



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

TUKKILUOKKIEN LAUTASAANNON OPTIMOINTI

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Puutekniikan koulutusohjelma
Puutekniikka
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Olli Nasi

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Stora Enso Oyj Fine paper Veitsiluodon sahalle syksyllä 2013. Työ on osa Lahden ammattikorkeakoulun Puutekniikan koulutusohjelmaa.

Opinnäytetyöni ohjaajana toimi koulun puolelta lehtori Ilkka Tarvainen. Toimeksiantajan puolelta työtäni ohjasi tehdaspäällikkö Mika Kuusela.

Haluan kiittää heidän lisäksi kaikkia henkilöitä, jotka ovat auttaneet minua työni valmistumisessa.

Lahdessa 8.12.2013

Olli Nasi

Lahden ammattikorkeakoulu

Puutekniikan koulutusohjelma

NASI, OLLI: Tukkiluokkien lautasaaannon optimointi

Puutekniikan opinnäytetyö, 48 sivua

Syksy 2013

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin sahausasetteiden lautasaantoja sekä verrattiin niitä vastaavaan automaattisen tukinpyörittäjän lautasaantoihin. Tarkoituksena oli selvittää lautasaantojen hävikkiä ja mahdollisia syitä hävikkiin. Lisäksi tutkittiin tukkiluokkien latvaläpimittojen oikeellisuutta määritetyille tukkiluokan millirajalle. Tämä opinnäytetyö tehtiin Stora Enso Oyj Fine paper Veitsiluodon sahan toimeksiannosta.

Työn teoriaosuudessa käydään läpi sahan nykytuotantoa, sahalinjan prosessia ja toimintaperiaatetta. Lisäksi sahausun suunnitteluosuudessa kerrotaan sahaustulokseen vaikuttavista eri tekijöistä. Työssä käytiin läpi myös tuotannonaikaisia läpimenneitä tukkien historiatietoja, joista tehtiin tarvittavat työstöt ja päätelmät.

Työn tiedonkeruuvaiheessa työstettiin suuria määriä tuotannon läpimenneitä tukin sahausia. Työstettävää materiaalia kertyi runsaasti, ja kaikki laskelmat ja kaaviot työstettiin Excel-laskentataulukko-ohjelmalla, joka helpotti myös tulosten esittämistä.

Työn tuloksista selviää, että tukkiluokkien kuorikorjauskertoimen vähennyksen määritykset eivät pidä aivan paikkaansa. Edellä mainitulla virheellä on suoranaanainen vaikutus myös asetteiden lautasaantoon, käyttösuhteeseen ja näin ollen sahan tulokseen.

Asiasanat: tukkiluokka, sahausasete, sahaus, lautasaanto

Lahti University of Applied Sciences

Degree Programme in Wood Technology

NASI, OLLI: Optimisation of the volume yield of different log classes in sawmilling

Bachelor's Thesis in Wood Technology, 48 pages

Autumn 2013

ABSTRACT

This thesis deals with the volume yield of different sawing patterns and compares those yields with the yields of the automatic log profiler. The purpose was to analyse the loss of the yield and the possible reasons for the loss. Furthermore, the validity of the top diameter of log classes was studied. The thesis was commissioned by Stora Enso Oyj Fine Paper Veitsiluoto sawmill.

The theory part of the work describes the present production of the sawmill, the process of the saw line and its operating principle. This part also deals with the factors in planning which affect the sawing outcome. In addition, the production history of the log is analysed.

The data acquisition of the work was done by sawing large numbers of logs in production. A lot of material was accumulated and all the calculations and diagrams were analysed with Excel spreadsheet software, which also facilitated the presenting of results.

The results of the work show that the determination of the bark correction factor is not quite right. These factors have a direct effect on the yield of the sawing patterns, the volume-capacity ratio and, therefore, the profit

Key words: log class, sawing pattern, sawing, volume yield

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	STORA ENSO VEITSILUODON SAHA	2
2.1	Historia	2
2.2	Nykytuotanto	3
3	SAHALINJAN PROSESSI	5
3.1	Puun hankinta	5
3.2	Tukkilajittelu	5
3.3	Sahansyöttö	5
3.4	Sahaus	6
3.5	Särmäys ja dimensiolajittelu	6
3.6	Rimoitus ja kuivaus	7
3.7	Kuivalajittelu ja paketointi	7
3.8	Sivutuotteet	8
4	SAHAUKSEN SUUNNITTELU	9
4.1	Apteeraus	9
4.2	Tukkilajittelu	12
4.2.1	Tukkien läpimittaluokka	12
4.2.2	Tukkien mittaaminen	13
4.3	Postaus	13
4.4	Sahaus simulointi	14
4.5	Raaka-aineen käyttösuhde	16
4.6	Raaka-ainetase	17
4.7	Kuorikerroin	17
4.8	Asete	18
4.9	Tukinpyörittäjä	19
5	NYKYTILAN TARKISTUS	21
5.1	Lautasaantojen tutkiminen	21
5.2	Tutkimuksen tulokset	22
5.2.1	Lauta 16 mm	22
5.2.2	Lauta 19 mm	23
5.2.3	Lauta 25 mm	25

6	LAUTA HÄVIKIN VERTAILU TUKINPYÖRITTÄJÄÄN	27
6.1	Tulokset	27
6.1.1	Lauta 16 mm	27
6.1.2	Lauta 19 mm	28
6.1.3	Lauta 25 mm	30
7	TUKKILUOKKIEN LATVALÄPIMITTOJEN TUTKIMINEN	32
7.1	Tutkimustulosten tarkastelu	32
7.2	Tutkimuksen tulokset	34
7.2.1	Tukkiluokka 156 mm	34
7.2.2	Tukkiluokka 170 mm	35
7.2.3	Tukkiluokka 195 mm	36
7.2.4	Tukkiluokka 235 mm	37
8	LÄPIMITTALUOKKIEN MUUTTAMINEN	38
8.1	Työn tavoite	38
8.2	Työn tulokset	39
8.2.1	Tukkiluokka 156 mm	39
8.2.2	Tukkiluokka 170 mm	40
8.2.3	Tukkiluokka 195	41
8.2.4	Tukkiluokka 235 mm	42
9	TUTKIMUKSIEN ANALYSOINTI	43
9.1	Lautasaannot	43
9.2	Manuaalin ja tukinpyörittäjän hävikin vertailu	44
9.3	Latvaläpimittojen tutkiminen	45
9.4	Läpimittaluokkien muuttaminen	45
10	KEHITYSEHDOTUKSET	46
11	YHTEENVETO	47
	LÄHTEET	48

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Stora Enso Oyj Fine paper Veitsiluodon sahan toimeksiannosta. Opinnäytetyön aiheena oli tutkia tukkiluokkien sahausasetteiden lautasaantoja sekä vertailla saatuja tuloksia vastaaviin automaattisen tukinpyörittäjän lautasaantoihin. Lisäksi tutkittiin latvaläpimittojen oikeellisuutta määritetyille tukkiluokan millirajalle.

Työ aloitettiin tutkimalla sahan tietojärjestelmän historiatietoja sahatuista tukkiluokista, asetteista sekä niiden lautasaannoista. Lisäksi tutkimuksessa käytettiin apuna sahalle investoitua uutta hankintaa - automattista tukinpyörittäjää. Tukinpyörittäjän historiaraportista kerättiin tiedot tukkien latvaläpimitoista, jotka olivat menneet tuotannon läpi.

Sahauksen kannalta on tärkeää, että tukki putoaa oikeaan lokeroon ennalta määritettyjen arvojen ja ohjeiden mukaan. Tukkia sahattaessa asetteella on optimaalinen latvaläpimita-alue, josta saadaan täysisärmäistä ja laadukasta sahatavaraa. Liian pienestä tukista sahattaessa syntyy vajasärmäisiä kappaleita, jolloin käyttösuhde ja sahaustulos huononevat merkittävästi. Liian isoa tukkia ei pystytä vastaavasti hyödyntämään kokonaan, vaan hyödyntämätön osa menee hakkeeksi.

Opinnäytetyön tutkittavat alueet rajattiin tukkilajitteluun, sahasyöttöön, sahalinjaan, särmäsahoihin sekä dimensiollahiin ja sivutuoteosastoon. Tiedot koottiin ja käsiteltiin Excel-tilukkolaskentaohjelmaa hyväksi käyttäen.

2 STORA ENSO VEITSILUODON SAHA

2.1 Historia

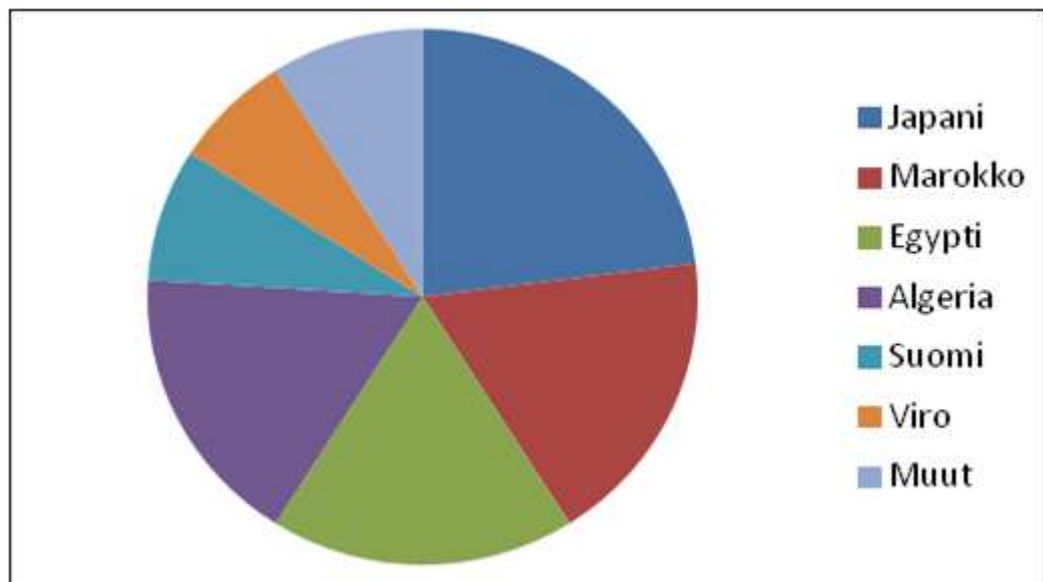
Veitsiluodon saha Kemissä perustettiin maaliskuussa 1921, mutta itse toiminta aloitettiin vuonna 1922. Nykyään käytössä oleva kaarihalli ja saha valmistuivat vuonna 1949. Ensimmäinen kuivaamo rakennettiin vuonna 1950. Sahalla oli tulipalo vuonna 1981. Särmäsahat uudistettiin vuonna 1982, ja vuonna 1988 koko sahalinja uudistettiin perusteellisesti. Tuolloin siirryttiin raamisahauksesta nykyaikaiseen pelkkahakkuri, vanne- ja pyörösahalinjaan. (Raatikainen 2009.)



KUVA 1. Veitsiluodon saha (Stora Enso Oyj 2012)

2.2 Nykytuotanto

Veitsiluodon sahan puun tarve vuonna 2012 oli 345 562 m³ ja valmista sahatavaraa syntyi 149 433 m³. Veitsiluodossa sahataan pelkästään mäntytukkia. Tuotannosta 93 % menee vientiin, josta eniten sahatavaraa viedään Japaniin ja Pohjois-Afrikkaan (KUVIO 1). Kuivaamojen kapasiteetti on 300 000 m³. Lajittelulaitos on täysin automaattinen, missä saheet lajitellaan eri lajitteluohjeiden mukaisiin sahatavaralaatuihin. (Stora Enso Oyj 2012.)



KUVIO 1. Veitsiluodon sahanviennit maittain (Stora Enso Oyj 2012)



KUVIO 2. Sahalaitoksen organisaatiokaavio (Stora Enso Oyj 2012)

Sahalaitoksella työskentelee 37 käyttöhenkilökuntaan kuuluvaa työntekijää, kuusi mekaanista kunnossapitoasentajaa sekä 7 toimihenkilöä. Sahalaitoksen tehdaspäällikönä toimii Mika Kuusela. (Stora Enso Oyj 2012.)

Efora Oy vastaa sähkö- ja automaatiokunnossapidosta. Sahan käyttöhenkilöstö työskentelee kaksivuorotyössä ja toimihenkilöt päivävuorossa. Sahan mekaanisen kunnossapitoasiantuntijan ja työnsuunnittelun tehtävistä vastaa Efora Oy.

Tukkilajittelu on ulkoistettu, ja siitä vastaa Pohjaset ja PR-trukit. (Stora Enso Oyj 2012.)

3 SAHALINJAN PROSESSI

3.1 Puun hankinta

Tuotantoprosessin alku käynnistyy metsästä, josta tukit hankitaan sahan tarpeisiin ilmoitettujen laatuvaatimusten mukaisesti. Raaka-aineena käytettävistä tukista suurin osa saadaan Pohjois-Suomen metsistä ja pieniä määriä saadaan myös Pohjois- Ruotsin metsistä. Sahalla ei ole katsottu tarpeelliseksi sahata kuusitukkia, vaan siellä sahataan pelkästään mäntytukkia. Tukkien kuljetus sahalle toteutetaan kiskoja myöten junilla tai tukkirekoilla tieverkostoa pitkin. (Stora Enso Oyj 2012.)

3.2 Tukkilajittelu

Tukkilajittelussa tukit ajetaan syöttöpöydältä tukkimittarin lävitse. Mittari mittaa tukeista latvaläpimitan, pituuden ja tilavuuden. Tukkilajittelija määrittää silmämääräisesti tukin laadun. Tämän jälkeen tukit kulkeutuvat metallinilmaisemisen läpi linjastoa pitkin ja puu putoaa kuljettimelta oikeaan lokeroon, joita on 32 kappaletta. Lokeroista lajitellut tukit siirretään tukkikentälle odottamaan sahauserän aloittamista.

3.3 Sahansyöttö

Sahausprosessi alkaa sahausyötöstä, jossa koneenkuljettaja nostaa tukkeja syöttöpöydällä sahausohjeen mukaisesti. Sahansyöttäjä varmistaa raaka-aineen laadun ja mitat sekä huolehtii materiaalin riittävydestä sahurin pöydälle. Tämän jälkeen tukit käännetään revolverikäntäjällä latvapää edelle sahausyöttöön, josta ne kuljetetaan porraskuljettimen kautta kuorimakoneelle ja sieltä sahurin pöydälle.

3.4 Sahaus

Sahurin tehtäviin kuuluvat sahalinjan ohjaaminen ja valvominen. Tukki käännetään sahurin pöydältä kuljettimelle, mistä tukki kulkeutuu pelkkahakkuriin. Pelkkahakkurissa tukin sivut haketetaan ja tukit kulkeutuvat vannesahan kautta ensimmäisen vaiheen laudanerotuskuljettimelle. Lauta-aihiot pudotetaan särmille lähteille sivusiirtokuljettimelle. Sahattu tukki jatkaa kulkuaan pelkankaatajalle ja sieltä alapelkkahakkuriin, josta tukki pystytään tarvittaessa ajamaan käyräsahauksella. Seuraavassa vaiheessa tukki kulkeutuu jakosahaan, jossa sahataan sivuilta lauta-aihiot ja keskiosasta sydäntavara-aihiot. Lauta-aihiot pudotetaan sivusiirtokuljettimelle, josta ne matkaavat särmille vietäville kuljettimille. Sydäntavara-aihiot jatkavat matkaa suoraan dimensiollahin sivusiirtokuljettimille, jossa ne pudotetaan sydäntavaravaunuihin. Vaunut tyhjennetään nosturilla dimensiollahin vaunuihin odottamaan rimoitus- ja kuivauserän täyttymistä.

3.5 Särmäys ja dimensiolajittelu

Sahauksen ykkös- ja kakkosvaiheen lauta-aihiot ohjataan särmäkuljettimillä kolmelle eri särmälle. Lauta-aihiot mitataan ja sivut sahataan parhaan arvosaannon mukaisiksi laudoiksi. Laudan arvoon vaikutetaan vajaasärmäsäännöillä, laadulla ja hinnalla.

Särmiltä laudat kulkevat dimensiolajitteluun, jossa Lisker-mittalaite kuvaa laudan vajasärmäisyyden ja määrittää lautojen dimension ja laadun sahakoneen järjestelmälle. Järjestelmä ohjaa laadutetut laudat, jotka pudotetaan haravakuljettimella niitä vastaaviin vaunuihin, josta ne siirretään siltanosturilla dimensiollahiin

3.6 Rimoitus ja kuivaus

Sahatavaroista rimoitetaan vaunun päälle kuusi metriä korkea rimakuorma. Rimakuorma rimoitetaan niin, että joka toinen sahatavarakappale ladotaan kerroksessa toiseen päähän ja joka toinen toiseen. Näin saadaan optimaalinen kuivauksen ilmankierto.

Sahalla on käytettävissä kymmenen kamarikuivaamo, seitsemän kanaalikuivaamo ja kaksi OTC-kaksivaihekuivaamo. Kanaalikuivaamossa rimoitettu sahatavara syötetään toisesta päästä sisään ja toisesta päästä otetaan kuivattuna ulos. Kamarikuivaamossa ajetaan rimoitettu sahatavara sisään ja kuivataan haluttuun kosteuteen, minkä jälkeen kuorma siirretään ulos ja laitetaan uusi erä tilalle. OTC-kuivaamo toimii siten, että rimoitettu sahatavara kuljetetaan sisään toisesta päästä ja ensimmäisessä vaiheessa kuivausilmaa puhalletaan kuorman siirtosuuntaan ja toisessa vaiheessa sitä vastaan.

3.7 Kuivalajittelu ja paketointi

Kuivaamolta tulevat kuormat syötetään kuivalajitteluun lähtevälle kuljettimelle. Sahatavarat kuljetetaan kuljettimia pitkin Finscanin konenäkölaitteelle. Se kuvaa erän kappaleet ja antaa mittaustiedot ohjausjärjestelmään, joka ohjaa moduuleita haluttuun katkaisupaikkaan, jossa trimmeri katkoo sahatavaroitten päät halutun laadun saavuttamiseksi. Tämän jälkeen sahatavarat ohjataan haravakuljettimella omille lokeroille odottamaan siirtymistä paketointiin. Paketoinnissa lajiteltu sahatavara sidotaan muovihuppuun lähetyskuormaksi ohjeiden mukaan. Valmiit paketit varastoidaan odottamaan kuormauserän täyttymistä.

3.8 Sivutuotteet

Sahan sivutuotteet, kuten hake, puru, kuori sekä särmäyksessä poistetut rimat, trimmeriltä tulleet lautapätkät, haketetaan ja seulotaan jatkokäsittelyä varten. Kuori hyödynnetään voimalaitoksella bioenergiaksi polttamalla. Puru voidaan ohjata purusiiloon odottamaan asiakkaille toimitusta tai se voidaan hyödyntää myös voimalaitoksella bioenergiana. Hake kuljetetaan siiloon, minkä jälkeen se viedään käytettäväksi sellun valmistukseen.

4 SAHAUKSEN SUUNNITTELU

Sahateollisuudelle suurin osa kustannuksista tulee raaka-aineesta. Tuotannon tehostaminen ja raaka-aineen parempi hyödyntäminen parantavat käytösuhdetta sekä sahan kannattavuutta. Sahatavaran valmistuksessa syntyy sivutuotteena sahanpurua, haketta ja kuorta. Kuori hyödynnetään bioenergiana, hake hyödynnetään sellu- ja paperiteollisuudessa sekä puru puunjalostuksen ja levyteollisuuden raaka-aineeksi. Seuraavassa osiossa on kirjallinen osuus sahauksen tulokseen vaikuttavista tekijöistä.

4.1 Apteeraus

Puuraaka-aineen jalostuksen ensimmäisiä vaiheita puunkorjuussa on rungon katkonta. Se on eräs tärkeimmistä työvaiheista, sillä puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset johdetaan valmiiseen sahatavaratuotteeseen.

Uusimpien hakkukoneiden tieto- ja viestintäjärjestelmät pohjautuvat nykyaikaisten mikrotietokonepohjaisten teknologiaan. Varustukseen kuuluvat mm. mikrotietokone levyke- CD -asemineen, tulostin, värinäyttö sekä tietoliikenneyhteys. Tietojärjestelmät voidaan jakaa kahteen osaan: koneen ohjausjärjestelmään, joka valvoo koneen eri komponenttien toimintoja, ja puunhankinta ohjausjärjestelmään, joka ohjaa puunkorjuun sovelluksia, joihin kone on liitetty osaksi yhtiön logistista ohjausjärjestelmää. (Uusitalo 2003, 147–148.)

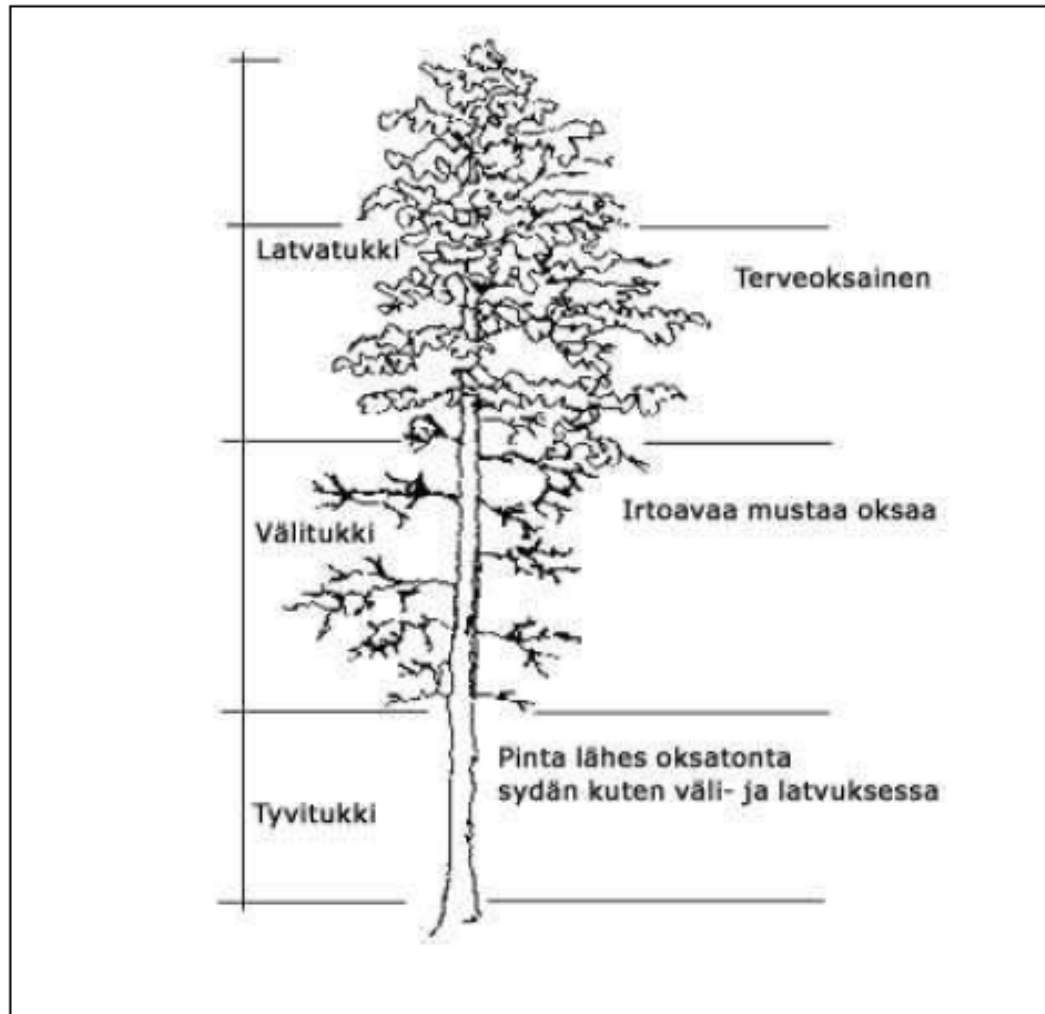
Hakkuutöiden alettua voidaan siirtää metsäkoneelle jo hakkuutöiden suunnitteluvaiheessa valmisteltu GIS-pohjainen työmaakartta. Koneen kuljettaja voi seurata GPS-laitteen välityksellä omaa sijaintia sekä kartalta leimikon rajoja, pääajouria ja varastopaikkoja. Hakuukoneen ohjausjärjestelmä huolehtii, että leimikosta saadaan tarvittavia puutavaralajeja täyttäen niin laatuvaatimukset, kuin halutut pituudet. (Uusitalo 2003, 149.)



KUVA 2. Nykyaikainen harvesteri. (Tuominen 2011)

Hakkulaitteen rungon pohjalle on sijoitettu pituusmitta-anturi, joka pyörii samalla runkoa vasten kouran karsiessa tukkia. Mitta-anturi antaa pulssi-arvoja tietokoneelle, josta saadaan tietoa tukin eri mitoista ja kone pystyy suunnittelemaan ennusteen tukin sahauksesta. Lämpimitta mitataan karsintaterien, syöttörullien tai syöttötelojen avulla siten, että syöttöelimiin tai karsintateriin on yhdistetty sähkövastus, ns. kulmapotentiometri, jonka arvo muunnetaan läpimitaksi. (Uusitalo 2003, 154.)

Nykyaikaisissa hakkuukoneissa tavaralajitelman runkojen katkontaa ohjataan arvo- ja jakaumamatriisien avulla. Arvoapteerausta käytetään silloin, kun pyritään tuottamaan kaikkein arvokkainta puuta. Matriisitaulukko pyrkii hyödyntämään eri mitoille lisätyn hinnan, jotta sahaus olisi mahdollisimman tuottoisaa. Jakaumapteerausta käytetään silloin, kun asiakkaalla on tarkat vaatimukset tietyn mittaisesta puusta. Tällöin matriisitaulukoon on lisätty kappalemäärät hintojen tilalle. Tietokone laskee kappaleet ja vertailee lukuja matriisitaulukossa oleviin lukuihin. Kappalemäärien tultua täyteen ei saha enää sahaa kyseisen pituista tukkia, vaan siirtyy seuraaviin pituuksiin ja kokoihin. (Tuominen 2011.)



KUVIO 3. Mäntyrunгон erilaatuiset tukkioksat (Sipi 2006, 46)

Mäntyrunkosta saadaan sahattua tyvi-, väli- sekä latvatukkeja. (KUVIO 3). Tyvitukki on oksatonta tai vähäoksaista, ja sitä käytetään korkealaatuisen puusepätavaran raaka-aineena. Välitukki on kuivaoksaista, ja siitä saadaan yleensä rakennussahatavaraa. Latvatukki on terveöksainen, ja se soveltuu esimerkiksi liimalevyihin ja paneeleihin. (Sipi 2006, 45.)

4.2 Tukkilajittelu

Tukkilajittelun tavoitteena on ryhmitellä tukit sellaisiin luokkiin, että niistä saatavan sahaustuloksen arvo olisi mahdollisimman suuri lajittelun kustannukset huomioon ottaen. Lajitteluun vaikuttavat muun muassa tukkivaraston koko, lokeromäärä, tukkijakuma, lajittelulaitteisto, lajittelutarkkuus, sahausmenetelmä, tuotannon määrä ja sahtavaramarkkinat. (Juvonen & Johanson 1986, 58.)

Tärkein lajittelukriteeri on tukin koko ja sen latvaläpimitta. Tukit pyritään lajittelemaan pienimmän latvaläpimitan mukaan, sillä se ratkaisee tukista saatavan sydäntavaran koon. Tukin vikaisuudet, esimerkiksi lenkous ja mutkat, otetaan huomioon mittavähennyksenä ja lajitellaan pienempään läpimittaluokkaan. Hyvin kartiokas tukki on edullisempi taas sahata suuremmassa läpimittaluokassa. (Juvonen & Johanson 1986, 58.)

4.2.1 Tukkien läpimittaluokka

Latvaläpimitta on sahauksen kannalta tukkiluokan määräävin tekijä, mutta tukkien erilaiset vikaisuudet, esimerkiksi mutkat ja lenkoudet, otetaan huomioon lajittelemalla tukit pienempään läpimittaluokkaan. Läpimittaluokka tarkoittaa rajaa, johon on määritetty ala- ja ylämilliraja, minne tukki kuuluu latvaläpimitan perusteella. Läpimittaluokat voivat olla tasaiset tai epätasaiset. Epätasaiset läpimittaluokkarajat ovat edullisimpia, koska luokkarajat määritetään hakemalla kullekin aseteelle optimaalinen läpimittaluokka, josta saadaan paras mahdollinen tulos. Tasaisessa luokituksessa läpimittaluokat ovat esimerkiksi 1 - 2 cm:n välein. (Sipi 2006, 56–57.)

4.2.2 Tukkien mittaaminen

Perinteisesti tukkimittari mittaa tukista automaattisesti läpimitan ja pituuden sekä laskee myös lenkouden, soikeuden ja kartiokkuuden. Laatu arvioidaan visuaalisesti, minkä jälkeen tukit kuljetetaan lajittelukuljettimia pitkin oikeisiin lokeroihin mittaus- ja laatutietojen perusteella. Tietokone ohjaa prosessia, joka rekisteröi mittausautomaatikasta tulevan informaation ja tekee tarvittavan raportin. Latvaläpimitauksessa kuoren vaihtelu ja rikkonaisuus sekä talvella lumi ja jää heikentävät mittaustarkkuutta. (Sipi 2006, 61.)

Tukkien sisäiset ominaisuudet saattavat poiketa pinnalla näkyvistä ominaisuuksista ja siksi on kehitetty koneellisia mittauslaitteita, kuten röntgen ja 3D-mittaus. Röntgenissä kuvataan kappaleen poikkileikkaus yleensä kolmelta suunnalta 120°:n kulmassa toisiinsa nähden, jossa tutkittavan kohteen läpi lähetetään viuhkamainen säde röntgenputkesta. Säteily mitataan ja muutetaan digitaaliseen muotoon ja muovataan visuaaliseksi kuvaksi poikkileikkauksesta kuvankäsittelytekniikalla. (Sipi 2006, 58 - 59.)

3D- mittauksessa käytetään laseria ja videokameratekniikkaa kuvaamaan tukin pintaa. Laserit piirtävät valoviivan tukin kehälle, joka näkyy videokameran kuvissa viivoina, joista tietokone saa laskettua tukista tarkan mallinnuksen. Tämän jälkeen se voidaan lajitella haluamalla tavalla. Mittatarkkuutta voidaan parantaa lisäämällä lasereita. (Sipi 2009, 105.)

4.3 Postaus

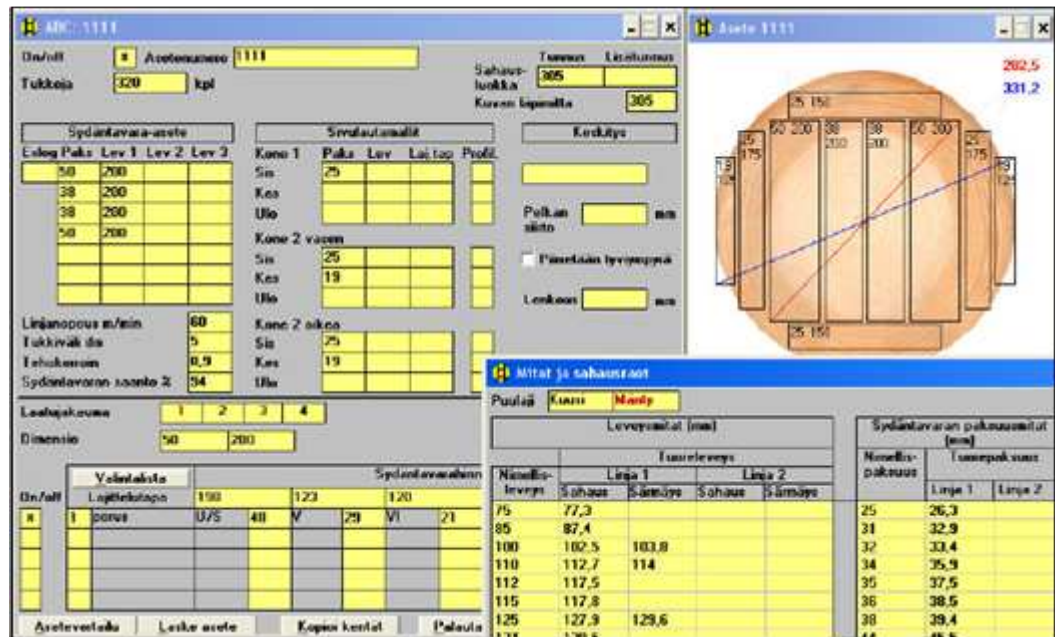
Postauksen tarkoitus on simuloimalla sahauksen asetemalli siten, että tukkiluokasta ja tukista saatava sahatavara, hake ja purumäärälaskelmat vastaavat toteutuvaa sahausta. Simulointimalli voi perustua joko kustannus- ja tuottotietojen tai tuotteiden, tukkiraaka-aineen ja sahausprosessin eri vaiheiden tutkimuksista saatuun tietoon. Simulointimallilla voidaan näiden tietojen perusteella laskea haluttu määrä parhaita asetemalleja. (Usenius, Heikkilä, Song, Fröblom & Usenius 2010, 36–37.)

4.4 Sahaus simulointi

Simuloinnin ensimmäisessä vaiheessa tarvitaan lähtöarvotietoja muun muassa puuraaka-aineen ominaisuuksista, sahausprosessista ja myyntitilanteesta. Lähtöarvot ovat sahalaitoskohtaisia, ja ne voivat perustua kokemukseen, tilastoihin tai voimassa oleviin sahaustietoihin. Valtion tieteellinen tutkimuskeskus VTT on tutkinut mallinnus- ja simulointiohjelmistoilla puurungon muuntumista sahatavaraksi. (Usenius ym. 2010, 3, 37 - 38.)

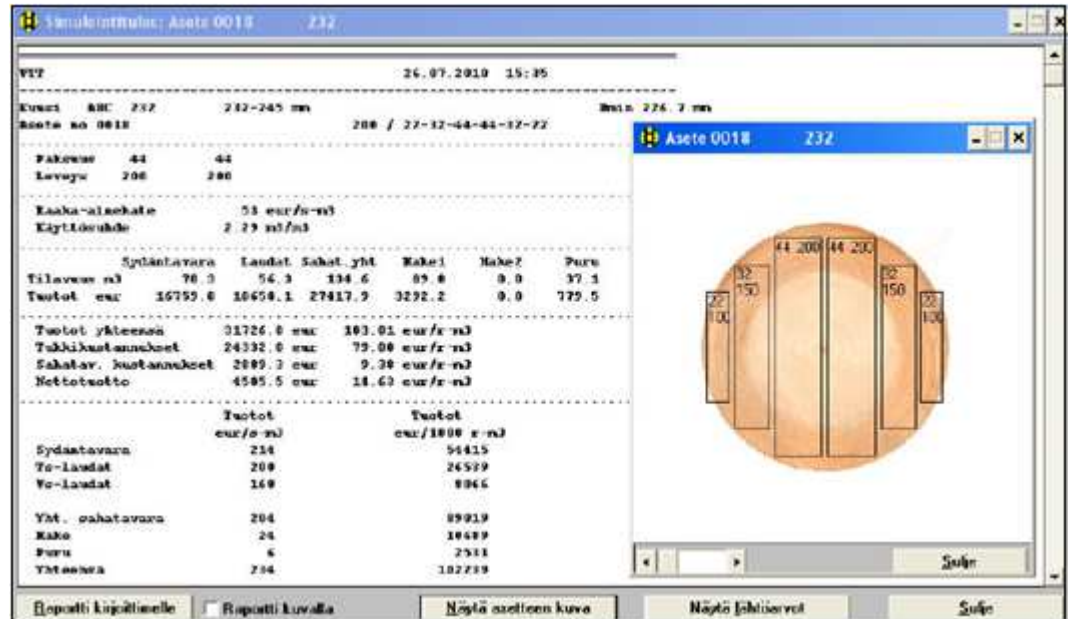
Seuraavassa on kuvattu simuloinnin lähtöarvotietoja.

- sahatavaroiden mitat ja sahausraot
- sivulautamallit
- sahan käyttämä tukkiluokitus
- tukkien ominaisuudet
- sahatavara laadut ja laatujaumat
- sahatavaran ja sivutuotteiden hinnat
- raaka-aine kustannukset ja sahauskustannukset
- sahausasetteet (Usenius ym. 2010, 38–39).



KUVIO 4. Simulointiohjelman malli lähtöarvotietojen tuloksesta (Usenius ym 2010, 40)

Kuviossa 4 on simulointimalli tukkiluokasta, jonka latvaläpimitta on 350 mm. Tukkiluokka on sahattu sydäntavara-asetteella 4 ex log. Pelkkalaudat ovat 25 mm paksuja ja jakosahan laudat 25 mm ja 19 mm. (Usenius ym. 2010, 41.)



KUVIO 5. Esimerkki tukkiluokan asetteen simulointituloksesta (Usenius ym. 2010, 41)

Kuviossa 5 on esitetty simulointimallin ennuste sahaustuloksesta. Tuloksessa 220 mm:n tukkiluokka on sahattu sydäntavara-asetteella 4 ex log. Saatava sydäntavara on 78,3 m³, jonka keskihinta on 214 €/ m³ ja lautojen keskihinta on 200 €/ m³. (Usenius ym. 2013, 41.)

4.5 Raaka-aineen käyttösuhte

Käyttösuhte on hyvin tärkeä tunnusluku sahatteollisuudessa. Raaka-aineen käyttösuhte tarkoittaa käytetyn raaka-ainemäärän suhdetta tuotettuun sahatavara määrään. Keskimääräinen käyttösuhte on noin 2,0–2,2, eli yhden sahatavarakuutiometrin tuottamiseen tarvitaan 2,0–2,2 kuutiometriä kuorellista puuta. Käyttösuhte vaihtelee sahoittain, mutta keskimäärin kuorellisesta tukista saadaan 45–50 % sahatavaraa, 28–32 % haketta, 10–15 % purua sekä 10–12 % kuorta. (Sipi 2006, 24, 191.)

Tukin latvaläpimitta vaikuttaa myös raaka-aineen käyttösuhteeseen, sillä isoista tukeista voidaan sahata järempiä sahatavaroita, joiden myyntihinta on korkeampi ja niissä sallitaan suurempia vikaisuuksia. Pienemmät tukit ovat yleensä oksaisia

väli- ja latvatukkeja, ja niistä saatu sahatavara on vajaasärmäisempää ja halvempaa kuin suuremmista tukeista sahattu. (Juvonen & Johanson 1986, 47.)

4.6 Raaka-ainetase

Raaka-ainetase ilmoittaa raaka-aineen jakautumisen eri tuotteiksi: sahatavaraksi, sahanpuruksi, hakkeeksi ja kuoreksi. Raaka-ainetase ilmoittaa sahauksessa syntyvän kuutiohäviön sekä on tarpeellinen sivutuotteiden saannon sahauksessa syntyvän hukan valvomiseen. Sahauksessa syntyvää hukkaa aiheutuu pääasiassa kuivumisesta, ylimitasta sekä prosessin aikaisesta tavaran rikkoutumisesta. Kuoren osuus määritellään yleensä laskennallisesti, sillä kuorta lankeaa kuljetus- ja käsittelyvaiheessa syntyvän hukan takia huomattavasti vähemmän. (Juvonen & Johanson 1986, 212.)

4.7 Kuorikerroin

Puun sisäisen poikkileikkauksen rungon uloin osa on kuori. Kuori on jakautunut sisäkuoreen eli nilaan ja ulkokuoreen, joka sisältää kuolleita soluja. Ulkokuorta kutsutaan myös kaarnaksi. Kuoren määrää voidaan rungossa kuvata paksuudella, tilavuus- tai massaosuudella. Puutavarakauppaa käydään useissa maissa kuorettomalla tilavuudella, joka perustuu kuorettomiin läpimittoihin. Jos läpimitat mitataan kuorellisena, vähennetään kuoren paksuus läpimitasta tai käytetään kuorivähennystä tai kuoriprosenttivähennystä puutavaran tilavuudesta kuorellisena. (Sipi 2009, 50 – 51.)

Kuoren osuus läpimitasta lasketaan kaavasta

$$B_D = 100 (D_b - D_o) / D_b$$

B_d = Kuoren osuus läpimitasta

D_b = Kuorellinen läpimitta

D_o = Kuoreton läpimitta (Sipi 2009, 52.)

Kuoriprosentti lasketaan kaavasta

$$B_v = 100 (V_b - V_o) / V_o$$

B_v = Kuoriprosentti

V_b = Kuorellinen tilavuus

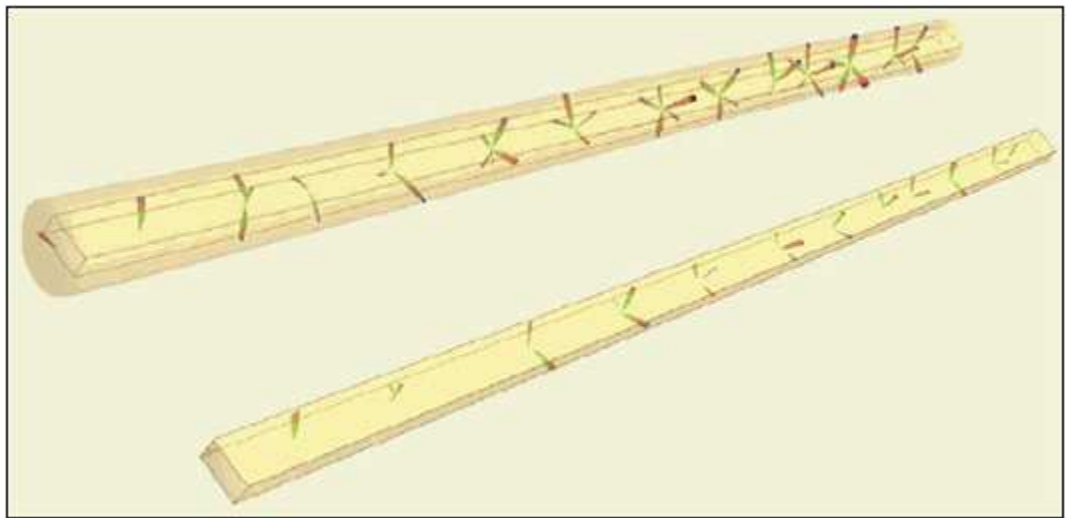
V_o = Kuoreton tilavuus (Sipi 2009, 52.)

4.8 Asete

Tukista on mahdollisuus sahata lukemattomia eri sahatavarakokoja, mutta kansainvälisissä kaupankäynneissä on päädytty käytettäviin standardidimensioihin. Asetteella tarkoitetaan sahakoneen terien asettelua sellaiseen ryhmittykseen ja etäisyyksien valintaan toisiinsa nähden, että sahattaessa sillä voidaan määrätä sahatavaran paksuus ja leveys. Lankut sahataan tukista yleensä siten, että tukin keskiosasta otetaan kaksi saman paksuista kappaletta ja laudat sahataan tukin pintapuuosasta. Asetteesta tulevien lautojen tulee olla standardimittoja tai niiden tulee olla myytyjä. Isommista tukeista saadaan paksumpia ja leveämpiä sahatavaroita, kun taas pienemmistä toisin päin. Tukit sahataan ennen kuivausta, joten sahausmittaan lisätään ns. kuivumisvara. Asetteiden suunnittelussa käytetään simulointimalleja, joissa voidaan eri tukkiluokille mallintaa sahatavarakokoja ja saada niistä ennuste sahaustuloksesta. (Heikinheimo 1964, 112.)

4.9 Tukiinpyörittäjä

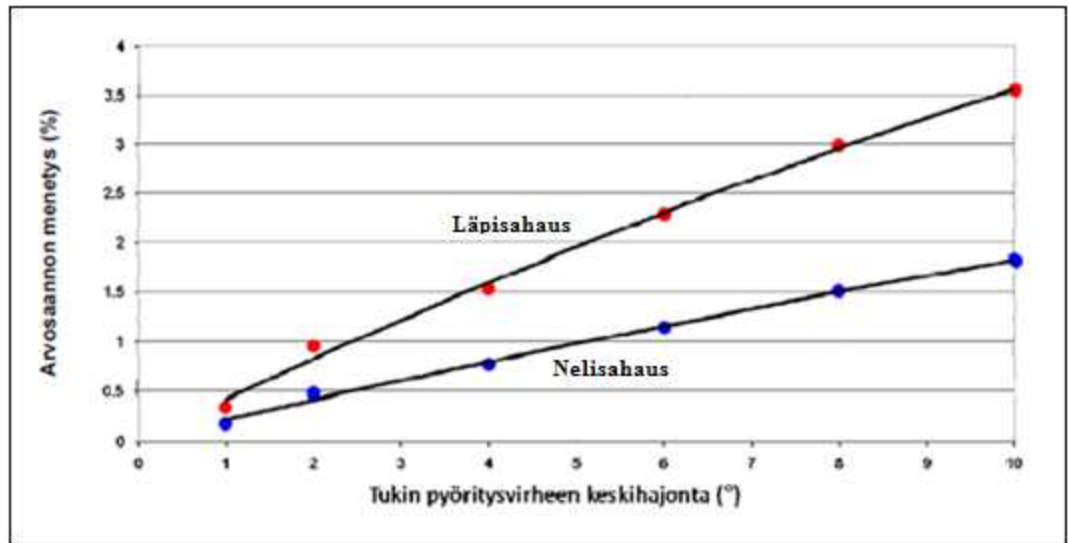
Tukin pyörityksen tarkoitus on saada tukin suuntaus parhaaseen mahdolliseen pyörityskulmaan siten, että tukista saatavien sahatavaroiden, purun ja hakkeen nettoarvojen summa on mahdollisimman suuri. Sahatavaran lopulliset ominaisuudet ja vikaisuudet määrittävät, miten tukin, pelkan ja saheen suuntaus on onnistunut. (Usenius ym. 2010, 131.)



KUVIO 6. Pyörityskulman vaikutus sydäntavaraan (Usenius ym. 2010, 132)

Kuviossa 6 nähdään, miten oksat sijoittuvat optimaalisessa tukinpyörityksessä sahatavarakappaleeseen eri tavalla. Pyörityskulmalla voidaan määrittellä syntyvän sahatavarakappaleen arvo. (Usenius ym. 2010, 132.)

Optimaalisessa tukin sahaus- ja pyöritysprosessissa pystytään tukin ominaisuuksia, kuten oksaisuutta siirtämään syntyneeseen sahatavaraan ja näin ollen vaikuttamaan tavarankappaleen laatuun, lujuuslaatuun ja visuaaliseen laatuun. Prosessissa voidaan myös tukkia pyörittää sellaiseen asentoon, että saadusta puutavarasta oksien määrä on mahdollisimman minimaalinen tai oksia on sydäntavaran syrjissä mahdollisimman vähän. VTT on tutkinut pyöritysvirheen vaikutusta arvonsaantoon neli- ja läpisaauksessa. (Usenius ym. 2010, 132.)



KUVIO 7. Sahausarvon menetys verattuna optimaaliseen pyöritykseen neli- ja läpisahauksessa (Usenius ym. 2010, 140)

Kuviosta 7 nähdään, että tukin pyöritysvirhe huonontaa sahauksen arvonsaantoa lineaarisesti sekä läpisahauksessa että nelisahauksessa. 10°:n standardipoikkeama merkitsee pyöritysvirheessä noin 2 % arvonsaantotappiota nelisahauksessa ja läpisahauksessa 3,5 %. Läpisahausmenetelmä on siten herkempi tukipyörityksessä tapahtuville virheille. (Usenius ym. 2010, 140 – 141.)

5 NYKYTILAN TARKISTUS

5.1 Lautasaantojen tutkiminen

Työn tarkoitus on tutkia asetteiden lautasaantojen hävikkiä tukkiluokittain ja arvioida tuloksista tukkiluokkien asetteiden paikkaansapitävyyttä. Lisäksi tutkimuksessa vertaillaan lautasaantoja sahalla investoituun uuteen hankintaan 3D- tukinpyörittäjään.

Lähtötiedot kerättiin sahintietojärjestelmän (STJ:n) historiatiedoista valitulta ajanjaksolta. Työssä käytettiin tukkiluokkia, joita oli todellisuudessa käytetty tuotannon sahausohjeen mukaan sekä tuotannon aikana käytetyissä sahausaseteissa. Tutkimuksen alkutiedot kerättiin huhti-toukukuun ajalta 2013 sekä vastaavasti tukinpyörittäjän asennuksen jälkeen lokakuulta 2013.

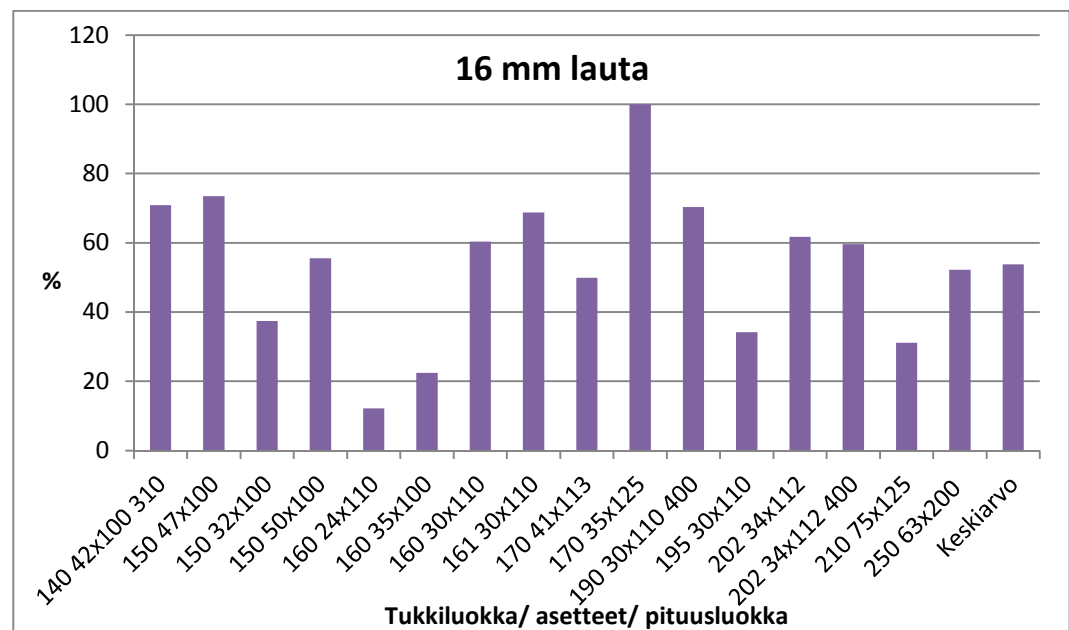
Saadut tiedot kirjattiin Excel taulukkoon, jossa määritettiin laskemalla ensin sahattujen asetteiden tukkimäärien kappaleet ja tämän jälkeen laskettiin kullekin aseteelle täysimääräiset tavoitteen mukaiset lautasaannot. Tämän jälkeen koottiin STJ:n historiatiedoista toteutuneet tuotannon lautasaannot ja tavoitteen mukaisista saannoista vähennettiin toteutuneet lautasaannot. Syntynyt lautakappaleiden hävikki jaettiin tavoitellulla kappalemäärällä; näin saatiin lautakappaleiden hävikki-prosentti. Lautakappaleiden hävikkiprosentti kertoo, kuinka paljon lautakappaleita menee haketettavaksi.

Työn tarkoituksena on selvittää asetteidenpaikkansa pitävyttä sekä mahdollisia syitä sekä verrata tuloksia vastaavaan tukinpyörittäjän lautasaantoihin. Tässä tutkimuksessa ei oteta huomioon kuivalajittelussa tulevaa lautahävikkiä, vaan tarkastellaan pelkästään dimensiohalliin saapuvia lautasaantoja, jotka odottavat siellä ohjeen mukaista rimoituksen aloitusta. Tutkimuksessa ei myöskään huomioida lautakappaleiden laatua ja leveyttä vaan pelkästään kappalemääriä.

5.2 Tutkimuksen tulokset

5.2.1 Lauta 16 mm

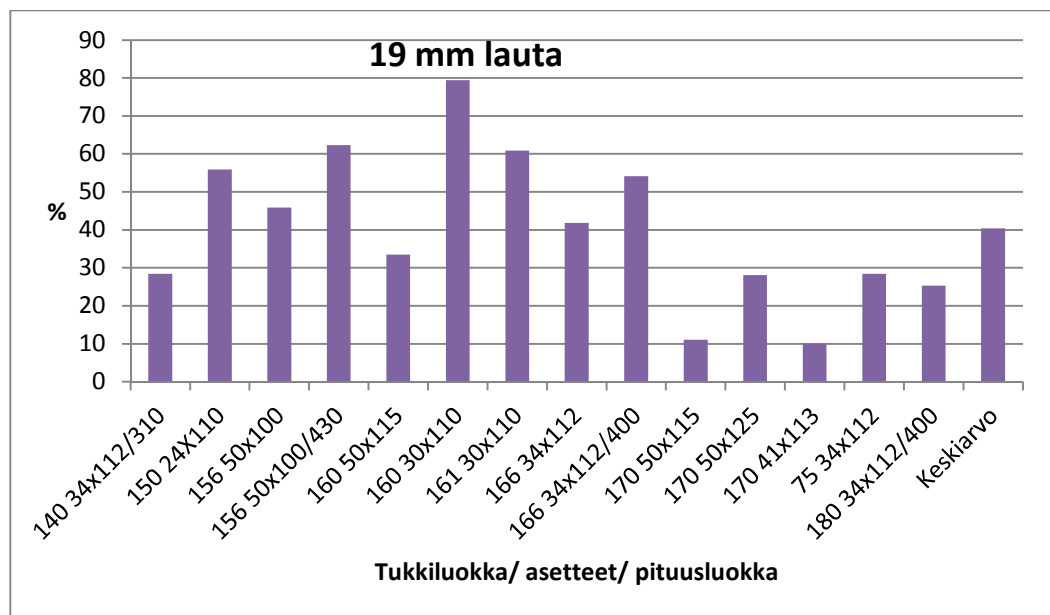
Kuten kuviosta 8 nähdään, on haketusprosenttimäärät korkeita 16 mm:n laudalle. Poikkeuksen tekee 160 mm:n tukkiluokka, jossa asettella 24x110 mm on hävikkiä 12 % sekä asettella 35x100 mm on hävikkiä 24 %. Korkein haketusprosenttimäärä tukkiluokalle 170 mm asetteella 35x125 mm on 100 %. Keskiarvo lautahävikille on 54 %. Tukkikoon kasvaessa tuloksissa ei näytä olevan mitään vaikutusta, vaan haketusmäärä heittelee tukkikoosta ja asetteesta riippumatta.



KUVIO 8. Haketus prosenttimäärät 16 mm:n laudalle

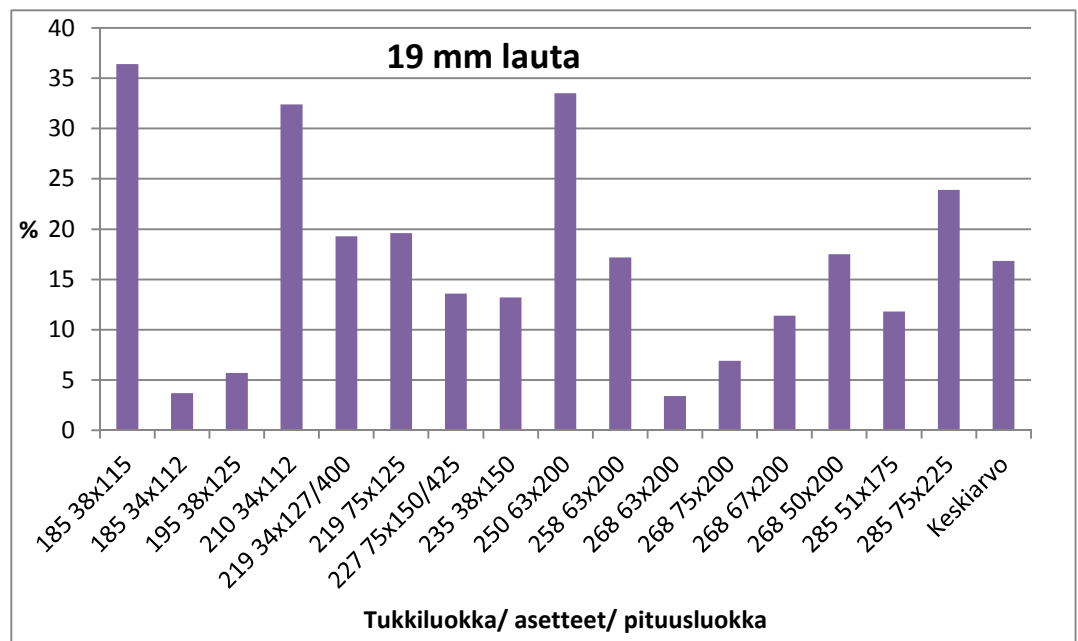
5.2.2 Lauta 19 mm

Kuviossa 9 on 19 mm:n laudan hävikkiprosentti tukkiluokille 140–180 mm, joiden keskiarvo lautahävikille on 40 %. Kuviosta nähdään, että lautahävikki pienenee tukkikoon kasvaessa. Huomioitavaa on, että tukkiluokalla 160, asetteella 30x110 mm:n korkea haketus määrä eli 79 %. Kuviosta huomataan myös, kuinka haketusmäärät vaihtelevat tukkiluokkien välillä. Tukkiluokalla 170 mm, asetteella 41x113 mm on pienin haketusprosentti eli 10 %.



KUVIO 9. Haketusprosenttimäärät 19 mm:n laudalle, tukkiluokat 140–180 mm

Kuviossa 10 on 19 mm:n laudan hävikkiprosentti tukkiluokille 185–285 mm, joiden keskimääräinen haketusmäärä on 17 %. Se on huomattavasti vähemmän kuin kuviossa 7 olleet tukkiluokat. Huomioitavaa on kolmen tukkiluokan, 185, 210 ja 250 mm:n korkeat haketusprosenttimäärät sekä haketusmäärän suuret vaihtelut tukkiluokkien välillä. Vähäisin haketusmäärä tukkiluokka 268 mm, asetteella 63x200 mm on 3 %.

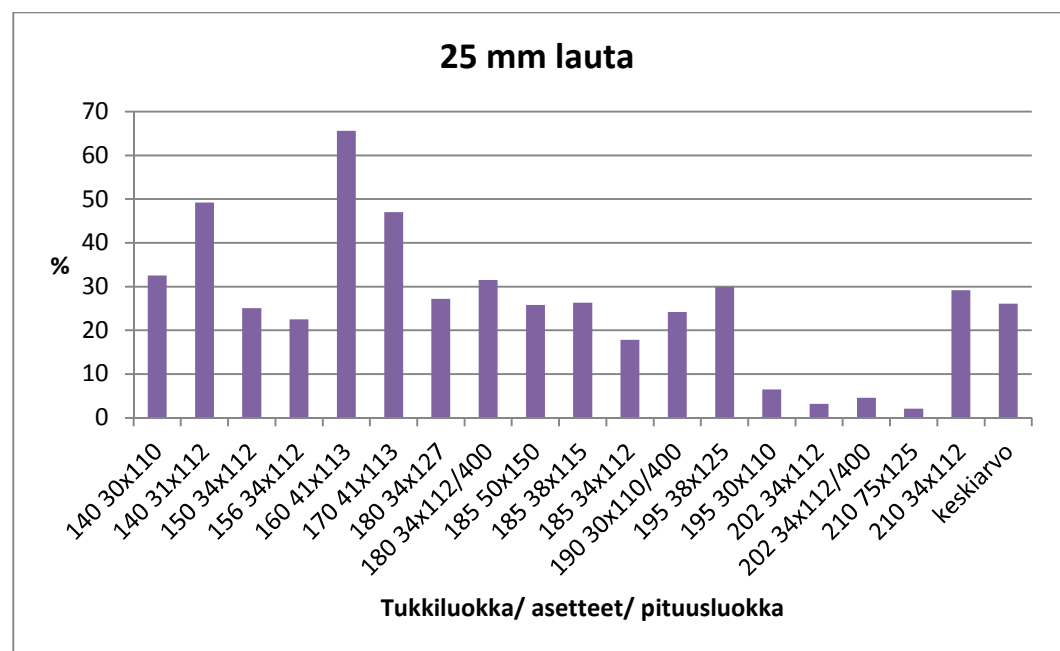


KUVIO 10. Haketusprosenttimäärät 19 mm:n laudalle, tukkiluokat 185–285 mm

5.2.3 Lauta 25 mm

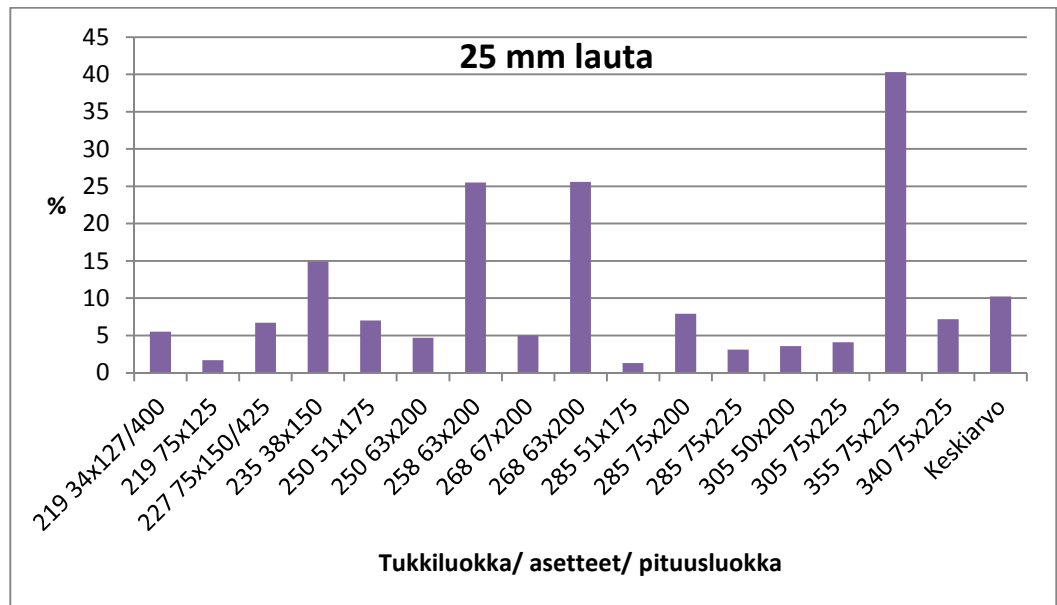
Kuviosta 11 nähdään 25 mm:n lautojen haketusprosenttimäärät tukkiluokille 140–210 mm. Haketusmäärän keskiarvo on 26 %, ja kuviosta nähdään tukkiluokalla 160 asetteella 41x113 mm on huomattavan korkea lautahävikki eli 66 %.

Tukkiluokkien 195–210 mm välillä haketusprosenttimäärät ovat laskeneet jo reilusti alle 10 %. Vähäisin haketusmäärä on tukkiluokka 210 mm, asetteella 75x125 mm 2 %.



KUVIO 11. Haketusprosenttimäärät 25 mm:n laudalle, tukkiluokat 140–210 mm

Kuviossa 12 nähdään 25 mm:n laudan haketusprosenttimäärät tukkiluokille 219–340 mm. Luokkien keskiarvo on 10 %. Tukkiluokan 355 mm korkea haketusprosenttimäärä 40 prosenttia ei todellisuudessa vastaa asetteen normaalia lautahävikkiä, koska tuotannosta saatujen tietojen perusteella haketusmäärä asetteelle on yleensä paljon pienempi. Tässä tutkimuksessa 355 mm:n tukkeja sahattiin vain 355 kappaletta ja voidaan olettaa, että tuotannossa tapahtuneen väliaikaisen ongelman vuoksi haketusprosentti oli korkea. Kuvioista huomataan luokkien haketusmäärien olevan edellisiä tuloksia pienempiä.



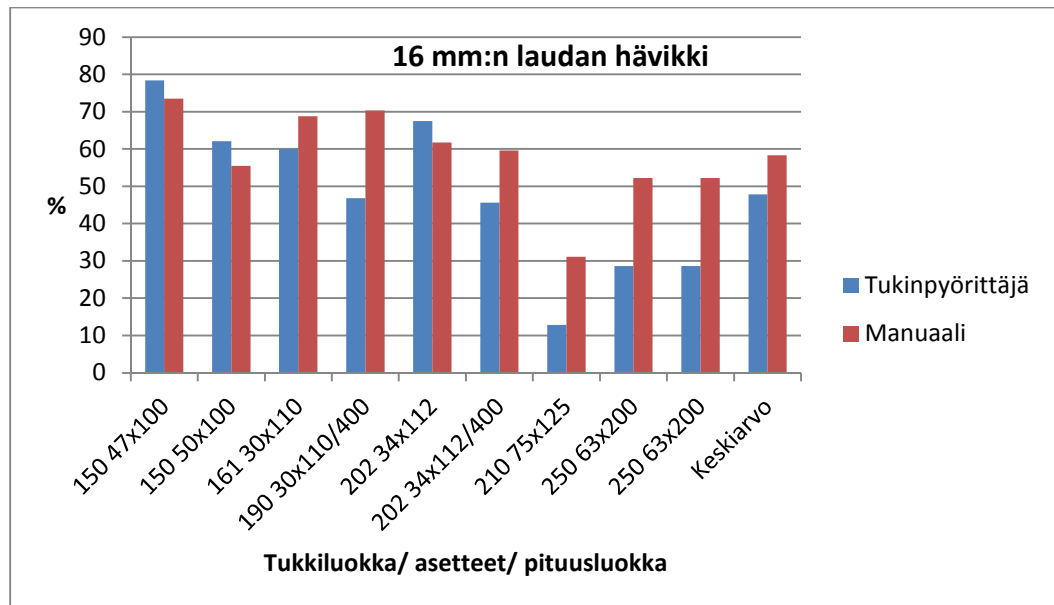
KUVIO 12. Haketusprosenttimäärät 25 mm:n laudalle, tukkiluokat 219–340 mm

6 LAUTA HÄVIKIN VERTAILU TUKINPYÖRITTÄJÄÄN

6.1 Tulokset

6.1.1 Lauta 16 mm

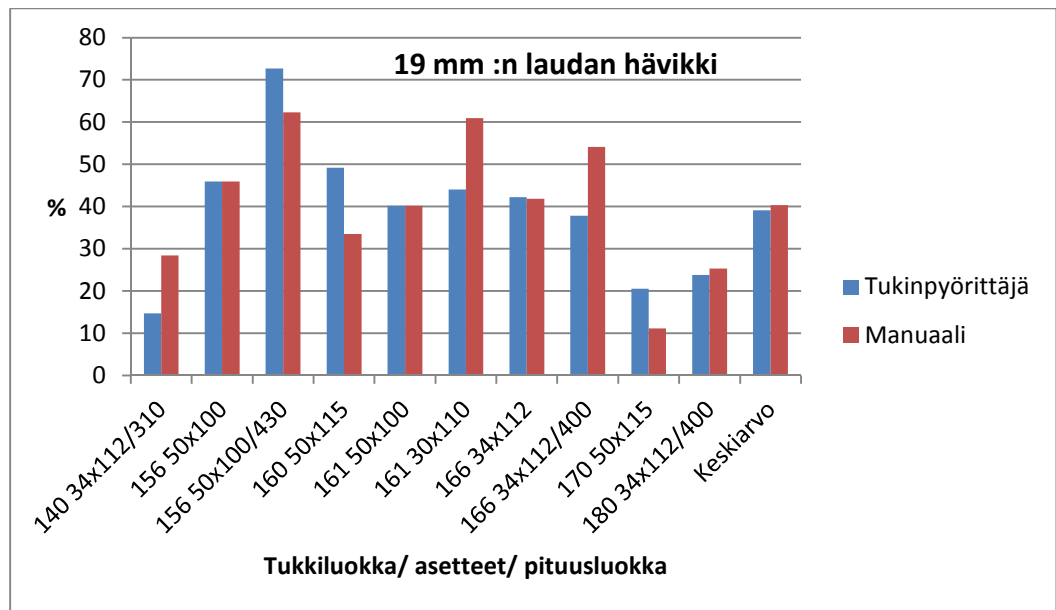
Kuvio 13 osoittaa, että automaattisen tukinpyörittäjän haketusprosenttimäärät ovat useimmissa tukkiluokissa pienempiä kuin manuaalisessa pyöryksessä. Keskiarvo automaattisessa tukinpyörittäjässä on 48 % ja manuaalisessa pyöryksessä 58 %. Kuviossa ei ole havaittavissa korkeita muutoksia tukkiluokkien välillä.



KUVIO 13. 16 mm lauta hävikin vertailu automaattiseen tukinpyörittäjään

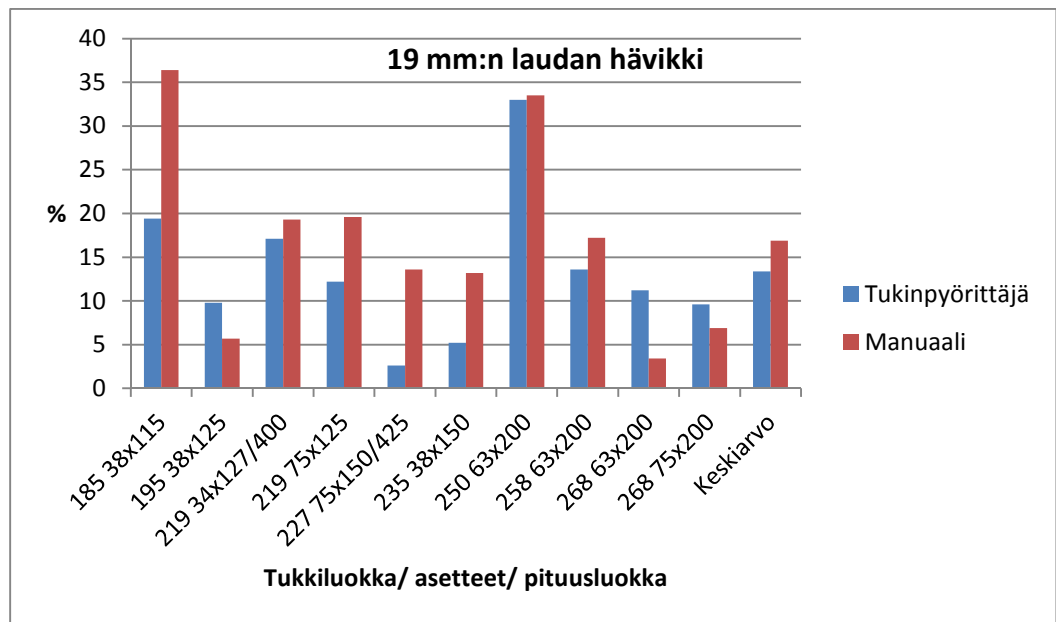
6.1.2 Lauta 19 mm

Kuvio 14 osoittaa, että haketusprosenttimäärät ovat molemmilla jokseenkin samanlaiset. Keskiarvo automaattisessa tukinpyörittäjässä on 39 % ja manuaalisessa pyöryksessä 40 %, eli haketusmäärät ovat suhteellisen samat. Huomioitavaa on tukkiluokka 156 mm asetteella 50x100/ 430 mm korkea haketus-määrä.



KUVIO 14. 16 mm lauta hävikin vertailu automaattiseen tukinpyörittäjään tukkiluokille 140–180 mm

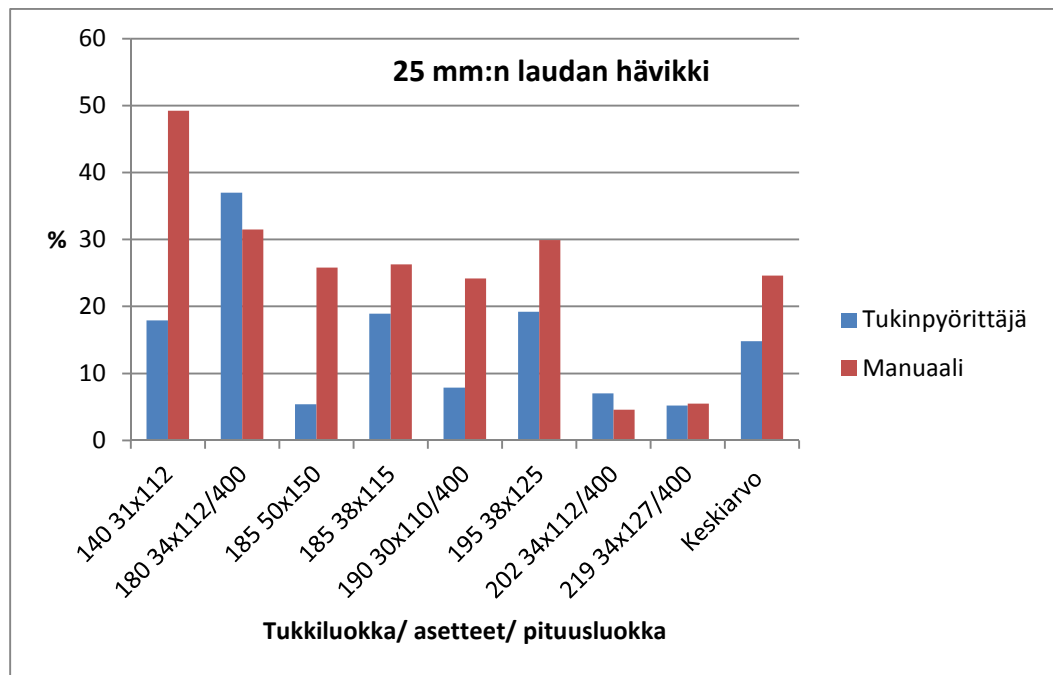
Kuviosta 15 huomataan automaattisen tukinpyörittäjän haketusprosenttimäärät pienemmiksi kuin manuaalisen pyöriksen. Tukinpyörittäjän haketusmäärän keskiarvo on 13 % ja manuaalisen pyöriksen 17 %. Kuviosta nähdään tukkiluokka 185 mm asetteella 38x115 mm suuri ero tukinpyörittäjän ja manuaalisen pyöriksen välillä.



KUVIO 15. 16 mm lauta hävikin vertailu automaattiseen tukinpyörittäjään tukkiluokille 185–268 mm

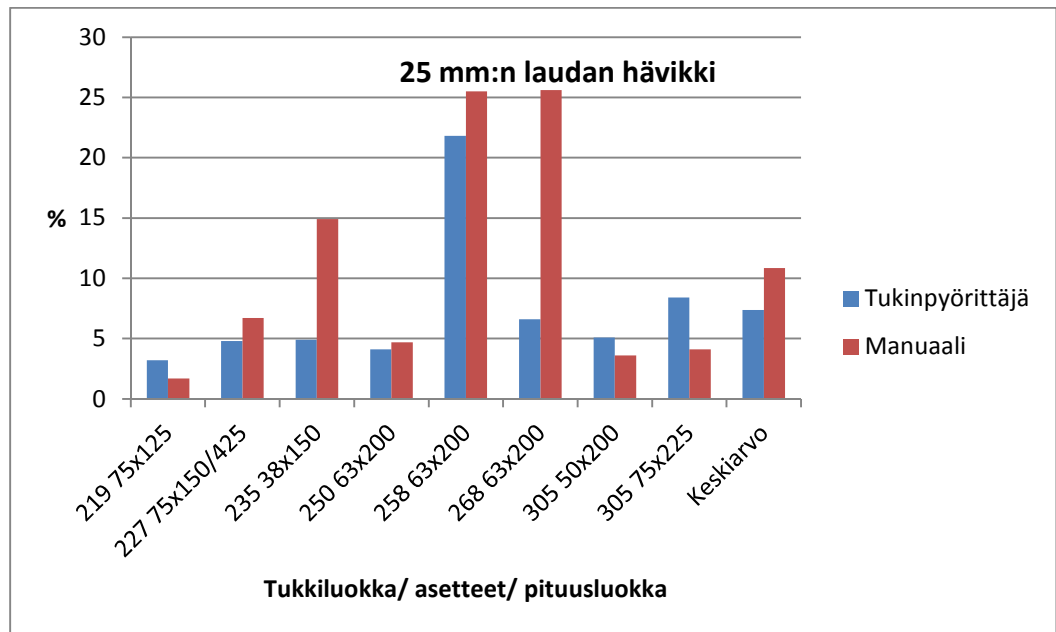
6.1.3 Lauta 25 mm

Kuviosta 16 nähdään, että automaattisen tukinpyörittäjän haketusprosenttimäärät ovat pienempiä kuin manuaalisessa pyöryksessä. Keskiarvo tukinpyörittäjällä on 15 % ja manuaalisessa 25 %, eli eroa on 10 %. Kuviossa nähdään selkeitä eroja luokkien välillä.



KUVIO 16. 25 mm lauta hävikin vertailu automaattiseen tukinpyörittäjään tukkiluokille 140–219 (mm)

Kuviosta 17 nähdään, että automaattisen tukinpyörittäjän haketusprosenttimäärät ovat pienempiä kuin manuaalisessa pyöryksessä. Keskiarvo automaattisessa tukinpyörittäjässä on 7 % ja manuaalisessa 11 %, eli voidaan mainita vähäisestä erosta. Huomioitavaa on myös tukkiluokka 268 mm asetteella 63x200 mm suuri ero haketusmäärässä.



KUVIO 17. 25 mm lauta hävikin vertailu automaattiseen tukinpyörittäjään tukkiluokille 219–305 (mm)

7 TUKKILUOKKIEN LATVALÄPIMITTOJEN TUTKIMINEN

7.1 Tutkimustulosten tarkastelu

Tukkiluokkien oikeellisuuden tarkoituksena on tutkia lajiteltujen tukkien latvaläpimittojen osumatarkkuuksia määritettyihin tukkiluokkien millirajoihin. Latvaläpimittojen tietojen kerääminen aloitettiin tukinpyörittäjän historiatiedoston raportista, jonne on tallennettu sahaukseen tulleista tukeista kuorinnan jälkeen latvaläpimitan halkaisija. Tutkittavat tiedot koottiin lokakuun 2013 tuotannon aikaisista läpimenneistä eri tukkiluokista.

Tutkittavia luokkia kertyi yhteensä neljä kappaletta, ja jokaisessa tukkiluokassa oli sahausohjeen mukaisesti määriteltyjä tukkikappaleita. Tukit luokiteltiin myös tyvi-, latva- ja välitukkeihin. Tutkittavien tukkiluokkien tukkimäärät olivat todella isoja, mikä antaa tutkimuksen analysoinnille hyvät lähtökohdat. Tukinpyörittäjän kuorettoman tukin halkaisijan mittarin mittatarkkuudeksi laitetoimittaja oli luvannut ± 1 mm.

Materiaalista tutkittiin minimiläpimitan ja maksimiläpimitan osumatarkkuutta, sekä niiden ala- tai yläpuolelle kertyneitä latvaläpimittoja. Sahalla tukit mitataan ja lajitellaan omiin tukkiluokkiin kuorellisina ja kuoresta vähennetään kuorentilavuus kuorettomasta tilavuudesta, ja tukki saa näin oikean tukkiluokan. Latvaläpimitoituksessa käytetään tukkilajittelussa kuorikerroinkorjausta, joka tarkoittaa kuoren prosentuaalista määrän vähennystä tukin läpimitasta. Veitsiluodon sahalla on käytössä kuorikertoimen vähennyksenä millimetriset korjauskertoimet.

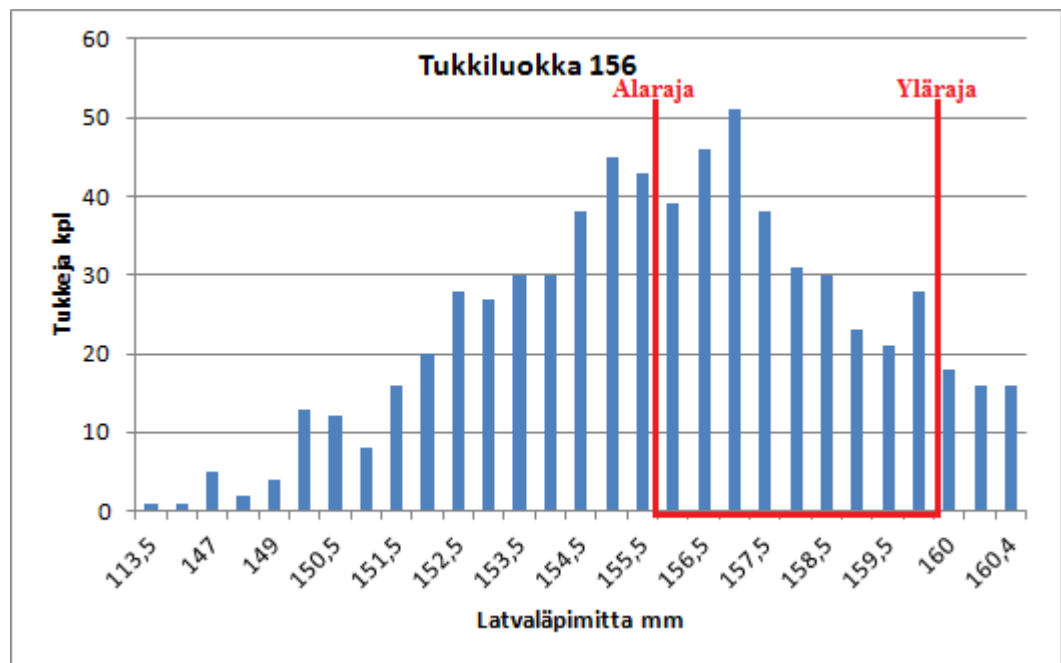
Tutkittavia tukkiluokkia oli neljä kappaletta, ja jokaisessa tukkiluokassa oli normaalin tuotannon aikana sahattuja tukkeja. Tutkimuksessa on valittu tyvi-, väli- ja latvatukkeja, koska tukeissa olevan kuoren paksuus vaihtelee eri rungon osissa. Nämä neljä tukkiluokkaa valittiin esitettäväksi sillä perusteella, että tukkiluokkia sahataan suhteellisen useasti ja että kaikissa tukkiluokissa on lauta-asetteet määritelty kaikkein arvokkaimmille eli 19 mm:n ja 25 mm:n laudoille: välitukit 156 mm ja 195 mm, latvatukki 170 mm sekä tyvitukki 235 mm.

Tutkimuksessa yhteenlaskettavia ja analysoitavia lukuja oli niin paljon, että esitettävät tiedot muutettiin pivot-tilukkoraportiksi. Tuloksissa samojen lukuarvojen esiintymiskerrat muutettiin niiden summaksi. Tämän jälkeen esiintyneistä summamääristä valittiin tutkimukseen tukkiluokkarajan sisällä sekä niiden ala- ja ylärajan välittömässä läheisyydessä olevia osumia.

7.2 Tutkimuksen tulokset

7.2.1 Tukkiluokka 156 mm

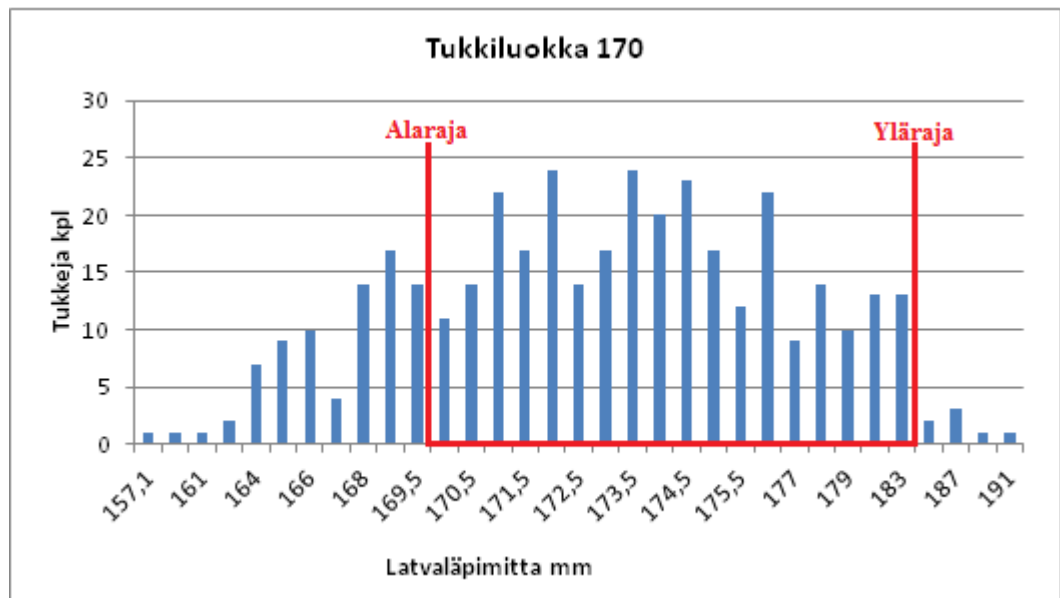
Kuviossa 18 on esitetty tukkiluokka 156 mm tukkiluokkarajojen osumatarkkuus. Luokan latvaläpimitan alaraja on 156 mm ja yläraja 160 mm. Kuvioista nähdään, että mittavirheiden vuoksi luokkaan on osunut ali- ja ylimittaisia tukkeja. Alimittaisia tukkeja on osunut huomattavasti enemmän kuin ylimittaisia. Tässä tukkiluokassa on yhteensä 3415 kappaletta tukkeja, joista tukkiluokkarajan sisällä on 1570 kappaletta, eli 46 %. Alimittaisia tukkeja on 1575 kappaletta, eli 46 % ja ylimittaisia tukkeja 270 kappaletta, eli 8 %. Luokan keskiarvo on 156 mm



KUVIO 18. Tukkiluokka 156 mm läpimittajakauma

7.2.2 Tukkiluokka 170 mm

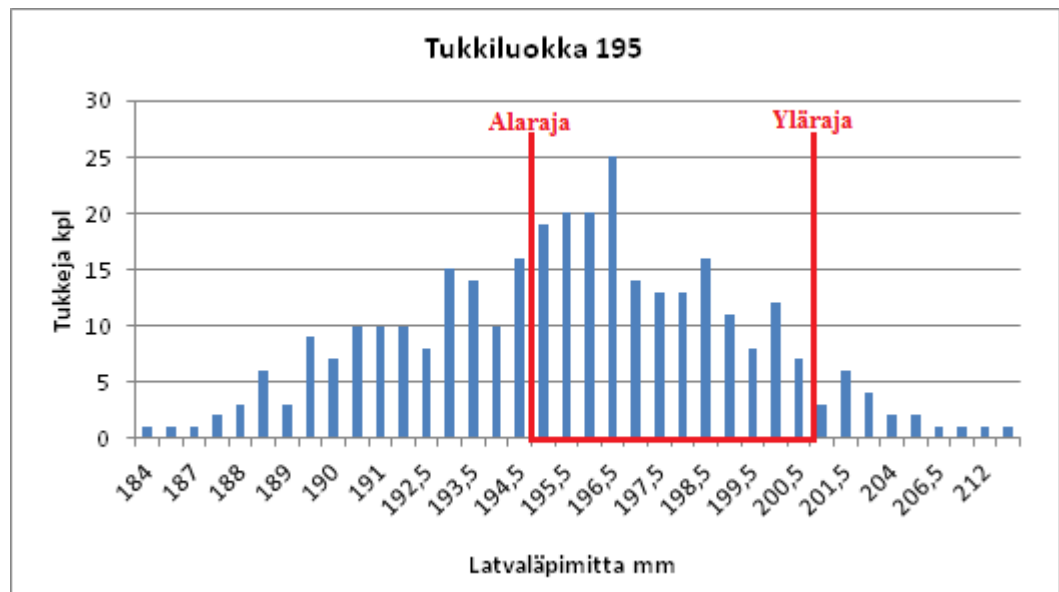
Kuviossa 19 on esitetty tukkiluokka 170 mm tukkiluokkarajojen osumatarkkuus. Luokan latvaläpimitan alaraja on 170 mm ja yläraja 184 mm. Mitattuja tukkeja on yhteensä 2960 kappaletta, joista tukkiluokan sisällä olevia tukkeja on 2174 kappaletta, eli 73 %. Ylimittasia tukkeja ei tässä luokassa esiintynyt kuin 85 kappaletta, eli 3 %. Alimittaisia tukkeja on 701 kappaletta, eli 24 %. Luokan keskiarvo on 174 mm.



KUVIO 19. Tukkiluokka 170 mm läpimittajakauma

7.2.3 Tukkiluokka 195 mm

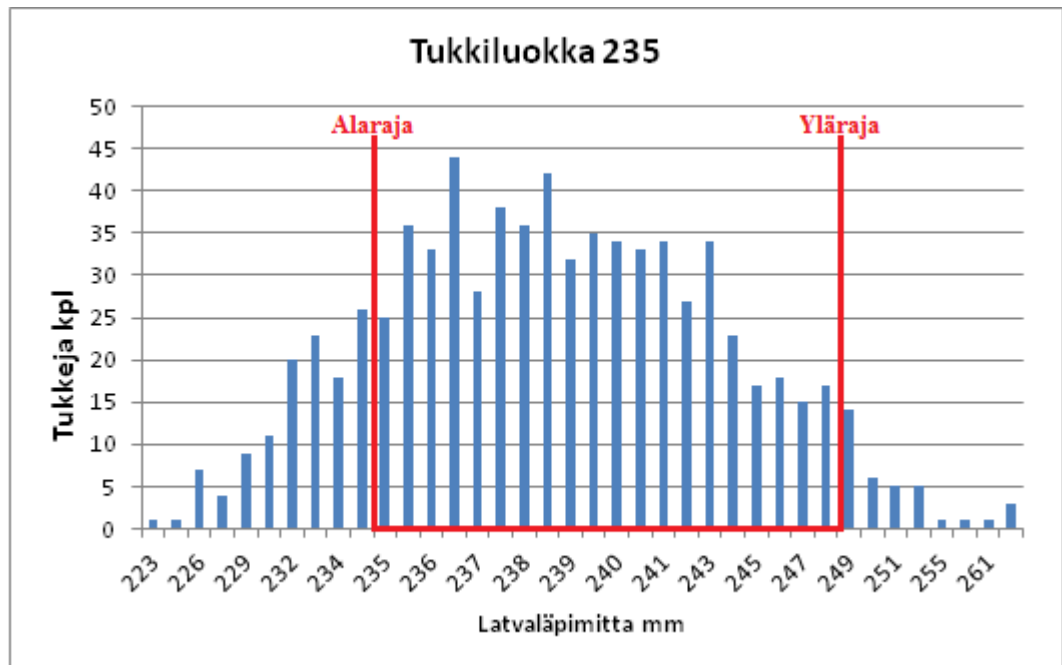
Kuviossa 20 on esitetty tukkiluokka 195 mm tukkiluokkarajojen osumatarkkuus. Luokan latvaläpimitan alaraja on 195 mm ja yläraja 201 mm. Alimittaisia tukkeja luokassa on 622 kappaletta, eli 35 %. Ylimittaisia tukkeja on luokassa 147, eli 8 % sekä tukkiluokan sisällä tukkeja 986 kappaletta, eli 56 %. Luokan keskiarvo on 196 mm.



KUVIO 20. Tukkiluokka 195 mm läpimittajakauma.

7.2.4 Tukkiluokka 235 mm

Kuviosta 21 on esitetty tukkiluokka 235 mm tukkiluokkarajojen osumatarkkuus. Luokan latvaläpimitan alaraja on 235 mm ja yläraja 249 mm. Kuviosta huomataan, että luokkarajavälin suurudesta huolimatta on luokkaan silti tullut alaja ylimittaisia tukkeja. Tässä tukkiluokassa on yhteensä 5418 kappaletta tukkeja, joista tukkiluokkarajan sisällä 3781 kappaletta, eli 70 %. Alimittaisia tukkeja on 1319 kappaletta, eli 24 % ja ylimittaisia tukkeja 318 kappaletta, eli 6 %. Luokan keskiarvo on 237 mm.



KUVIO 21. Tukkiluokka 235 mm läpimittajakauma.

8 LÄPIMITTALUOKKIEN MUUTTAMINEN

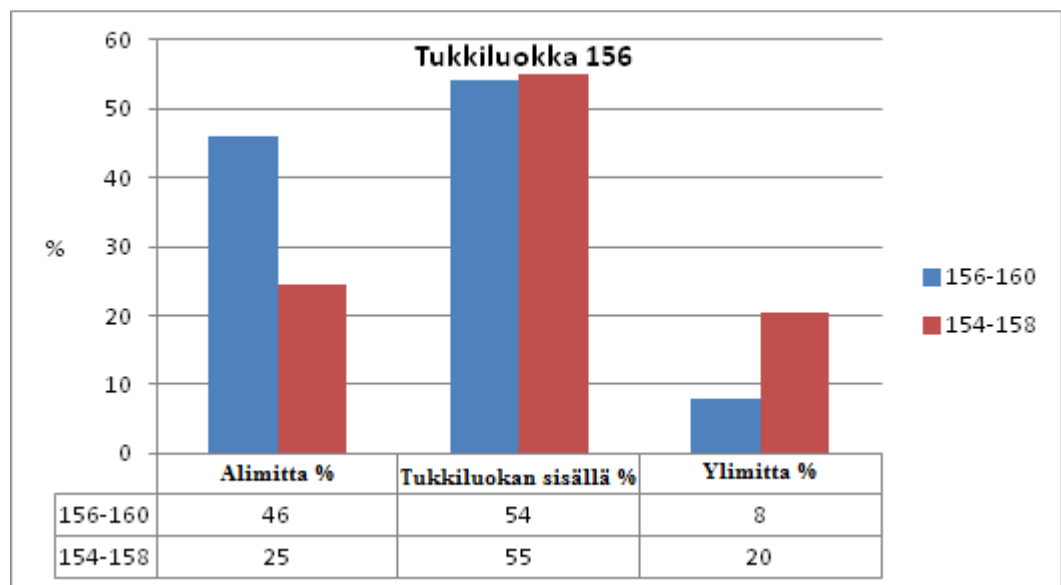
8.1 Työn tavoite

Työn tavoitteena on muutta kokeellisesti tukkiluokkien läpimittarajoja siten, että latvaläpimittojen osumatarkkuus paranee luokkarajan sisällä. Kokeessa muutettiin luokkarajoja siten, että vähentämällä tai lisäämällä luokkarajaa millimetrin kerrallaan saadaan paras osumatarkkuus oikealle mittaraja-alueelle. Työssä tutkitaan sitä, miten osumatarkkuudet alkavat käyttäytyä millirajaluokan sisä- ja ulkopuolella.

8.2 Työn tulokset

8.2.1 Tukkiluokka 156 mm

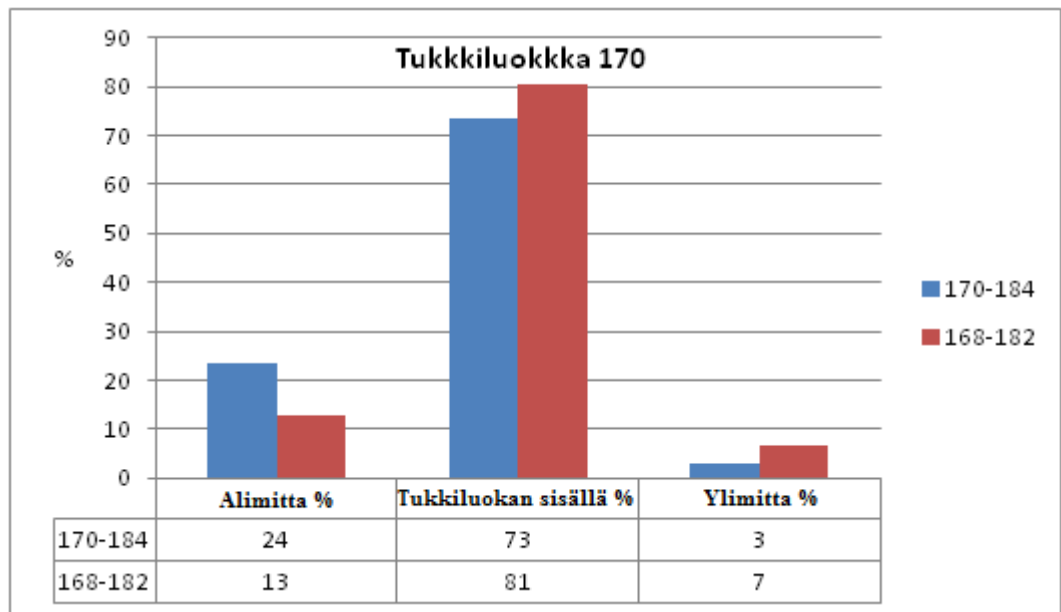
Kuviossa 22 nähdään tukkiluokkarajan 156–160 mm tämänhetkinen tilanne. Tukkiluokan sisäpuolella osumatarkkuus on 54 %. Tukkiluokan paras osumatarkkuus 55 % saatiin alentamalla luokkarajaa kahdella millimetrillä. Kuvioista nähdään, että alimittaisia tukkeja siirtyy tukkiluokan sisälle, mutta vastaavasti ne sijoittuvat luokkaan ylimittaiset



KUVIO 22. Tukkiluokka 156 mm osumatarkkuuden muutos

8.2.2 Tukkiluokka 170 mm

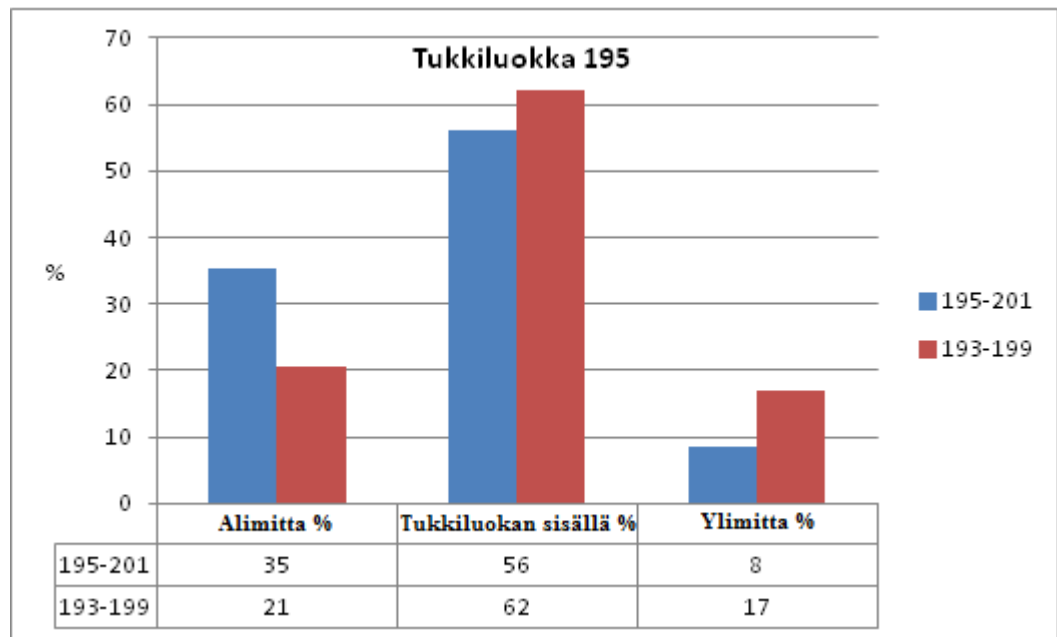
Kuviossa 23 nähdään tukkiluokkarajan 170–184 mm tämänhetkinen tilanne, jossa tukkiluokan sisäpuolella on osumia 73 %. Tukkiluokan paras osumatarkkuus 81 % saatiin alentamalla luokkarajaa kahdella millimetrillä. Kuvioista nähdään, että tukkiluokan sisällä osumatarkkuus on suhteellisen hyvä.



KUVIO 23. Tukkiluokka 170 mm osumatarkkuuden muutos

8.2.3 Tukkiluokka 195

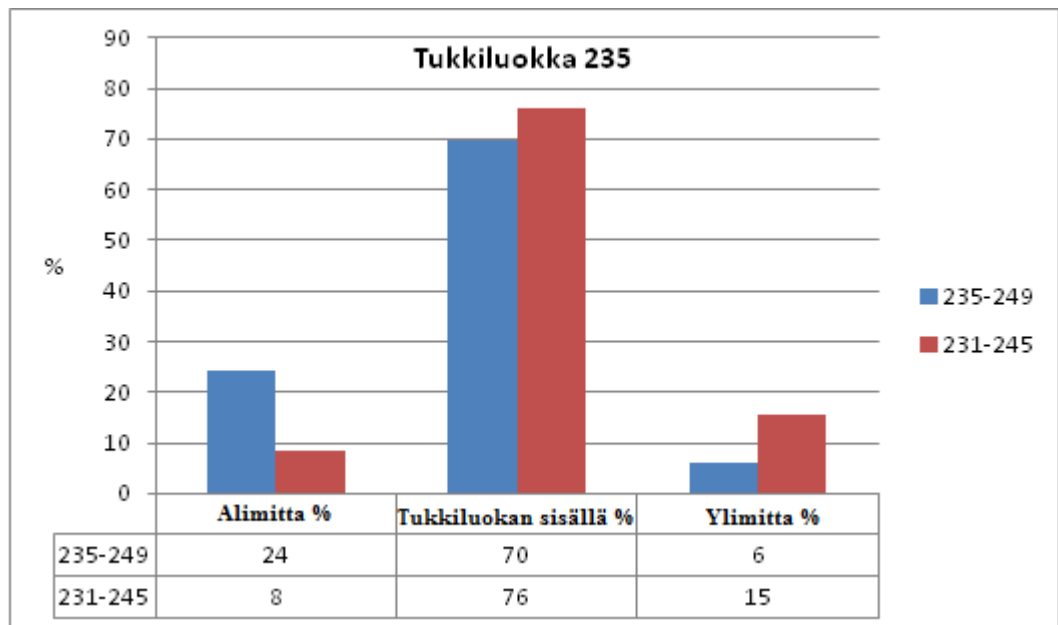
Kuviossa 24 nähdään tukkiluokkarajan 195–201 mm tämänhetkinen tilanne, jossa tukkiluokan sisäpuolella on osumia 56 %. Tukkiluokan paras osumatarkkuus sisäpuolelle 62 % saatiin alentamalla luokkarajaa kahdella millimetrillä. Kuviosta huomataan, että alimittaisia tukkeja siirtyy sekä tukkiluokan sisälle ja ylimittaisiksi.



KUVIO 24. Tukkiluokka 195 mm osumatarkkuuden muutos

8.2.4 Tukkiluokka 235 mm

Kuviossa 25 nähdään tukkiluokkarajan 235–249 mm tämänhetkinen tilanne, jossa tukkiluokan sisäpuolella on osumia 70 %. Tukkiluokan paras osumatarkkuus sisäpuolelle 76 % saatiin alentamalla luokkarajaa neljällä millimetrillä. Kuviosta nähdään, että alimittaisia tukkeja siirtyy tukkiluokan sisälle ja vastaavasti tukkiluokan sisältä ylimittaisiksi.



KUVIO 25. Tukkiluokka 235 mm osumatarkkuuden muutos

9 TUTKIMUKSIEN ANALYSOINTI

9.1 Lautasaannot

Työssä tutkittiin tukkiluokkien ja asetteiden lautasaantoja. Työssä ei tarkasteltu lautojen laatua ja leveyttä vaan laudat lajiteltiin paksuuden ja kappalemäärien mukaan.

Tukit lajitellaan ja luokitellaan sahausta varten ennalta määritettyjen ohjeiden mukaan, sillä tukeista halutaan saada hyödynnettyä mahdollisimman paljon hyvää sahatavaraa. Lautasaantojen tutkimusten perusteella voidaan olettaa asetteiden olevan liian tiukkoja (KUVIOT 8, 9, 10, 11 ja 12). Lautasaantojen saatavuutta alentaa myös rungon pinnan epätasaisuus sekä mittausvirheet tukkilajittelussa, lenkous ja soikeus, jotka aiheuttavat latvaläpimitan alenemista.

Tutkimuksessa havaittiin 16 mm lautojen suurin keskiarvo haketukselle 56 % (KUVIO 8). Tämä on yli puolet saatavasta olevasta lautatavarasta. Tuotannosta saatujen tietojen mukaan, hakkeeksi joutuneiden lautojen laatu ja vajaasärmäisyys ovat yleisempiä syitä haketukseen. Useat kappaleet ovat myös keskiosastaan liian ohuita, joten ne menevät tuotannon läpimenoaiheessa poikki ja näin ollen osaltaan viivästyttävät tuotantoa.

19 mm lautojen keskiarvo haketukselle oli 29 %, mutta suurimmat haketusmäärät sijoituivat pienemmille tukkiluokille. Tukkiluokalla 160 mm asetteella 30x110 (KUVIO 9) oli suurin haketusprosentti eli 79 %, mutta sahattuja tukkeja vain 2411 kappaletta. Sahattujen tukkimäärien perusteella huomataan tukkiluokalla 161 asetteella 30x110 mm (KUVIO 9) korkea haketus 61 %, jossa sahattuja tukkeja oli 12 676 kappaletta.

25 mm lauta on arvokkain tutkituista laudoista. Lautojen keskiarvo haketukselle oli 18 % (KUVIOT 11 ja 12.) ja lautojen hakettaminen väheni siirryttäessä pienemmistä tukkiluokista suurempiin. Suurin haketusmäärä on tukkiluokalla 160 mm asetteella 41x113 mm oli 66 % (KUVIO 11), mutta sahattujen tukkien määrä oli suhteellisen pieni eli 3042 kappaletta. Samaisesta kuvioista huomataan myös tukkiluokka 180 asetteella 34x112, pituusmitta 400 mm suuri haketus 32 % ja sahattujen tukkien määrä 11 797 kappaletta.

Tukkiluokalla 355 asetteella 75x225 (KUVIO 12) oli korkea haketus eli 40 %, mutta sahattujen tukkien määrä oli vain 355 kappaletta. Lisäksi tuotannosta saatujen tietojen perusteella voidaan olettaa syyksi tuotannon aikana tapahtunut virhe. Samassa kuviossa tukkiluokalla 258 asetteella 63x200 oli sahattujen tukkien määrä 17 374 kappaletta sekä suuri haketus eli 26 %, mikä tarkoittaa asetteen olevan liian tiukka.

9.2 Manuaalin ja tukinpyörittäjän hävikin vertailu

Lautahävikin vertailua automaattiseen tukinpyörittäjän lautasantoihin haittasi kesäseisokin aikana tukkikentälle jääneiden tukkien sinistäjäsienen aiheuttama värivika. Tukikentälle jääneitä tukkeja kastellaan seisokin aikana kosteuden ja vaaleuden säilyttämiseksi, mutta toimenpiteistä huolimatta tukkeja pääsee sinistymään seisokin aikana.

Tuloksia katsoessa huomaa automaattisen tukinpyörittäjän vaikuttavan lautasantoihin (KUVIOT 13, 14, 15, 16 ja 17). Automaattisella tukinpyörittäjällä oli keskiarvoltaan pienemmät lautahävikit kuin manuaalisessa pyöryksessä. Kuvioista 18 jouduttiin poistamaan vertailusta tukkiluokka 202 asetteella 34x112 mm sekä tukkiluokka 210 mm asetteella 75x125, koska automaattisen tukinpyörittäjän laudat jouduttiin hakettamaan suurelta osalta. Tämä johtui sinistäjäsienen aiheuttamasta väriviasta, joka oli tullut kesäseisokin aikana tukkeihin. Laudat jouduttiin hakettamaan suurelta osalta, ja tästä syystä johtuen se huononsi ja väärästi automaattisesta tukinpyörittäjästä saatuja tuloksia. Edellä mainituilla asetteilla oli manuaalisessa pyöryksessä kuitenkin hyvin pienet häketusmäärät eli alle 5 %.

9.3 Latvaläpimittojen tutkiminen

Latvaläpimittojen tutkimisessa selvisi, etteivät yhdenkään tukkiluokan osumatarkkuudet olleet kohdallaan (KUVIOT 18, 19, 20 ja 21). Tukkiluokkiin tulee liian pieniä tukkeja, mikä aiheuttaa sahaustuloksen huononemista selkeästi syntyvien vaajaasärmäisten kappaleiden vuoksi. Tässä tutkimuksessa esitettyjen kaikkien neljän tukkiluokan alamittaisten keskiarvo on 32 % sekä ylimittaisten 6 %. Tukkiluokan sisällä osumatarkkuuden keskiarvo on 62 %.

Huonon osumatarkkuuden syyksi voidaan mainita kuorikerroin vähennyksen määrittelyksen paikkaansapitämättömyys. Tukkiluokkiin tulee liian pieniä tukkeja, mikä tarkoittaa kuorikerroin vähennyksen määrittelyn olevan liian suuri. Kuoriprosentin määrittelyyn vaikuttaa myös se, mistä kohtaa runkoa tukki on katkaistu. Määrittelyssä tukkiluokkakoon kasvaessa ei osumatarkkuudella näytä olevan merkitystä, vaan tulokset ovat samansuuntaisia kaikissa luokissa. Tukkiluokkiin vaikuttavat myös luokissa olevat lengot, soikeat ja kartiokkaat tukit.

9.4 Läpimittaluokkien muuttaminen

Tukkiluokkien läpimittarajojen muuttamisella kokeiltiin, miten latvaläpimittojen osumatarkkuus paranee luokkarajan sisälle. Kokeessa muutettiin luokkarajoja siten, että vähentämällä tai lisäämällä luokkarajaa millimetrin kerrallaan saadaan paras osumatarkkuus oikealle mittaraja-alueelle.

Tutkimuksessa selvisi, että alentamalla tukkiluokkarajaa osumatarkkuus parani merkittävästi (KUVIOT 22, 23, 24 ja 25) Tämä tarkoittaa sitä, että alimittaisista tukkeja siirtyy tukkiluokan sisälle, mikä parantaa näin ollen osumatarkkuutta. Tämä merkitsee myös sitä, että rajoja muuttamalla tukkiluokassa jo sisällä olevia tukkeja ajautuu osumatarkkuuden ulkopuolelle, eli tukkeja siirtyy alimittaisista tukkiluokista tukkiluokan sisälle sekä tukkiluokan sisältä ylimittaisiksi. Luokkien 156 mm, 170 mm ja 195 mm paras osumatarkkuus saatiin 2 mm:n vähennyksellä ja luokkaan 235 mm tarvittiin 4 mm:n vähennys. Tutkimuksessa selvisi, että läpimittaluokkaa muuttamalla tukkeja siirtyy osumatarkkuuden sisäpuolelle, mutta myös sen ulkopuolelle.

10 KEHITYSEHDOTUKSET

Tässä opinnäytetyössä on tuotu esille eräitä ongelmakohtia, joista kannattaa aloittaa jatkotutkimukset. Sahausasetteella on tärkeää olla optimaalinen latvaläpimitta, koska liian pienestä tukista sahattaessa syntyy vajaasärmäisiä kappaleita. Liian isosta tukista hakkeen määrä kasvaa, koska tukkia ei voida hyödyntää kokonaan.

Tukkilajittelun osalta kehitysehdotukset olisivat, että kuorikerroinkorjaus otettaisiin tarkasteluun ja sen mukana seurattaisiin tukkilajittelun mittalaitten toimintaa, aiheuttaako se mahdollisesti virheitä. Lenkojen, soikeiden ja kartiokkaiden tukkien oikeaa dimensioluokkaa voitaisiin myös tarkastella

Opinnäytetyössä tuli esille myös liian tiukat asetteet, jotka voivat johtua edellä mainituista syistäkin. Lautasaantojen hävikkiä olisi tarpeellista seurata tulevaisuudessa ja reagoida muutoksiin tarpeen vaatiessa. Mikäli edellä mainitut toimet eivät auta, olisi suotavaa välttää käyttämästä liian tiukkoja asetteita. Lautasetteiden valinnassa olisi hyvä miettiä eri vaihtoehtoja tiukoissa asetteissa. Uskon, että edellämainituilla toimenpiteillä voidaan saada mittavat säästöt sekä raaka-aineen hyödyntämisestä että tuotannon seisokkien vähenemisestä.

11 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia tukkiluokkien sahausasetteiden lautasaantoja sekä verrata lautasaantoja vastaavaan automaattisen tukinpyörittäjän lautasaantoihin. Lisäksi tutkittiin tukkiluokkien latvaläpimittojen oikeellisuutta määritetyille tukkiluokan millirajalle.

Työn teoriaosuudessa kerrottiin sahan nykytuotannosta, sahalinjan prosessista ja toimintaperiaatteista. Lisäksi sahauksen suunnitteluosuudessa kerrottiin sahaus tulokseen vaikuttavista tekijöistä. Työssä käytiin läpi myös tuotannon aikaisia läpimenneitä tukkien historiatietoja, joista tehtiin tarvittavat työstöt ja päätelmät. Työn tulokset käsiteltiin ja esitettiin Excel-taulukkolaskentaohjelman avulla.

Työn tuloksia esitettiin kaavioita apuna käyttäen, ja mielestäni onnistuin tuomaan työni esittelyn ja tulokset ymmärrettävästi esille. Aihe oli mielenkiintoinen, ja tämän työn perusteella olisi hyödyllistä saattaa kehitysehdotukset loppuun. Kehitysehdotuksien tarkastelulla ja mahdollisilla toimenpiteillä voitaisiin parantaa käytösuhdetta sekä sahauksen tulosta.

Opinnäytetyön aihe saatiin keväällä 2013 ja itse prosessi käynnistyi syksyllä 2013. Aihe muuttui jonkin verran matkan varrella, mutta perusajatus säilyi kuitenkin samana.

Opinnäytetyön teon aikana opin paljon sahalaitoksen toiminnasta, tavoista sekä koko prosessiin vaikuttavista tekijöistä. Olen työskennellyt Stora Enso Oyj:n Veitsiluodon sahallä kesätöissä vuonna 2012 ja 2013, mikä on antanut arvokasta tietoa sahan toiminnasta. Työ on myös opettanut järjestelmällisyyttä ja tiedonhankintakykyä. Uskon, että työni tuloksista on hyötyä tulevaisuudessa sahan kehittämislle.

LÄHTEET

Kirjalliset lähteet

Heikinheimo, O. 1964. Mekaaninen puuteollisuus 1. Joensuu: Pohjois-Karjalan Kirjapaino Oy.

Juvonen, R. & Johanson, P.-E. 1986. Mekaaninen metsäteollisuus 2. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Sipi, M. 2006. Sahatavaratuotanto. Helsinki: Edita Oy.

Sipi, M. 2009. Puuraaka-aineen mittaus. Helsinki: Yliopistopaino.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Elektroniset lähteet

Raatikainen, S. 2009. Sahalinjan tehostaminen Veitsiluodon sahalla [viitattu 15.10.2013]. Kone- ja tuotantotekniikan opinnäytetyö. Kemi-Tornion Ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö, Kemi. Stora Enso Oyj Fine Paper Veitsiluodon sahan intranet.

Tuominen, M. 2011. Moderni sahatekniikka: opintomateriaalin suunnittelu ja toteutus [viitattu 20.11.2013]. Puutekniikan opinnäytetyö. Saatavissa: http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/32502/Tuominen_Miika.pdf?sequence=2

Usenius, A., Heikkilä, A., Song, T., Fröblom, J. & Usenius, T. 2010. Joustavat ja itseoppivat tuotantojärjestelmät sahateollisuudessa [viitattu 25.10.2013]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2544.pdf>

Muut lähteet

Stora Enso Oyj. 2012. Sahaesittely 2012 Veitsiluoto. Power point -esitys.