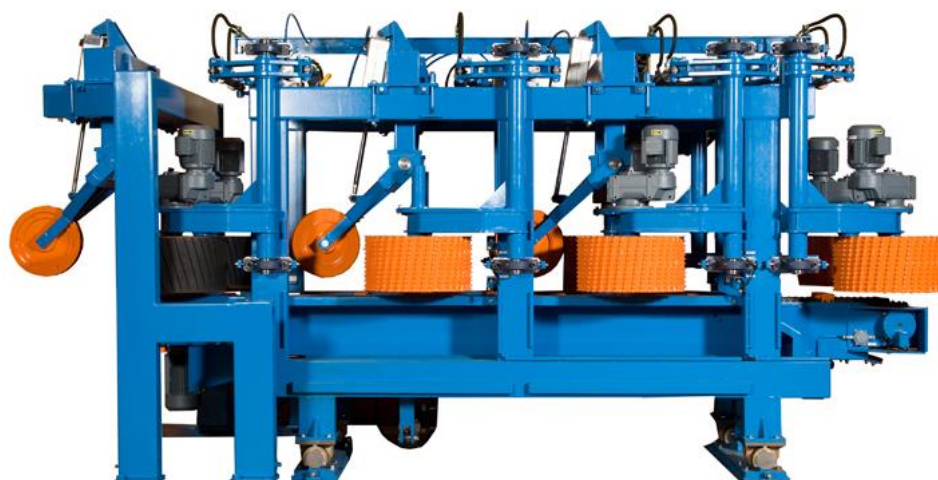
Pyörittäjä pyörittää tukkimittarin mittaamien tietojen pohjalta tukin parhaaseen mahdolliseen sahausasentoon sahattavana olevan asetteen mukaisesti. Yleisesti käytössä oleva tukin asento sahattaessa on lenkous käännettynä ylös tai alas. Tukit kulkevat kuljettimella latva edellä. Tukin pyöriksen onnistumiseen vaikuttaa mm. geometrinen muoto (lenkous, soikeus ja muhkuraisuus), pyörityslaitteiston tyyppi ja kunto sekä sahausnopeus. ”Tukin optimaalinen pyöritysasento on sellainen, että se mahdollistaa sahauksen, josta kaikkien tukista saatavien sahatavaroiden, hakkeen ja purun nettoarvojen summa on mahdollisimman suuri.” (Usenius, A., Heikkilä, A., Song, T., Fröblom, J., Usenius, T. 2010, 131).



Kuva 4. Yksinkertainen periaatekuva kallistustelapyörittäjästä (Lisker Oy 2015).

3.3 Tukin keskitys

Keskityslaitteiston tehtävä on pitää tukki tukkimittarin määrittämässä ja pyöriksen kääntämässä asennossa. Lisäksi keskityslaitteisto keskittää tukin latvan keskipisteen sivusuunnassa keskelle sahakoneiden linjattua keskilinjaa. Keskityslaitteiston vetävät piikkitelat ja lähimpänä sahakoneita olevat kumipinnoitetut sivuteulat syöttävät tukin sahakoneisiin (kuva 5).



Kuva 5. Kuvassa erään valmistajan tyypillinen keskityslaitteisto. Tukin kulku-suunta oikealta vasemmalle (Söderhamn Eriksson 2015).

4 Vanhan laitteiston purkaminen

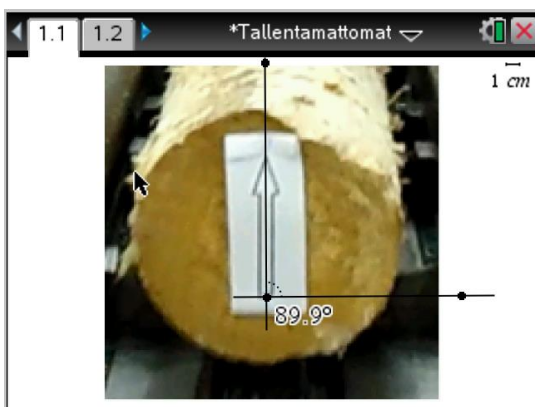
Ennen purkutyötä tehtiin riskien arviointi ”työn vaarojen tunnistaminen” -kaavakkeella. Kaavakkeen läpi käyminen ja täyttäminen antavat vasta työluvan kohteessa. Kaavakkeesta käytiin läpi työkohteen vaaratekijät. Työkohteen vaaratekijöitä olivat tulityöt, polttoleikkauskaasut, palovaara ja haalaus sekä nostotyöt. Työympäristön vaaratekijät olivat putoaminen ja kappaleen putoaminen/sortuminen. Suurimmat vaaratekijät työssä ja työkohteessa aiheuttivat mittavat tulityöt ja laitteiston poiston yhteydessä suoritettavat nostot. Kohteessa vartioi tulitöiden aikaan kaksi palovahtia ja vartiointia jatkettiin neljä tuntia tulitöiden loppumisesta eteenpäin. Ympäristö suojattiin kastelemalla ja tulenkestävällä palopeitteellä. Purkutyöt kävivät nopeasti ennakkoon tehdyn suunnittelun ansiosta ja se kesti vajaan työpäivän. Purkutyön suoritti ulkopuolinen urakoitsija.

5 Uuden laitteiston asennukset

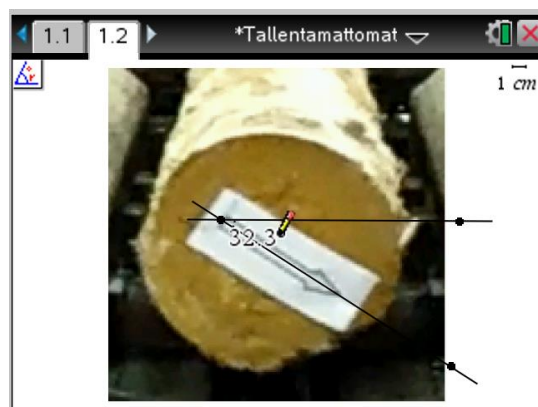
Uusien laitteiden asennus alkoi ”työn vaarojen tunnistaminen” -kaavakkeen läpikäynnillä ja täyttämällä. Työn vaarojen tunnistaminen on tärkeässä osassa, kun aloitetaan normaalista tuotannosta eroava toiminta. Kaavakkeen täyttäminen osoittaa, että tulevaan toimintaa on perehdytty ja mahdolliset vaaran aiheuttajat on tunnistettu. Kaavakkeen täyttäminen antoi työluvan laitetoimittajan asentajille aloittaa työskentely. Asennustöiden aikana suurimmat vaaratekijät työssä ja työkohteessa aiheuttivat mittavat tulityöt, laitteiston asennusten yhteydessä suoritettavat nostot ja useiden ihmisten samanaikainen työskentely kohteessa. Kohteessa työskenteli välillä useita laitetoimittajan sähköasentajia ja koneiden varsinaiset asentajat. Asennukset kestivät nostotöineen noin viikon. Laitteiden linjaaminen kesti kaksi työpäivää. Asennettu keskityslaitteisto oli tyypiltään samanlainen kuin kuvassa 5 ja keskityslaitteisto oli tyypiltään kallistustelapyörittäjä (kuva 4).

6 Kuvaamisen toteutus ja tietojen kerääminen

Tukkien pyöryksen toiminnan selvittämiseksi tukit täytyy kuvata videolle niiden ohittaessa tukkimittarin matkalla sahakoneisiin. Kuvausta kokeiltiin asentamalla mittauskuljettimen runkoon kamera kiinni tarkoitukseen tehdyllä telineellä, mutta ajatuksesta oli luovuttu koneiden aiheuttaman värinän takia. Kuvaus suoritettiin ns. käsivaralta. Kuvauskulmasta johtuen arvioitu virhe, jota voi syntyä on n. 3 astetta suuntaansa. Tätä virhettä ei huomioida tarkastelun yhteydessä. Kuvaus tapahtui digikameralla tukkien kulkusuuntaan päin. Tukit sahataan latva edellä, joten tyvipäähän kiinnitin nitojalla paperin, johon oli piirretty nuoli. Videokuvasta poimittiin pysäytyskuva tukkimittarin jälkeen, kun pyörityslaitteisto on ottanut tukista kiinni. Toinen kuva otettiin, kun tukki on pyörityslaitteistossa ja pyöritys on loppunut. Nämä kuvat (kuva 5 ja kuva 6) siirsin Texas nspire-cx-laskimeen, jossa kuvien vertailu tapahtui. Kuvissa 5 ja 6 näkyvien nuolien asentoa verrattiin keskenään, jolloin saatiin selville tukin todellinen pyörityskulma asteina. Yhteenlaskettua astelukua verrattiin tukkimittarin antamaan tukinpyörityksen ohjearvoon.



Kuva 6. Nuolen asento pyöritystelaston otettua kiinni tukista.



Kuva 7. Nuolen asento kuvattuna pyörityksen päätyttyä.

Tukkien kuvaamisen aikaan pyrittiin sahalinja pitämään mahdollisimman hyvin normaalissa tuotantovauhdissa. Kuvaukset suoritettiin samalla linja nopeudella, kuin normaalikin sahaus tapahtuu. Sahausnopeus asetteesta riippuen oli kuvauksien aikana 50–75 m/min. Sahausnopeuteen vaikuttaa sahattavan tukkiluokan läpimitta. Ainoa poikkeus normaaliin tuotantoon oli tukkiväli. Tukkiväliä täytyi kasvattaa, jotta tukin tyveen kiinnitetty lappu näkyi kuvassa eikä seuraava tukki peittänyt näkymää. Lähemmin tarkasteltavaksi ja kuvattaviksi valittiin mahdollisimman laajasti erilaisia tukkiluokkia. Näin pystyttiin toteamaan pyöritystarkkuus eri paksuisilla ja muutoin eri ominaisuuksia omaavilla tukeilla. Sahalinjalla sahattavat tukit ovat 155–350 mm latvaläpimitaltaan. Tukkiluokasta kuvattavien tukkien määrä vaihteli 16–24 kappaleen välillä.

Tukkeja kuvattiin vanhan pyörityslaitteiston aikana 192 kpl. Uuden pyörityslaitteiston asennuksen jälkeen kuvattiin 168 kpl. Jokaisesta tukista otettiin talteen tukkimittarilta saatavat tiedot tukin pyörityksen ohjearvosta, sekä todettu pyörityskulma ja niiden erotus sekä asteina että prosentteina. Saadut tiedot kerättiin analysointia varten Excel-taulukoon. Taulukossa verrattiin pyöritysohjeen arvoa todelliseen pyörityskulmaan. Tässä opinnäytetyössä esitetään pyöritystulokset C195-tukkiluokalle.

7 Pyörityslaitteistojen vertailu

Pyörityslaitteistojen pyöritystulosta verrattiin aina tukkimittarin antamaan pyörityksen ohjearvoon. Sahalinjan linjanopeus ja muut sahaukseen vaikuttavat tekijät pyrittiin pitämään samanlaisina sekä vanhan- että uuden pyörityslaitteiston testauksen yhteydessä. Pyöritystulokset käsiteltiin itseisarvoina eli ei huomioitu tuloksen etumerkkiä. Virhe on yhtä suuri jos pyöritys jää vajaaksi ohjearvosta esim. 10 astetta, kuin että se menisi yli ohjearvon 10 astetta.

Tukinpyörityksen onnistumista pystytään todentamaan seuraavilla kahdella tunnusluvulla: pyöritysvirheen keskiarvo ja pyöritysvirheen hajonta.

Pyöritysvirheen keskiarvo kertoo kuinka tarkasti pyöritykset keskimäärin onnistuvat. Pyöritysvirheen hajonta kertoo, kuinka hyvin pyöritysmekaniikka yleisesti ottaen toimii. Pyörityskulman hajonta siis kertoo sen, kuinka hyvin pyöritys todellisuudessa onnistuu. (Vuorilehto & Tulokas 2004, 6.)

8.1 Vanha pyörityslaitteisto

Taulukossa 2 on esitetty tulokset C195-tukkiluokalle. Ohje, tulos ja erotus on esitetty asteina, pyöritystuloksen tarkkuus prosentteina. Erotuksen punaisella olevat lukuarvot ovat negatiivisia lukuja ja kertovat pyörityksen jäämisestä alle ohjearvon.

Taulukko 2. Vanhan pyörityslaitteiston tarkkuus tukkuluokalla C195.

Vanha pyörityslaitteisto					
Tukkiluokka C195	Tukki	Ohje	Tulos	Erotus	Prosenttia
otos 1	1	161	117	44	72,7
	2	105	47	58	44,8
	3	97	93	4	95,9
	4	124	76	48	61,3
	5	5	7	2	71,4
	6	55	9	46	16,4
	7	17	7	10	41,2
	8	56	11	45	19,6
			ka.	32,1	52,9
otos 2	9	6	11	5	54,5
	10	139	91	48	65,5
	11	55	27	28	49,1
	12	9	5	4	55,6
	13	55	6	49	10,9
	14	156	107	49	68,6
	15	79	29	50	36,7
	16	33	5	28	15,2
			ka.	32,6	47,1

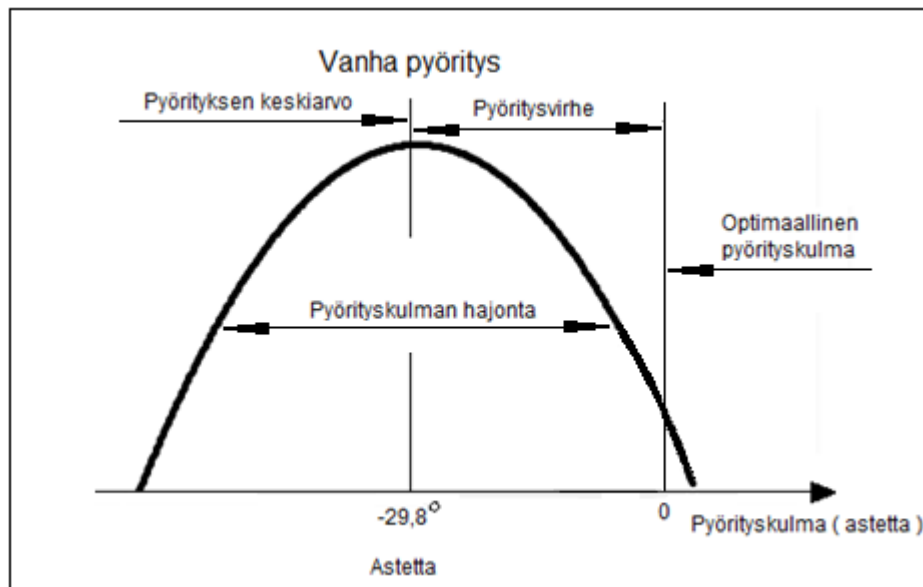
otos 3	Tukki	Ohje	Tulos	Erotus	Prosenttia
	17	85	46	39	54,1
	18	168	112	56	66,7
	19	24	13	11	54,2
	20	130	114	16	87,7
	21	95	84	11	88,4
	22	111	89	22	80,2
	23	7	0	7	0,0
	24	168	133	35	79,2
			ka.	24,6	63,8

Otosten 1-3 pyörityksen onnistumisen ka.

29,8

54,6

Kuviossa 3 on nähtävissä vanhan pyörityslaitteiston toiminnan epävarmuus. Pyöritystarkkuus jakautuu melko tasaisesti keskiarvon molemmille puolille. Lähellä optimaalista pyörityskulmaa on vain muutamien tukkien pyöritystulos.



Kuvio 3. Vanhan pyörityslaitteiston tulosten jakautuminen C195-tukilla.

Kuviossa 3 esitetty pyöritysvirheen keskiarvo laskettiin kaavalla: $x = \frac{\sum(\alpha)}{n}$, jossa α = tukkien pyöritysvirheiden (taulukko 2. erotus) summa ja n = tukkien lukumäärä. Pyöritysvirheen keskiarvoksi tuli 29,8 astetta. Pyöritysvirheen keskiarvo ilmaisee pyörityksen keskimääräisen tarkkuuden.

Lisäksi tuloksista laskettiin keskihajonta. Pyöritystulosten keskihajonta laskettiin kaavalla: $S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - X)^2}{n-1}}$, jossa x_i = pyöritysohjeen ja tuloksen erotuksen itseisarvo, x = pyöritys ohjeen ja tuloksen erotuksen keskiarvo ja tukkien kappalemäärä. Keskihajonnaksi saatiin 19,44 astetta. Pyörityskulman hajonta kertoo sen, kuinka hyvin pyöritys todellisuudessa onnistuu.

Suurimpana syynä pyöritystuloksien heittelemiseen ja pyörityksen jäämiseen vajaaksi oli pyörittäjän telojen pidon menetys tukin pinnasta. Mitä haasteellisempi tukki oli pinnan muodoltaan sitä enemmän pyöritys epäonnistui. Telapaineella voidaan lisätä telan pitoa puun pinnassa, mutta samalla pyöritys vaikeutuu telan piikkien pureutuessa tukin pinnan sisään.

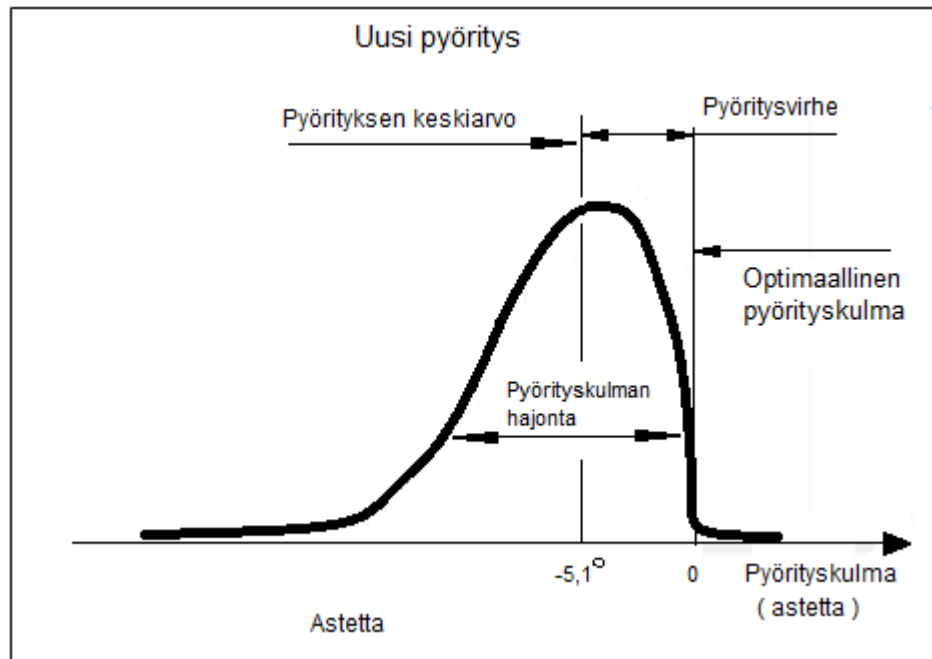
8.2 Uusi pyörityslaitteisto

Taulukossa 3 on esitetty tulokset C195-tukkiluokalle. Ohje, tulos ja erotus on esitetty asteina, pyöritystuloksen tarkkuus prosentteina. Erotuksen punaisella olevat lukuarvot ovat negatiivisia lukuja ja kertovat pyörityksen jäämisestä alle ohjearvon. Merkille pantavaa tuloksissa on 9 tukkikappaleen pyörityksen onnistuminen täysin ohjearvoon ja suuri osa muista tuloksista asettuu muutamien asteiden tarkkuuteen ohjearvosta.

Taulukko 3. Uuden pyörityslaitteiston tarkkuus tukkiluokalla C195.

Uusi pyörityslaitteisto					
Tukkiluokka C195	Tukki	Ohje	Tulos	Erotus	Prosenttia
otos 1	1	115	102	13	88,7
	2	171	171	0	100,0
	3	178	170	8	95,5
	4	75	66	9	88,0
	5	36	34	2	94,4
	6	118	113	5	95,8
	7	68	54	14	79,4
	8	54	54	0	100,0
			ka.	6,4	92,7
otos 2	Tukki	Ohje	Tulos	Erotus	Prosenttia
	9	63	53	10	84,1
	10	47	42	5	89,4
	11	153	128	25	83,7
	12	11	11	0	100,0
	13	29	29	0	100,0
	14	157	157	0	100,0
	15	20	20	0	100,0
16	162	162	0	100,0	
			ka.	5,0	94,6
otos 3	Tukki	Ohje	Tulos	Erotus	Prosenttia
	17	118	120	2	98,3
	18	69	63	6	91,3
	19	76	76	0	100,0
	20	167	174	7	96,0
	21	18	13	5	72,2
	22	117	109	8	93,2
	23	168	168	0	100,0
24	60	56	4	93,3	
			ka.	4,0	93,0
Otosten 1-3 pyöritys ka.				5,1	93,5

Kuviossa 4 on nähtävissä uuden pyörityslaitteiston toiminnan tarkkuus. Merkille pantavaa on pyörityksen keskiarvon oleellisesti parempi tulos kuin vanhalla laitteistolla. Pyörityksen keskiarvo läheni huomattavasti optimaalista pyörityskulmaa ja hajonta pieneni.



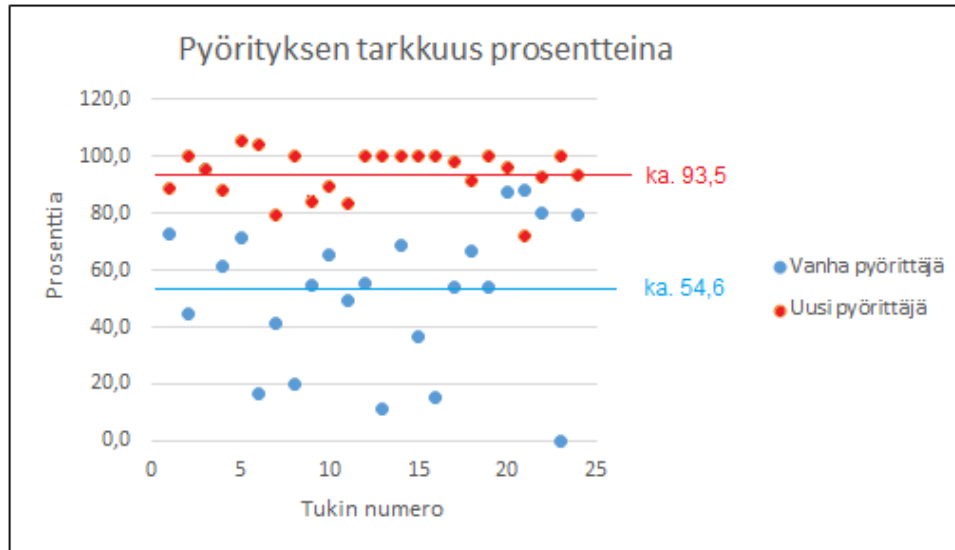
Kuvio 4. Uuden pyörityslaitteiston tulosten jakautuminen C195-tukilla.

8.3 Pyörityslaitteistojen keskinäinen vertailu

Pyörityslaitteistojen välille syntyi selvä ero tarkastellessa tuloksia. Vanhan pyörityslaitteiston suurin virhe oli 58 astetta ja uuden pyörityslaitteiston vastaavasti 25 astetta. Tämä ei vielä kerro koko totuutta pyörityksen paranemisen määrästä. Tukit eivät ole identtisiä keskenään, joten vertailu on tehtävä isomman otannan avulla. Sopimuksen mukainen takuuarvon täytyminen salli 7,5 astetta virhettä keskiarvona 30 tukkikappaleen otannassa.

Kuviossa 5 on esitetty graafisessa muodossa pyörityslaitteistojen keskinäinen vertailu tarkkuuden suhteen prosentteina. Huomioitavaa on kuinka paljon parem-

min uuden pyörityslaitteiston tulokset asettuvat kokonaisuudessaan lähelle tuloksien keskiarvoa ja täydellistä 100 %:sta onnistumista. Yksittäisiä tukkeja ei voi verrata keskenään, koska tukit eivät ole samoja vaan sattuman varaisesti tukierästä otettuja. Kaikki 24 tukkia on peräkkäin sahalinjalle tulleita ja normaalin sahatukin laatuksiteerit täyttäviä.



Kuvio 5. Pyöritystarkkuuden vertailu C195-tukilla.



Kuvio 6. Vanhan pyörityslaitteiston toiminta ohjeen ja tuloksen suhteen C195-tukilla.



Kuvio 7. Uuden pyörityslaitteiston toiminta ohjeen ja tuloksen suhteen C195-tukilla.

Taulukko 4. Esitetään tukkien jakautuminen pyörityksen onnistumisprosenttiin C195-tukilla.

	Vanha	Uusi
95 - 100 %	1 kpl	13 kpl
90 - 95 %	0 kpl	4 kpl
85 - 90 %	2 kpl	3 kpl
80 - 85 %	1 kpl	2 kpl
75 - 80 %	1 kpl	1 kpl
70 - 75 %	2 kpl	1 kpl
65 - 70 %	3 kpl	0 kpl
60 - 65 %	1 kpl	0 kpl
55 - 60 %	1 kpl	0 kpl
50 - 55 %	3 kpl	0 kpl
45 - 50 %	1 kpl	0 kpl
<45 %	8 kpl	0 kpl
Pyöritysvirhe ka.	29,8°	5,1°
Keskihajonta	19,4°	6,0°

Taulukossa 4 on esitetty otannan jakautuminen luokkiin viiden prosentin tarkkuudella. Huomioitavaa on että vanhan pyörityksen tuloksista yksi kolmasosa jää tarkkuudessa alle puoleen ohjearvosta. Uuden pyörityksen osalta taas yli puolet onnistuu erinomaisesti.

8 Yhteenveto ja tuloksia

Rahallisesti pyörityksen paranemisella on suuri merkitys, kun verrataan muutosta suuriin tuotantomääriin. Taulukossa 5 esitetyn esimerkin mukaisesti pienelläkin parannuksella saadaan merkittävää vaikutusta tuottoon. Saannon parantaminen pienentää sivutuotteiden määrää ja parantaa näin tuottoa. Sahatavaran myyntituotto on noin 85 % ja sivutuotteiden noin 15 % myyntituotoista. (Sipi 2005, 193.) Tukin oikeaan sahausasentoon vaikuttaa muutkin tekijät kuin tukinpyöritys- ja keskityslaitteisto. Tukkimittarilla täytyy olla mahdollisuudet mitata tukki oikein, jotta lautojen optimointi onnistuu. Kuljettimen jolla tukki kulkee mittarin ”läpi” on oltava siinä kunnossa ja sellainen, että tukki ei pääse heilumaan mittaushetkellä sivu- tai pystysuunnassa. Vain oikein mitattu tukki voidaan pyörittää oikeaan sahausasentoon.

Alla esitetyissä laskennoissa on käytetty sahatavaran keskihintana 190 €/m³ ja hakkeen hintana 35 €/m³. (Metla 2014, 3). (Työ- ja Elinkeinoministeriö, Pöyry, 2013, 17).

Taulukko 5. Pyörityksen muutoksen vaikutus tuottoon.

Esimerkki 1	
Tukkiluokan saanto parantunut investoinnin ansiosta 1,863 → 1,822.	(Tukin käyttö vähentynyt suhteessa valmiiseen sahatavaraan)
Muutos on ollut 0,041 yksikköä. (1,863-1,822)	
Mitä tämä muutos antaa 20 000 m ³ sahausmäärällä?	
Ennen muutosta sahatavaraa saatiin	$20\,000 / 1,863 = 10\,735\text{ m}^3$
Muutoksen jälkeen vastaavasti	$20\,000 / 1,822 = 10\,977\text{ m}^3$
Erotus	$10\,977 - 10\,735 = +242\text{ m}^3$
Tuotto = paranema + keskihinta (190 €)	$242\text{ m}^3 \times 190\text{ €} = \underline{\underline{45\,980\text{ €}}}$

Esimerkissä 1 on esitetty pyöriytyksen muutoksen aiheuttama todellinen saannon paraneminen ja laskettu sen vaikutus 20 000 m³ sahatukkierän tuoton muutokseen. Laskentaan käytettävät tiedot on saatu sahan tietojärjestelmästä.

Taulukko 6. Saannon paranemisen vaikutus.

Esimerkki 2	
Saha käyttää 1000 m ³ tukkia	
Sahan keskimääräistä saantoa saadaan parannettua 2,15 → 2,12 eli 0,03 yksikköä.	
1000 m ³ / 2,15 = 465,1 m ³ sahatavaraa	
1000 m ³ / 2,12 = 471,7 m ³ sahatavaraa	
Erotus on +6,6 m³	
Sahatavaran ja hakkeen keskikuutihinta laskennassa on 190 € ja 35 €.	
Sahatavaran hintana	6,6 m ³ x 190 € = 1254 €
Hakkeen hintana	6,6 m ³ x 35 € = 231 €
Erotus	1254 - 231 = 1023 €
Jos saha käyttää tukkia vuodessa 500 000m ³	
→ 1023 € x 500 = 511 500 €	

Taulukon 6 esimerkissä 2 on esitetty saannon 0,03 yksikön paranemisen vaikutus rahallisesti jos saha käyttää vuodessa 500 000 m³ tukkia. Parantuneella saannolla (2,12) määrästä tulisi valmista sahatavaraa 235 850 m³.

9 Pohdinta

Mielestäni opinnäytetyöni tavoite pystyttiin täyttämään. Tulokseksi saatiin luotettava selvitys tapahtuneesta muutoksesta sekä pyöritys- ja keskityslaitteiston toiminta saatiin vastaamaan odotuksia. Pyöritystulokset paranivat huomattavasti ja mikä tärkeintä, tuloksien keskihajonta väheni oleellisesti entiseen pyörityslaitteistoon verrattuna. Pyöritysvirhe asettuivat valmistajan lupaaman 7,5 asteen keskiarvon alapuolelle muutaman kymmenen tukkikappaleen koeajossa. Kaikissa tukkiluokissa parannus oli suuri ja niiden tulokset täyttivät valmistajan lupaukset. Lisätutkimista vaatisi tukkimittarin oikean toiminnan varmistaminen koeajoilla.

Kyseisessä paikassa tukki mitataan ja optimoidaan sahalinjalla vain yhden kerran tukkimittarin toimesta. Tukkimittari lähettää optimointi tiedot profilointiyksikölle saatavien jakovaiheen lautojen leveyksistä. Jos tukkimittari ei saa oikeaa mittaus-tulosta niin jakovaiheen lautojen leveyden määrittäminen voi olla väärin. Jakolautojen arvo pienenee, joko leveämmällä laudalla vajaasärmäisyyden aiheuttaman hyllytämisen seurauksena tai laudasta ei profiloida niin leveää kappaletta kuin mahdollista olisi. Molemmissa tapauksissa hakkeen määrä lisääntyy suhteessa sahatavaran määrään. Tukkimittarin toimintaedellytyksien läpikäyminen ja mahdollinen parantaminen olisi pohdinnan arvoinen seikka.

Lähteet

- Lisker Oy 2015. Tuotteet. <http://www.lisker.fi/fi/tuotteet/profiscan1>. 8.2.2015.
- Lisker Oy 2015. Tuotteet. <http://www.lisker.fi/fi/tuotteet/profitc>. 8.2.2015.
- Metsäsektorin suhdannetiedote 2014. 3. Metla.
- Sipi, M. Puutuoteteollisuus 5. Sahatavaran tuotanto. 2 painos. Helsinki 2006. 24. Edita Oy.
- Sipi, M. Puutuoteteollisuus 5. Sahatavaran tuotanto. 2 painos. Helsinki 2006. 26. Edita Oy.
- Sipi, M. Puutuoteteollisuus 5. Sahatavaran tuotanto. 2 painos. Helsinki 2006. 191. Edita Oy.
- Sipi, M. Puutuoteteollisuus 5. Sahatavaran tuotanto. 2 painos. Helsinki 2006. 193. Edita Oy.
- StoraEnso. Powerpoint- esittelymateriaali, Uimaharjun saha. 2013.
- Suomen metsäteollisuuden kilpailukyky. Metsäalan strateginen ohjelma. Taus-taselvitys 2012. 50. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- Suomalaisen saha- ja puutuoteteollisuuden toimiympäristön vertailu keskeisim-piin kilpailijamaihin nähden. Loppuraportti 2013. 17. Työ- ja Elinkei-noministeriö. Pöyry Oy.
- Söderhamn & Eriksson 2015. Tuotteet. Tukinasemointi. <http://www.se-saws.com/en/products/log-positioning/logpos-s4-always-correct-alignment>. 15.2.2015.
- Usenius, A., Heikkilä, A., Song, T., Fröblom, J., Usenius, T. Joustavat ja itseop-pivat tuotantojärjestelmät sahateteollisuudessa. VTT tiedote 2544. Hel-sinki 2010. 131. Edita Prima Oy.
- Vuorilehto, J., Tulokas, T., Puumies 7/2004. Tukinpyörittäjän tarkkuudesta, 6.
- Vuorilehto, J., Tulokas, T., Puumies 7/2004. Tukinpyörittäjän tarkkuudesta, 7.