

KARELIA- AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutusohjelma

Juho Räsänen

**Sahakuution tukin katkonnän vaikutus Kiteen tukin ominaisuuksiin**

Opinnäytetyö  
Tammikuu 2017



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Tammikuu 2017**  
**Metsätalouden koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 Joensuu  
013260600

Tekijä  
Juho Räsänen

Nimeke  
Sahakuution tukin katkonnän vaikutus Kiteen tukin ominaisuuksiin

Toimeksiantaja Stora Enso Oyj

**Tiivistelmä**

Stora Enso Oyj:n Kiteen saha käyttää raaka-aineenaan kuusitukkia. Noin vuoden ajan on Kiteen tukin hankinta-alueella hakattu samoilla leimikoilla Kiteen tukin rinnalla Kerimäen Sahakuutio Oy:n sahalle menevää kuusitukkia. Stora Enso Oyj halusi selvittää, minkälainen vaikutus tällä Sahakuutiolle katkottavalla, pienemmällä tukilla on Kiteen tukin ominaisuuksiin.

Tutkimusta varten kerättiin 542 kpl hakkuukoneen tuotantotiedostoja kuudelta eri hakkuukoneelta ja kahdelta eri yrittäjältä. Tuotantotiedostot olivat joko leimikoilta, joilta oli hakattu pelkästään Kiteen tukkia tai leimikoilta, joiden rinnalla oli hakattu lisäksi Sahakuutio Oy:n tukkia. Leimikot oli hakattu 01.08.2015 - 31.07.2016.

Tutkimuksen tuloksista selviää, että Stora Enso Oyj:n Kiteen sahan tukin keskijäreys kasvaa, kun hakkuussa on mukana Sahakuutio Oy:lle toimitettava tukki. Pääsääntöisesti myös Kiteen tukin keskipituus kasvaa. Jatkotutkimuksena tulisi selvittää Kiteen tukin jalostusarvon mahdolliset muutokset ja tukkimittojen jakaumien muutokset, kun hakkuussa on mukana Sahakuutio Oy:n tukki.

Kieli  
Suomi

Sivuja 39

Asiasanat  
puunhankinta, puutavaralaji, katkonta.



**THESIS**  
**January 2017**  
**Degree Programme in Forestry**  
Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
013 260 600

Author  
Juho Räsänen

Title  
Change in Kitee log quality when cutting Sahakuutio log  
  
Commissioned by Stora Enso Oyj

**Abstract**

Stora Enso Oyj Kitee Mill uses spruce logs as its raw material. For about a year now, Sahakuutio Oy has harvested logs from the same procurement areas as Stora Enso Oyj Kitee Mill. Stora Enso Oyj wanted to find out what kind of an impact does the smaller Sahakuutio log have on the quality of Kitee's log.

There were 542 harvester production files that were collected for the research. Files were chosen from six different harvesters from two different contractors. Production files were chosen from logging sites where only Kitee log was harvested and from logging sites where Sahakuutio log was also harvested with Kitee log. The loggings were made between the time period of August 1, 2015 to July 31, 2016.

The results showed that the Kitee log's volume increases when there is Sahakuutio log in loggings with Kitee log. In addition Kitee log's length predominantly increases with this arrangement. There is a demand for further research about the topic. Research should especially examine changes in the Kitee log's value added and in log dimensions when there is Sahakuutio log added to loggings.

Language  
Finnish

Pages 39

**Keywords**

wood procurement, timber, logging

# Sisältö

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 1   | Johdanto .....   | 7  |
| 2   | Puunhankinta .....   | 8  |
| 2.1 | Puunhankinnan toimintaperiaate .....                                       | 8  |
| 2.2 | Kausivaihtelu .....  | 10 |
| 3   | Kuusisahatukki .....   | 11 |
| 3.1 | Sahatukin laatu .....  | 11 |
| 3.2 | Tukin katkonta .....   | 12 |
| 4   | Stora Enso Oyj .....   | 14 |
| 4.1 | Yhtiön esittely .....  | 14 |
| 4.2 | Stora Enso Metsä .....   | 14 |
| 5   | Stora Enso Wood Products Oy Ltd Kiteen saha .....                          | 16 |
| 5.1 | Historia .....   | 16 |
| 5.2 | Toiminta .....   | 18 |
| 5.3 | Mitta-, ja laatuvaatimukset .....  | 18 |
| 5.4 | Lopputuotteet .....  | 20 |
| 5.5 | Sahakuutio Oy .....  | 22 |
| 6   | Katkonnan ohjauksesta toteutettu tutkimus .....                            | 23 |
| 7   | Tutkimuksen tausta ja tavoitteet .....                                     | 25 |
| 8   | Tutkimuksen toteutus ja aineiston valinta .....                            | 26 |
| 9   | Tulokset .....   | 29 |
| 9.1 | Ptl 310 keskitilavuuden muutokset järeysluokittain ja hakkuutavoittain ... | 29 |
| 9.2 | Ptl 310 keskipituuden muutokset .....                                      | 29 |
| 9.3 | Ptl 310 raakkiprosentin ja jakauma-asteen muutokset .....                  | 30 |
| 9.4 | Korrelaation tutkiminen .....  | 32 |
| 10  | Yhteenveto ja pohdinta .....   | 36 |
| 11  | Lopuksi .....  | 38 |
|     | Lähteet .....  | 39 |

## Opinnäytetyössä käytettävä termistö

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Apteeraus                 | Apteerauksella tarkoitetaan puun rungon katkaisukohtien määrittämistä mitta- ja laatuvaatimusten mukaan.   |
| Apt-tiedosto              | Puun katkontaohjeet sisältävä tiedosto.  |
| Jakauma-aste              | Prosentuaalinen aste, joka kertoo kuinka puutavaralajin pölkyt ovat katkottu tehtaan asettaman tavoitteen mukaan.  |
| Katkonnanohjaustiedosto   | Katso apt-tiedosto.  |
| Leimikko                  | Hakattavaksi suunniteltu metsikkökuvio, josta voidaan käyttää myös nimitystä hakkuualue.   |
| Puutavaralaji             | Puutavara on yleisnimitys pyöreälle, halkaistulle tai haketetulle puulle. Tietyt mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puutavaraa kutsutaan termillä puutavaralaji. |
| Prd-tiedosto              | Hakkuukoneen tuotantotiedosto, jossa on leimikkokohtaiset tiedot hakkuukoneen valmistamista puutavaralajeista.   |
| Puutavaralaji 309/Ptl 309 | Sahakuutio Oy:n sahalle toimitettava kuusitukki.   |
| Puutavaralaji 310/Ptl 310 | Kiteen sahalle toimitettava kuusitukki.  |
| Runkopankki               | Luodaan simulointia varten ja se koostuu useista stm-tiedostoista. Runkopankki sisältää tiedot   |

runkoprofiileista.

Stm-tiedosto

Hakkuukoneen tietojärjestelmä tallentaa kaikkien hakkuukoneen hakkaamien puiden runko- ja pölkkukohtaiset tiedot stm-tiedostoihin.

## 1 Johdanto

Kiteen saha on Stora Enso Oyj:n omistama sahatavaraa valmistava tehdas. Tehdään käyttämän raaka-aineen, eli kuusitukin jalostusarvon kasvattaminen on tärkeä tehtävä kannattavuuden ylläpitämiseksi. Sahan kannalta parhaimman katteen tukkien sahaamisesta saa tiettyjen pituus ja läpimittaluokan tukeista. Kiteen tukin jäyreys korreloi voimakkaasti tukin jalostusarvon kanssa siten, että tukin järeytyessä myös jalostusarvo kasvaa.

Kiteen sahan hankinta-alueelta on noin vuoden verran hakattu Sahakuutio Oy:n Kerimäen sahalle menevää kuusitukkia samoilta leimikoilta Kiteen kuusitukin rinnalla. Sahakuutio Oy:n kuusitukki on mitoiltaan pienempää kuin Kiteen kuusitukki ja tällä hakkuujärjestelyllä on pyritty ohjaamaan pienempää tukkiosuutta Sahakuution sahalle ja järeämpää tukkiosuutta Kiteen sahalle.

Työssä tutkitaan, kuinka Kiteen kuusitukin ominaisuudet, eli keskitilavuus, jakauma-aste, raakkiprosentti, ja keskipituus käyttäytyvät, kun samoilta leimikoilta katkotaan pienempää tukkia Sahakuution sahalle. Oletuksena kyseiselle hakkuujärjestelylle siis on, että Kiteen sahalle ohjautuu järeämpää, jalostusarvoltaan arvokkaampaa raaka-ainetta.

## 2 Puunhankinta

### 2.1 Puunhankinnan toimintaperiaate

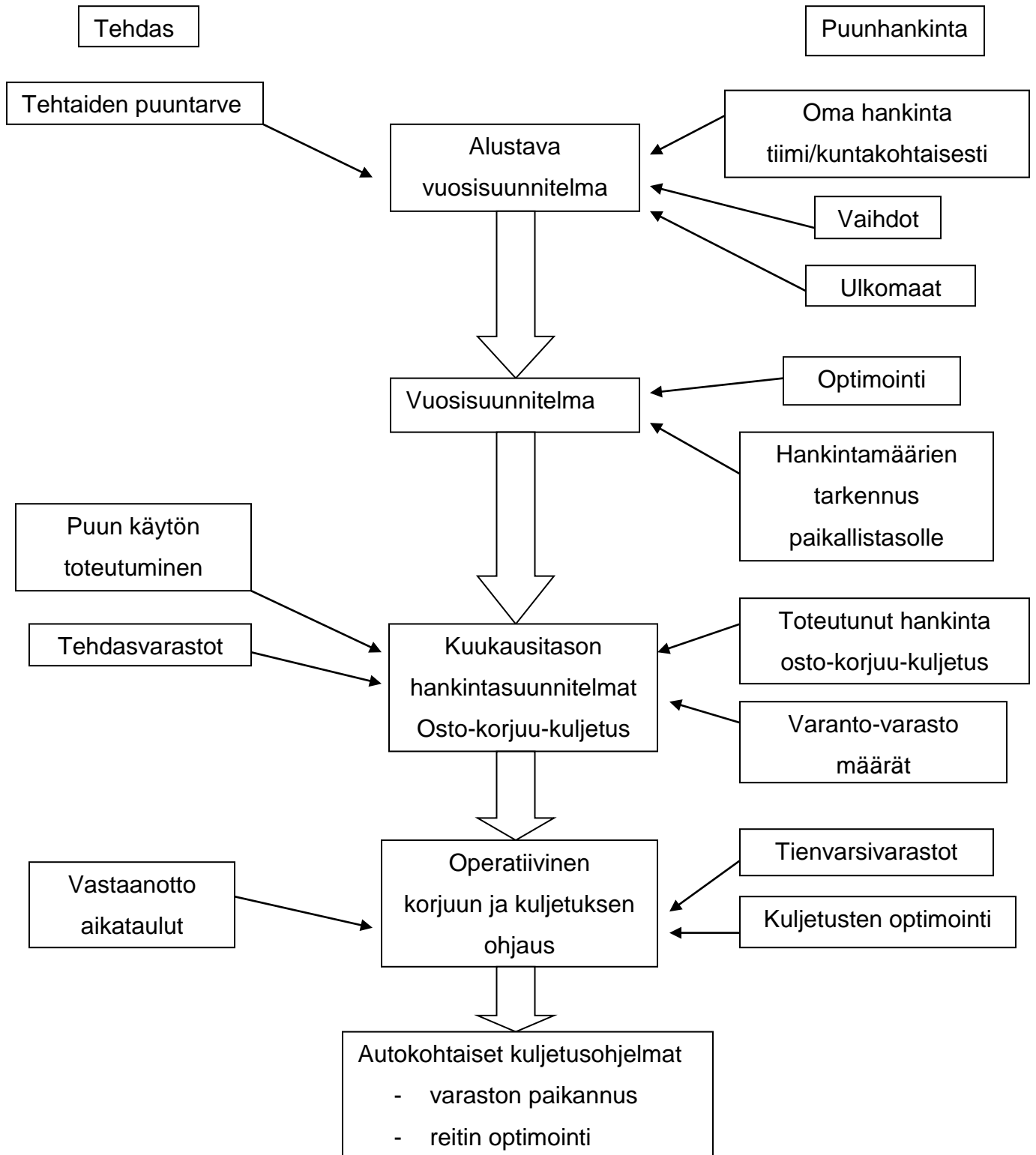
Puunhankinnalla tarkoitetaan sitä kokonaisuutta, jolla puunjalostusteollisuus järjestää tehtaiden raaka-aine toimitukset. Puunhankinnan kokonaisuus käsittää puunoston, korjuun, kaukokuljetuksen ja tehdasvastaanoton. Organisaatiosta riippuen, tehdas voi ostaa raaka-ainehuollon palveluna toiselta organisaatiolta, tällöin puhtaan toimitussopimuksista tai tehdas voi järjestää raaka-ainetoimitukset kokonaan itse. Suomessa puunjalostustoiminta on keskittynyt pääasiassa muutamille suuremmille yrityksille, joilla on käytössään omat puunhankintaorganisaationsa. Nämä muutamat suuryritykset ostavat noin 80-90% kaikesta raakapuumäärästä. Suuryritysten lisäksi Suomessa toimii lukuisia pk-yrityssektorin toimijoita, joista osa tukeutuu täysin toimitussopimukseen, mutta useimmilla puunhankinta koostuu omasta puunhankinnasta ja toimitussopimuksista. (Uusitalo 2003, 115.)

Puunhankintaorganisaatio on jaettu alueellisesti 3-8 hankinta-alueeseen, jotka toimivat aluejohtajien johdolla. Hankinta-alueilla työskentelee usein myös toiminta-kohtaisia päälliköitä, jotka johtavat toimintaa operaatiotasolla ja solmivat urakointisopimuksia alueen yrittäjien kanssa. Hankintaorganisaatioilla ei ole käytössään omaa puunkorjuu- tai autokalustoa vaan yksittäiset operaatiot toteutetaan itsenäisten puunkorjuu- ja autokuljetusyrittäjien toimesta. (Uusitalo 2003, 117.)

Raaka-aineen hankinnan perusjärjestelyt on tehty ja varmistettu jo tehtaan investointien yhteydessä. Asiakastehtaan tarpeiden hoitamisessa on keskeisenä asiana toimitusten luotettavuus ja sovittu raaka-aineen laadun mukaiset toimitukset ennakoituun kustannustasoon. Suurena haasteena metsäosaston ja tehtaan yhteistyölle on ennakoida tuotannon muutokset hyvissä ajoin. Nopeasti heikentyvässä suhdannetilanteessa jo sovittuja raaka-ainetoimituksia joudutaan vähentämään ja metsäosaston tulisikin saada tietoa muutoksista ennakoivasti. Tällä tavoin vältetään rahan sitoutuminen tarpeettomaan tai väärillä laatuvaatimuksilla valmistettuun puu-



raaka-aineeseen. (Metsätalouden kehittämiskeskus 2002, 432-433.) Kuvassa 1 on esitetty puunhankinnan suunnittelujärjestelmän periaatetta.



Kuvio 1. Puunhankinnan suunnittelujärjestelmän periaate. (Uusitalo 2003, 118).

Hankintatavoitteita ja niiden toteutumista seurataan kuukausitasolla toteutumien ja hankintasuunnitelmien avulla. Tehtaalle laaditaan kuljetussuunnitelma, joka sisältää toimituskohtaiset puutavaralajimäärät ja niiden toimitusaikataulut jopa päivän tarkkuudella. Jokaisessa hankintapiirissä tai -tiimissä laaditaan korjuuohjelma noin kahden viikon ajalle ja se laaditaan kuljetussuunnitelman ja hankintapuun vastaanotosta tehdyn hankintavastaanottoennusteen sekä pystyvarantotietojen pohjalta. Tehtaan lyhyen tähtäimen puunvastaanottoa suunnitellaan korjuuohjelman avulla. Korjuun onnistumiseen työmaatasolla voidaan näin merkittävästi vaikuttaa onnistuneella korjuuohjelmalla ja varastojen määrä saadaan säädeltyä halutun suuruiseksi. Toimitusvalmiit puutavaralajimäärät saadaan järjestelmään, kun hakkuukone tai ajokone lähettää tietoja leimikolta, jonka ansiosta kuljetuksen ohjauskeskuksissa voidaan määrittellä jokaiselle autolle päiväkohtainen kuljetusohjelma. (Uusitalo 2003, 118–119.)

## **2.2 Kausivaihtelu**

Puunhankinnan markkinoille tulevan puuraaka-aineen määrä on sidoksissa siihen, kuinka metsänomistajat käsittelevät metsiään ja kuinka suurella alueella puuta tuotetaan (Kuuluvainen & Valsta 2009, 187). Sahat ja tehtaot tarvitsevat puuraaka-ainetta tasaisesti, päivittäin ja ympäri vuoden. Varsinkin isoilla sellu- ja paperitehtailla on syötössä tyypillistä tasaiset toimitukset kolmessa vuorossa, seitsemänä päivänä viikossa. Vuodenaikojen mukainen kausivaihtelu luo tehtaiden puuhuollolle ongelman, kelirikkokausilla riittävän kovapohjaisia hakkuukohteita on riittämättömästi. Kelirikko ei rajoitu pelkästään hakkuukohteisiin, vaan myös alempaa tieverkostoa on kelirikkoaikaan kuljetusrajoitettu. (Metsätalouden kehittämiskeskus 2002, 433.)

On arvioitu, että kausivaihtelu aiheuttaa puuhuollolle noin 100 miljoonan euron ylimääräiset vuosikustannukset. Varsinkin lyhyet ja leudot talvet voimistavat kausivaihtelua. Konekaluston kehittämisellä on pyritty hakemaan ratkaisuja puunhuollon

kausivaihtelun hallintaan. Muita keinoja ovat korjuun tarkempi ajoitus ja suunnittelu ja kaksivaiheinen puunkorjuu, joka tarkoittaa hakkuun ja lähikuljetuksen porrastamista. (Nieminen 2015, 12.) Syksyn kelirikkoajan puuhuollon varmistaminen on erityisen tärkeää. Kesäaikana puun hakkuuta ja varastointia on rajoitettu ympäristösuojelullisista syistä ja metsätuhojen torjumiseksi. Talvikorjuukelpoisia kohteita on riittävästi ja puuta voidaankin hakata enemmän, kuin tehtaan toimitustarve on. Puuraaka-ainetta joudutaankin siis varastoimaan talven hakkuuajasta kevään ja kesän, joskus jopa syksyn käyttöön. Puun riittävyden varmistamiseksi on tunnettava puun pilaantumisprosessi ja sen vaikutukset tehtaan lopputuotteisiin. Esimerkiksi kesäaikaan suojaamattomana varastoitu hiomokuusi ja sahatukki menettävät pilaantuessaan enemmän arvostaan kuin sellupuu; jo muutamassa viikossa puu pilaantuu alkuperäiseen käyttökohteeseen kelpaamattomaksi. (Metsätalouden kehittämiskeskus 2002, 434.)

### **3 Kuusisahatukki**

#### **3.1 Sahatukin laatu**

Metsäteollisuudessa täytyy toimia pääasiassa ulkomaisen asiakkaan ehdoilla, suuren metsäteollisuuden tuotteiden vientiosuuden vuoksi. Asiakas on määritellyt tietyt tarpeet ja odotukset lopputuotteelle ja sen laadun ja palvelun on vastattava sitä. Tämän takia lopputuotteen laatuominaisuuksia on harkittava jo puita tavaralajeiksi katkottaessa. Tavallisesti sahatavara jaotellaan neljään luokkaan laatuominaisuuksien perusteella, joista tärkeimpänä on oksaisuus. Oksattomista tyvitukeista tavoitellaan sahatavaraa esimerkiksi huonekaluihin ja muihin hyvää ulkonäköä vaativiin tuotteisiin. Terveoksisista latvatukeista tavoitellaan myöskin kauniita pintoja, jotka sopivat läpinäkyviin pintakäsittelyihin. Tukeista, joissa on kuivia oksia, tehdään tavallisesti rakennustarvikkeita tai maalattavia pintoja, mutta isojen mustien oksien myötä sahatavaran lujuus alenee siinä määrin, että niistä tehdään vähäarvoisia laatikkolautoja. (Metsätalouden kehittämiskeskus 2002, 417.)

Kuitenkin, kuusitukkien oksaisuuteen ei katkonnassa kiinnitetä yhtä suurta huomiota kuin mäntytukkien katkonnassa, yleensä riittääkin, kun kuusitukin minimilaatua ei aliteta (Rantala 2005, 146). Oksaisuuden lisäksi sahatukin laatuvaatimuksissa määritellään lisäksi niitä vikoja, joita sahatukissa ei saa esiintyä ollenkaan tai näille vioille määritellään jokin maksimiarvo. Yleisimmät sahatukin viat ovat lenkous, mutkaisuus, oksakyyhmy, tervasroso, laho, rengashalkeama, sinistymä ja toukanreiät. (Uusitalo 2003, 29.)

### **3.2 Tukin katkonta**

Suomessa teollisuuden käyttämä puuraaka-aine valmistetaan laatunsa ja järeytensä mukaan puutavaralajeiksi, joka tarkoittaa puutavaran katkomista lopullisiin mittoihinsa jo hakkuun yhteydessä. Tavaralajimenetelmää käytetään, jotta puu voidaan mitata tarkasti ja laadultaan erilaiselle puutavaralle voidaan maksaa oikeudenmukainen hinta. Puu katkotaan jo metsässä niihin mittoihin, joita tehdas tarvitsee valmistaakseen asiakkaalle sopivia lopputuotteita. (Rantala 2005, 143.)

Hakkuukoneen katkontaa ohjaa koneen mittausautomaatiikka, joka ehdottaa kuljettajalle puun optimimaaliset katkontakohdat (Uusitalo 2003, 72). Viralliseksi mittausmenetelmäksi hakkuukonemittaus on hyväksytty vuonna 1992. Hakkuukoneen mittausjärjestelmä koostuu mitta-antureista, mittausta ohjaavasta tietokoneesta, ohjauslaitteista, oheislaitteista ja näitä yhdistävästä tietoliikenneväylästä. Varsinainen puun mittaus prosessoidessa perustuu puun rungon läpimitan ja pituuden mittauksen. Puun pituusmitta saadaan pituusmitta-anturilla, joka on mekaaninen mittarulla hakkuulaitteen rungon pohjassa. Hakkuukouran karsiessa runkoa latvaa kohti mekaaninen mittarulla pyörii samalla runkoa vasten ja välittää mitta-anturin pulssi arvoja koneen tietokoneelle, josta kalibrointikorjausten avulla johdetaan kouran sahan etäisyys rungon tyveltä ja saadaan pituusmitta-arvo. Rungon läpimitan mittaus tapahtuu hakkuukouran karsintaterien, syöttörullien tai syöttötelojen avulla siten, että kyseisiin komponentteihin on yhdistetty sähkövastus, ns. kulmapoten-

tiometri, jonka vastusarvo muutetaan läpimitaksi. Läpimitan mittausta tapahtuu kahden anturin ristimitoituksen tuloksena tai se voidaan johtaa kolmen kulmapisteen avulla. Hakkuukoneen tietokoneen näytössä näkyvä puun katkaisukohtien läpimita on suodatettu arvo, joka on käynyt läpi kalibrointikorjauksen ja josta on poistettu epäloogisuudet. (Uusitalo 2003, 151–152.)

Hakkuukoneen kuljettaja tekee karsinnan yhteydessä päätökset puun katkonnasta. Tukkien katkonnassa puu katkotaan siten, että rungossa olevat viat eivät tule tukkiosaan tai että ne heikentävät mahdollisimman vähän tukin laatua. Arvoapteenauksessa rungot katkotaan siten, että myyjä saa puusta korkeimman mahdollisimman hinnan. Arvokasta tukkiosuutta pyritään saamaan rungosta mahdollisimman paljon. Tukkipöytäjärjestelmän rakenne pyritään myös sovittamaan mahdollisimman hyvin markkinoilla kysytyjen sahatavaraerien mukaiseksi. Tukkien sahaajaa kiinnostaa tietyt pituus- ja läpimitayhdistelmät enemmän kuin toiset. Pituuksien yhdistelmien erinäköisyyttä ei apteeraus olekaan enää itsestäänselvyys eikä pelkästään silmällä havaittavissa. (Rantala 2005, 144.)

Sahatukin pituusmittauksessa moduulimita tarkoittaa 3:n desimetrin jaolla tehtyä mittauksia. Tukin minimipituudeksi sovitaan esimerkiksi 40 desimetriä ja suurimmaksi pituudeksi 55 desimetriä. Moduulimitat ovat tässä tapauksessa 40, 43, 46, 49, 52 ja 55 desimetriä. Muunlaisiakin pituusmittoja voi esiintyä ja moduulimitoista voidaan käyttää vain tietyt pituuksia. Tukin minimi- ja maksimiläpimitat eroavat puunostajakohtaisesti. Yleisin mäntytukin minimiläpimita mitattuna ohuimmalta puolelta kuoren päältä on 15 cm ja kuusitukin 16 cm. Yleensä tukin maksimiläpimitana käytetään 60 cm:ä, koska sahalaitteistot on yleensä rakennettu siten, että tyveltään 60 cm:ä suurempi tukki ei mahdu kuljettimille. (Rantala 2005, 145.)

## **4 Stora Enso Oyj**

### **4.1 Yhtiön esittely**

Stora Enso Oyj toimii maailmanlaajuisesti, yli 35 eri maassa, tuottaen uusiutuvia puu-, paperi-, pakkaus-, ja biomateriaaliratkaisuja. Yhtiön vuoden 2015 liikevaihto oli 10,0 miljardia euroa ja työntekijöitä on nyt noin 26 000. Stora Enso Oyj noteerataan Helsingin ja Tukholman NASDAQ OMX - pörsseissä.

Yhtiön vuotuinen tuotantokapasiteetti on 10,5 miljoonaa tonnia paperia ja kartonkia, 5,7 miljoonaa tonnia kemiallista sellua, 1,3 miljardia neliometriä aaltopahvia ja 5,2 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa mukaan lukien 2,5 miljoonaa kuutiometriä lisäarvotuotteita. Stora Enso Oyj koostuu viidestä divisioonasta: Consumer Board, Packaging Solutions, Biomaterials, Wood Products ja Paper. Asiakaskunta muodostuu muun muassa pakkaus- ja rakennusalan toimijoista sekä kustannusalan, painoalan ja paperimyyntialan toimijoista.

Yhtiön pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja suurin osa myynnistä ja muista toiminnoista sijoittuu Eurooppaan, jossa Stora Enso Oyj on johtava sellun, kartongin ja paperin tuottaja. Suomessa yhtiön palveluksessa työskentelee yhteensä 6600 henkilöä. Yhtiön juuret yltävät syväälle historiaan 1300-luvulle saakka, jolloin toiminta on liittynyt kuparikaivokseen, kuparimalmin lämmittämiseen nimittäin tarvittiin puuta. Tästä ajasta yhtiön toiminta on kehittynyt paljon eteenpäin Stora Enson ollessa tänä päivänä Suomen suurin metsäyhtiö. (Stora Enso 2016)

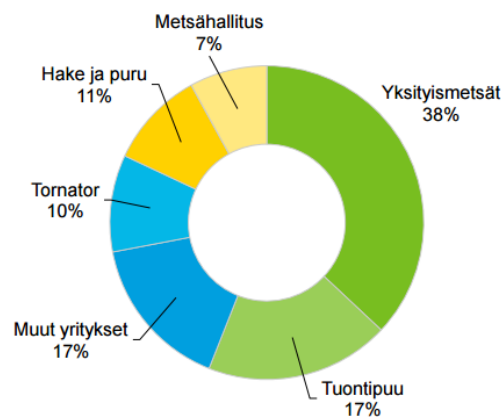
### **4.2 Stora Enso Metsä**

Stora Enso Metsä vastaa Suomen puunhankinnasta, toimittaen yli 21 milj. m<sup>3</sup> puuta vuodessa omille ja ulkopuolisille tuotantolaitoksille. Puunoston yhteydessä Stora Enso hankkii myös energiapuuta, jota he toimittavat lähialueen voimalaitoksille, yh-

teensä noin 1 milj. m<sup>3</sup> vuodessa. Energiapuuta on muun muassa hakkuutähteet, jotka kerätään avohakkuilta ja muu kokopuu, joka ohjataan haketettavaksi. Kuvassa 1 esitetään kuviona ja lukuina Stora Enso Metsän puunhankintaa. Puunosto yksityismetsistä on suurin sektori, jonka jälkeen tulevat tuontipuu ja muilta yrityksiltä vierastoimituksina tulevat puut. Kuitupuun osuus puunkäytöstä on selvästi suurin, 89 % ja sahatukien käyttö jää 11 prosenttiin. Puutavara korjataan lähes sataprosenttisesti koneellisesti, metsurityön osuuden jäädessä nimelliseksi. Toimihenkilöitä ja työntekijöitä puunhankinnan parissa työskentelee noin 540 kappaletta. (Kallio-Mannila 2016, 5–7.)

## Stora Enso Metsä

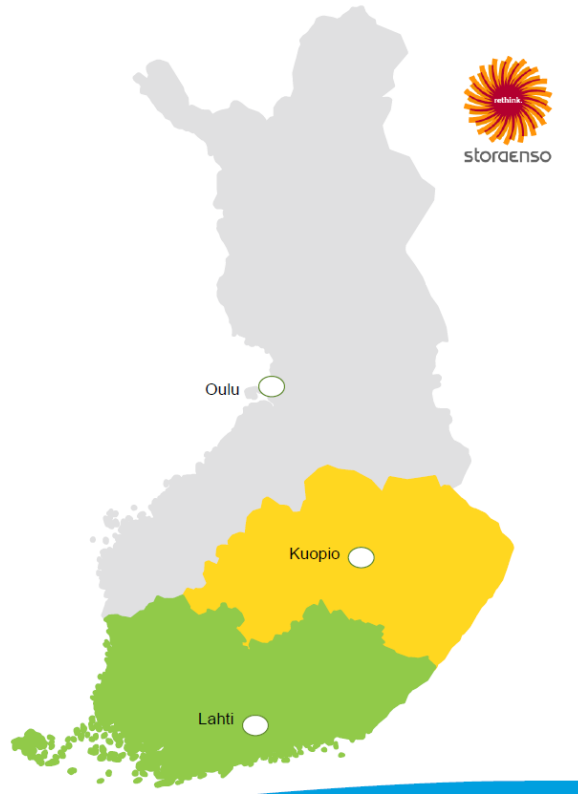
Puunhankinta 2015: 20,8 milj. m<sup>3</sup> kuorellista kiintokuutiometriä



| Stora Enson puun käyttö  |            |
|--|------------|
| Kuitupuu (ml. hakkeet)   | 89 %       |
| Sahatukit  | 11 %       |
| Hakkuut  |            |
| Metsurityö   | 0,1 %      |
| Koneellinen korjuu   | 99,9 %     |
| Harvennushakkuut   | 46 %       |
| Uudistushakkuut  | 54 %       |
| Henkilöstö   |            |
| Toimihenkilöt ja työntekijät   | 540        |
| Korjuu-, kuljetus- ja metsäpalveluja tuottavat yrittäjät alihankintana | 160        |
| Puunkorjuu- ja kuljetuskalusto (yksityisten urakoitsijoiden omistamat) |            |
| Korjuukoneet   | 360        |
| Metsätraktorit   | 340        |
| Puutavara-autot  | 230        |
| Metsäenergiakalusto  | 60         |
| <b>Yhteensä</b>  | <b>990</b> |

Kuva 1. Stora Enso Metsä, puunhankinta. (Kallio-Mannila 2016, 7.)

Stora Enso Metsän puunhankinta Suomessa jakautuu kolmeen hankinta-alueeseen, jotka ovat Pohjois-Suomi, Itä-Suomi ja Etelä-Suomi. (Kallio-Mannila 2016, 10).



Kuva 2. Stora Enso Metsä, hankinta-alueet ja aluetoimistot. (Kallio-Mannila 2016, 10).

## 5 Stora Enso Wood Products Oy Ltd Kiteen saha

### 5.1 Historia

Kiteen saha on perustettu vuonna 1978 Plan Sell Oy:n toimesta, jolta Enso-Gutzeit osti sahan vuonna 1986. Kiteen saha aloitti tuotannon Japanin markkinoille vuonna 1993. Sahan höyläämö perustettiin vuonna 2004 ja pellettituotanto alkoi vuonna 2014. Sahalla on käytössään täysi vannesahalinja, joka käsittää 16 vannesahaa ja lisäksi sahalla on 4 särmää.





Kuva 3. Kiteen sahan vannesaha. Kuva: Juho Räsänen 2016.



Kuva 4. Kiteen sahan pellettejä. Kuva: Juho Räsänen 2016.

## 5.2 Toiminta

Kiteen saha työllistää 85 omaa henkilöstöä ja 32 alihankkijan henkilöstöä. Saha käyttää puuraaka-aineenaan ainoastaan kuusta sen sahauskapasiteetin ollessa 260 000 m<sup>3</sup> vuodessa. Jatkokäsittelykapasiteetti on 120 000 m<sup>3</sup> vuodessa ja pellettejä saha tuottaa 25 000 tonnia vuodessa. Kuusitukin tavoitejakaumia vaihdellaan noin 4–6 kertaa vuodessa, riippuen asiakkaan vaatimuksista. Sahalle toimitettavasta puumäärästä 96,4 % toimitetaan autokuljetuksena, 3,4 % junakuljetuksena ja 0,2 % aluskuljetuksena vesiteitse. Keskimääräinen puutavaran kaukokuljetusmatka tehtaalle on 110 km ja kuljetustavoittain eriteltynä keskimääräiset kuljetusmatkat ovat

- autokuljetus 103 km
- junakuljetus 300 km
- aluskuljetus 117 km.

Toimitetusta puutavarasta 63,7 % on PEFC-sertifioitua ja 10 % FSC-sertifioitua. (Stora Enso 2016, 2–6.)



Kuva 5. Ilmakuva Kiteen sahasta. Stora Enso Oyj 2016.

## 5.3 Mitta-, ja laatuvaatimukset

Kiteen kuusitukin pituuksissa käytetään kuutta eri pituusmittaa. Tukkien halutuimmat pituudet ovat 410 ja 550 cm ja apupituuksina käytetään 430, 460, 490 ja 520

cm:n pituuksia. Katkontatarkkuus asetetuissa pituuksissa on asetettu -2 ja +4 cm:n katkontaikkunaan, mutta tukin minimipituus on kuitenkin 402 cm ja maksimipituus 563 cm. Minimilatväläpimittana on kuusitukilla yleisesti käytetty 16 cm ja maksimityviläpimitta on 60 cm.

Oksaisuuden suhteen oksien maksimiläpimitoille on annettu maksimiarvot, jotka ovat:

- Terveoksa 60 mm
- Kuivaoksa 40 mm
- Laho-oksa 30 mm
- Poikaoksa 40 mm (poikaoksia enintään 1 kpl/tukki ja sen on oltava lahoton)

Sallittu lenkous tukissa on 1 cm metrin matkalla ja maksimilenkous on 5 cm/tukki. Mutkia ja monivääryyttä ei tukissa sallita. Tukissa ei sallita ollenkaan lahoa, siniviikaa tai toukanreikiä, rengashalkeamaa, halkeillutta vesisiloa, lylyä, nokea, hiiltä, rautaa, muovia, hiekkaisuutta, savisuutta, torjunta-aineita tai muita kemikaaleja, jotka voivat siirtyä sahatavaraan, hakkeeseen tai lopputuotteeseen, radioaktiivista säteilyä eikä vieraita esineitä. Tukissa ei saa myöskään olla kahta erilaatuista maksimivikaa eikä maksimilenkoutta ja keskikoroa.

Tukille on myös asetettu kaatotuoreuskriteerit, joka on riippuvainen vuodenajasta. Touko-elokuussa kaadettu tukki täytyy toimittaa tehtaalle kahden viikon kuluessa kaadosta, syys-lokakuussa kaadettu tukki täytyy toimittaa 4 viikon kuluessa kaadosta ja marras-huhtikuussa kaadettu tukki täytyy toimittaa tehtaalle 15.5 mennessä. (Stora Enso 2012)



Kuva 6. Kiteen tukit ohjataan lajittelupöydän jälkeen veteen omissa nipuissaan odottamaan kuorimoon ohjausta. Kuva: Juho Räsänen 2016.

#### 5.4 Lopputuotteet

Saha valmistaa runsaasti erimittaisia lopputuotteita asiakkaiden tilauksien mukaan.

Yleisimpiä sahattavia dimensioita ovat:

- 16x100
- 19x100
- 22x100/125/150/200/225
- 25x100/125/150/175
- 32x100/125/150/175/200/225
- 30x200
- 34x100/125
- 38x100/150

- 44x100/125/150/200
- 50x100/125/145/150/175/200/225/250
- 63x150/200/225
- 75x150/200/225/250/275
- 100x150/200/225

Japanin vientiin jalostettavat dimensiot ovat:

- 24x110x2985/3650/39845
- 28x127x2985/3650/3985
- 42x150/175/200/225
- 47x150/175/200/220/225
- 63x200x5400
- 75x200x5400



Kuva 7. Valmis puutavara niputetaan ja kääritään suojamuoviin. Kuva: Juho Räsänen 2016.

## 5.5 Sahakuutio Oy

Leimikoilla, joilla hakataan Kiteelle menevää kuusitukkaa, on nyt noin vuoden verran hakattu Kerimäen Sahakuutio Oy:n sahalle menevää kuusitukkaa, Kiteen tukin rinnalla. Sahakuutiolle menevä puutavaralaji 309 on pienempää kuin Kiteelle menevä puutavaralaji 310. Tällä järjestelyllä on pyritty siihen, että Kiteen tukin järeys kasvaisi ja näin ollen sahauksen kate paranisi.

Sahakuutio Oy:n saha on perustettu vuonna 1994 ja se sijaitsee Itä-Suomessa rajan läheisyydessä. Saha on keskittynyt pienläpimittaisen kuusi- ja mäntysahatavaran sahaukseen ja kuivaukseen. Sahauksen lopputuotteet soveltuvat parhaiten huonekalu-, liimalevy-, ja liimapalkkiteollisuuden raaka-aineeksi. Sahakuutio Oy:n tuotannosta noin 65 % menee vientiin ja noin 35 % tuotannosta toimitetaan kotimaahan vientiin jalostavalle teollisuudelle. Saha myy tuotteitaan 32 eri maahan, joista suurimmat markkina-alueet sijaitsevat EU-maiden lisäksi Aasiassa, Israelissa ja Pohjois-Afrikassa. Uusimpana alueena ovat myös Persianlahden maat. (Sahakuutio Oy 6.1.2017.)

Sahakuutio Oy:n raaka-aineen käyttö on vuodessa 140 000-150 000m<sup>3</sup>. Raaka-aine hankitaan Etelä-Savosta noin 75 kilometrin säteeltä tuotantolaitoksesta. Raaka-aine tulee 100% suomalaisista sertifioiduista metsistä. (Sahakuutio Oy 6.1.2017)

Sahakuutio Oy tuottaa vuosittain noin 65 000m<sup>3</sup> sahatavaraa, josta männyn osuus on 45% ja kuusen 55%. Saha ostaa tukkipuut asiakkaiden tilausten pohjalta ja ne lajitellaan 46 lokeroon latvaläpimitan ja pituuden perusteella. Sahattavat dimensiot ovat paksuudeltaan 15mm-63mm ja leveydeltään 63mm-175mm. Männyn sahatavaran pituudet ovat 3.0m, 3.6m ja 4.2m ja kuusisahatavaran pituudet ovat 3.0m, 3.3m, 3.6m ja 4.2m. Sahakuutio Oy:n kuivauskapasiteetti on vuosittain 50 000m<sup>3</sup>, mikä toteutetaan kahdella läpiajettavalla kamarikuivaamolla ja kolmella kamarikui-

vaamalla. Sahatavara kuivataan joko laivauskuivaksi, erikoiskuivaksi tai asiakkaan toivomaan loppukosteuteen. (Sahakuutio Oy 6.1.2017.)

## **6 Katkongan ohjauksesta toteutettu tutkimus**

Samankaltaisesta aiheesta on tehnyt pro gradu -tutkielman Joonas Mutanen. Työn aiheenaan Katkongan ohjaus ja tyyppileimikointi kuusitukkileimikoissa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, tuottaako tyyppileimikointi hyötyjä kuusisahatukin katkongan ohjauksessa. Työn mielenkiinnon kohteena oli Stora Enson Varkauden kuusitukin katkonta, ja tutkimusaineisto on kerätty Stora Enson Varkauden hankinta-alueelta. Aineistoksi työhön oli kerätty yhdentoista hakkuukoneen tallentamat stm-tiedostot aikaväliltä 1.7.2013 - 30.6.2014. Stm-tiedosto sisältää hakattujen runkojen runkoprofiilit eli rungon mitatun pituuden ja sen läpimitat. (John Deere 2016).

Aineistoon kertyi tutkimuksessa yhteensä 216 leimikkoa runkotietoineen, joilta kaikilta oli hakattu vähintään 30 m<sup>3</sup> kuusitukkia. Stm-tiedostojen sisältämät runkokohdattaiset katkontatiedot purettiin Microsoft Excel 2013 -taulukkolaskentaohjelman ymmärtämään muotoon. Ohjelmaan purettu pölkytysaineisto sisälsi leimikkokohtaisesti leimikoiden tunnistetiedot, puunkorjuun alkamispäivän, hakkuukoneen työpistetunnuksen sekä tiedot katkotusta puustosta ja runkojen katkonnasta. Leimikot olivat tunnistettavissa pölkytysaineistossa eränumeronsa perusteella, joiden mukaan leimikoita käsitellään myös Stora Enson omissa järjestelmissä puiden ostoa, korjuuta ja kuljetusta organisoidessa.

Aineistossa oli yhteensä 317 879 rungon katkontatiedot. Tutkimuksen kiinnostuksen kohteena oli nimenomaan kuusitukin katkonta, ja aineiston sisältämistä rungoista 192 329 runkoa oli kuusirunkoja. Aineiston tilastolliseen testaamiseen käytettiin SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 21.0 -tilasto-ohjelmaa. Runkopankkien kuusirunkojen rinnankorkeusläpimittojen normaalijakautuneisuus testattiin tutkimuksessa Kolmogorov-Smirnov -testillä, jonka perusteella normaalija-

kautuneisuus hylättiin. Aineiston ryhmiä eli runkopankkien analysoinnissa tutkimuksessa käytettiin Kruskal-Wallis ja Mann-Whitney U-testejä, kun tutkimuksessa oli ilmennyt, että ryhmien jakaumat eivät ole normaalijakautuneita.

Tutkimuksessa luotiin hakkuusimulointeihin neljä erilaista katkonta-asetelmaa, joiden tuloksia vertailtiin simuloinnin jälkeen. Aineiston 216 leimikosta muodostettiin yhteensä 13 katkonta-asetelman mukaista runkopankkia ja runkopankkeja varten oli luotu 10 erilaista katkonnan ohjaustiedostoa. Runkopankkien katkontasimulaatiot toteutettiin tutkimuksessa Ponsse Opti Simu 4.715 -apteeraussimulaattoria käyttäen. Tutkimukseen oli otettu mukaan myös hakkuissa todellisesti käytetyt katkonnan ohjaustiedostot, joiden perusteella suoritettiin vertailua varten referenssikatkonta.

Tyypileimikointia tutkimuksessa testattiin kahdella erilaisella katkonta-asetelmalla. Toiseen asetelmaan aineistossa olevat leimikot jaettiin tyypileimikointiluokkien mukaisiin runkopankkeihin, sillä perusteella mitä ostomiehet olivat arvioineet leimikoiden keskijäreyden olevan ja toiseen asetelmaan leimikot jaettiin runkopankkeihin perustuen leimikoiden todellisten katkontatietojen perusteella kuusitukkien laskeutuun keskijäreyteen. Yhtenä katkonta-asetelmana käytettiin myös jalostusarvokatkontaa, jossa oli tarkoituksena testata kuusisahatukin jalostusarvoon pohjautuvaa katkonnanohjauksen onnistumista.

Tutkimuksen tulosten tarkastelussa ja johtopäätöksissä todettiin, että ostomiesten arviot kuusitukkileimikoiden järeydestä olivat pääosin ylisuuria, joten arvioitujen keskijäreyksien mukaan leimikoita joutuu väärin tyypileimikkoluokkiin. Tyypileimikoinnissa leimikot oli jaettu ostomiesten arvioiden perusteella kolmeen ryhmään, pienirunkoisiin, keskimääräisiin ja järeärunkoisiin. Tyypileimikoinnit olivat tuottaneet hieman referenssikatkontaa paremmat kuutiometrimääräiset kuusitukkikertymät, vaikka kappalemääräisesti referenssikatkonta tuotti hieman enemmän kuusitukkikertymää. Jalostusarvoon perustuva katkonnanohjaus oli tuottanut tutkimuksen huonoimmat kuusitukkikertymät kuutiometri- ja kappalemääräisesti. Jalostusarvokatkonta tuotti kuitenkin parhaan kuusitukkikertymän keskijäreyden tutkimuk-



sessä.

Tutkimuksesta käy ilmi, että katkonnan ohjauksella voidaan saavuttaa erilaisia ja eri tahoja miellyttäviä tuloksia. Jalostusarvokatkontaan perustuva katkonnanohjaus tuottaisi siis tehtaalle jalostusarvollisesti parasta raaka-ainetta, mutta metsänomistajalle se tuottaisi vähiten kuusitukkikertymää kuutiometrimääräisesti, joka tarkoittaisi käytännössä pienempää tuottoa puukaupasta metsänomistajalle. Tyyppileimikointiperusteita ja katkonnan ohjausta tulee vielä tutkia ja testata tulevaisuudessa, jotta voidaan löytää parhaita mahdollisia tapoja puunkatkontaan, joka tuottaa suurimman hyödyn puuraaka-aineesta.

## **7 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet**

Opinnäytetyö tuli toimeksiantona Stora Enso Oyj:ltä. Yhtiö halusi tietää, kuinka puutavaralajin 309 katkonta samoilta leimikoilta puutavaralajin 310 kanssa vaikuttaa puutavaralajin 310 mittoihin. Halutut tiedot olivat:

- Tilavuuden muutos
- Raakkiprosentin muutos
- Jakauma-asteen muutos
- Ominaisuuksien muutos eri tukkirunkojen järeysluokissa

Tilavuuden muutoksessa Stora Enso Oyj halusi tietää puutavaralaji 310 keskitilavuuden, raakkiprosentin ja jakauma-asteen muutoksen eri kuusitukkirunkojäreysluokissa, kun hakkuussa on mukana katkonnassa puutavaralaji 309. Puutavaralaji 309, eli Sahakuutio Oy:n sahalle toimitettava kuusitukki on pienempää kuin Puutavaralaji 310, eli tukki joka toimitetaan Stora Enso Oyj:n Kiteen sahalle. Sahakuution kuusitukin minimilatväläpimitta on sama kuin Kiteen kuusitukissa, eli 16cm. Maksimilatväläpimitaksi on Sahakuutiolle toimitettavassa tukissa asetettu 25cm, kun taas Kiteelle toimitettavalla tukilla ei ole maksimilatväläpimittaa. Maksimityviläpimitta Sahakuution tukissa on 33cm ja Kiteen tukilla 60cm. Sahakuution tukkia katkotaan

vain kahteen pituusmittaan, jotka ovat 34 ja 43 dm. Kiteen kuusitukilla on jo aikaisemmin mainitut kuusi pituusmittaa käytössä pituuksien 41 ja 55 dm:n välillä.

Mittavaatimuksista on nähtävillä, että Sahakuutiolle katkottava kuusitukki on järeydeltään pääsääntöisesti pienempää, koska mittavaatimukset rajoittavat sen katkontaa.

Tutkimukseen mukaan otetuilla leimikoilla, joilla Sahakuution tukki ei ole katkonassa mukana, katkotaan kuusirunkojen kuusitukin laadut täyttävä osa Kiteen sahan kuusitukin mittojen mukaan. Leimikoilla, joilla Sahakuution kuusitukki on mukana katkonassa, hakkuukone katkoo kuusitukin mitta-, ja laatuvaatimukset täyttävän osan puutavaralajiksi 310 ja 309, riippuen kuusirungon mitoista ja käytettävästä apt-tiedostosta, johon on laitettu jokaiselle puutavaralajille tiettyihin mitta-, ja läpimittayhdistelmiin omat arvonsa, jonka perusteella hakkuukone ehdottaa katkontaa.

## **8 Tutkimuksen toteutus ja aineiston valinta**

Tutkimukseen valittava aineisto päätettiin opinnäytetyön aloituskokouksessa työn toimeksiantajan kanssa. Aineistona päätettiin käyttää hakkuukoneiden lähettämiä tuotantotiedostoja eli prd-tiedostoja. Tuotantotiedostoista valittiin vain työn kannalta oleelliset tiedot, jotka ovat:

- Kauppanumero
- Kaupan vuosi
- Eränumero
- Työpiste
- Hakkuutapa
- Tekoalue
- Kuusitukkirunkokuutiometrit
- Kuusitukkirungon keskitilavuus
- Kuusitukkirungon tukkiprosentti

- Kuusitukkirunkoja kpl
- Puutavaralajin 310 määrä m<sup>3</sup>
- Puutavaralajin 309 määrä m<sup>3</sup>
- Puutavaralajin 310 keskitilavuus
- Puutavaralajin 309 keskitilavuus
- Puutavaralajin 310 keskipituus
- Puutavaralajin 309 keskipituus
- Puutavaralajin 310 kpl
- Puutavaralajin 309 kpl
- Erän raakkiprosentti
- Erän jakauma-aste

Edellä mainitut tiedot päätettiin ottaa kuudelta eri työpisteeltä siten, että kolme työpistettä on yhdeltä yrittäjältä ja kolme toiselta. Tuotantotiedostot päätettiin valita aikaväliltä 01.08.2015 - 31.07.2016. Työpisteiden valinta täytyi kohdistaa sellaisiin työpisteisiin, jotka olisivat kyseisellä aikavälillä hakanneet mahdollisimman paljon tavaralajeja Kitee ja Sahakuutio. Nämä tiedot löytyivät Stora Enson tietojärjestelmästä. Kun olin valinnut kuusi sopivaa työpistettä, niin aloin koota aineistoa Excel-tilukoon. Excel-tilukointi sopi hyvin aineiston jatkokäsittelyyn, joka suoritettiin Spss (Statistical Package for Social Sciences) 21.0 -ohjelmistolla.

Käytännössä tämä tapahtui niin, että asetin Stora Enson tietojärjestelmään sovitun aikavälin ja työpisteen numeron, jonka jälkeen järjestelmä näytti kaikki kyseisen työpisteen sillä aikavälillä lähettämät tuotantotiedostot. Tämän jälkeen avasin yhden tuotantotiedoston kerrallaan ja katsoin, onko siinä hakattu ainakin tavaralajia 310. Jos kyseistä puutavaralajia oli hakattu, niin tulostin tiedoston ja siirsin aikaisemmin valitut tiedot Excel-tilukoon. Yhtenä kriteerinä oli myös kuusitukkirunkokuutiometrien vähimmäismäärä, jonka piti olla vähintään 10 m<sup>3</sup>/tuotantotiedosto.

Tuotantotiedostoja aineistoon kertyi yhteensä 542 kpl, kuudelta eri työpisteeltä. Tuotantotiedostot sisälsivät yhteensä 63595,227m<sup>3</sup> puutavaralaji 310:ä ja 9544,795m<sup>3</sup> puutavaralaji 309:ää. Aineisto kerättiin tekoaluetasolta lähtien. Teko-

aluetaso tarkoittaa, että kun leimikko menee hakkuuseen niin samalla leimikolla voi olla useampi tekoalue. Leimikolla on yksi ja sama eränumero, mutta eränumeron alla voi olla useampi tekoalue. Tekoalue muuttuu hakkuutavan, hakkuuajankohdan tai kuvion sijainnin muuttuessa. Esimerkiksi tekoalue 1 voi olla avohakkuukuvio, tekoalue 2 ensiharvennus ja tekoalue 3 erikoishakkuu.

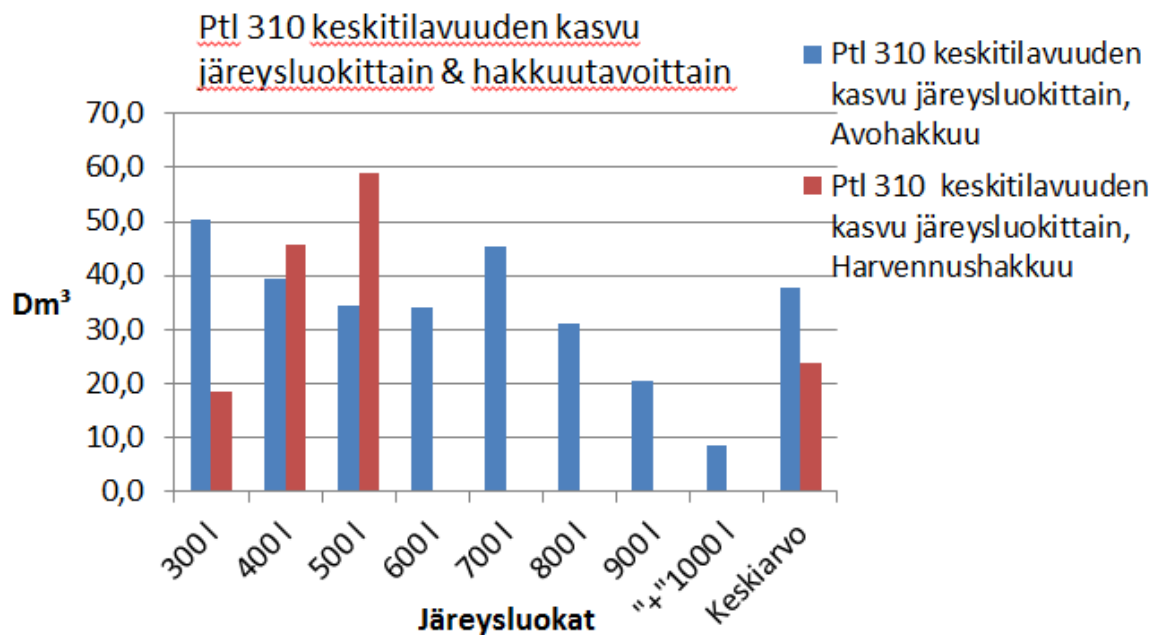
Tekoalueita saattoi kertyä yhdelle eränumerolle useitakin, mutta selvyiden vuoksi tekoalueet luokiteltiin kahteen luokkaan: Avohakkuihin ja harvennuksiin. Ensiharvennukset laitettiin luokkaan harvennus ja kaikki muut hakkuutavat avohakkuuluokkaan. Tämä ensiharvennuksien yhdistäminen harvennuksiin ja muiden hakkuutapojen yhdistäminen tehtiin, jotta saatiin selkeästi eroteltua harvennuksilta kertyneet tukit ja avohakkuilta kertyneet tukit.

Spss- ohjelmistolla jaettiin taulukoidut tuotantotiedostot kahteen ryhmään, toinen ryhmä sisälsi kaikki avohakkuut, joissa ei ole ollut mukana puutavaralaji 309:ää ja toinen ryhmä sisälsi kaikki avohakkuut, joissa on hakkuussa ollut mukana puutavaralaji 309 puutavaralajin 310 lisäksi. Ryhmien tekoalueet jaoteltiin myös järeysluokkiin, alkaen luokasta 300 Litraa, joka sisälsi kaikki tekoalueet, joissa kuusitukkirungon keskitilavuus oli alle 399 litraa. Tämän jälkeen luokat jaoteltiin sadan litran välein luokkaan 900 litraa asti, jonka jälkeen luokka 1000 litraa sisälsi kaikki tekoalueet, joissa kuusitukkirungon keskitilavuus oli ylittänyt 1000 litraa. Spss:llä suoritettiin myös korrelaatioanalyysi.

## 9 Tulokset

### 9.1 Ptl 310:n keskitilavuuden muutokset järeysluokittain ja hakkuutavoittain

Spss-luokittelulla saatuja tuloksia käytettiin vertailuun, jossa verrattiin kuusitukkirunkojäreysluokakohtaisesti puutavaralaji 310:n keskitilavuuden muutosta niiltä tekoalueilta, joilta puutavaralaji 309 on myös tehty, verrattuna tekoalueisiin, joilta puutavaralaji 309:ää ei ollut tehty. Kuvio 2 esittää pylväskaaviossa puutavaralajin 310 keskitilavuuden kasvun järeysluokittain. Kaikissa järeysluokissa saatiin kasvatettua ptl 310 järeyttä ottamalla ptl 309 mukaan hakkuuseen.

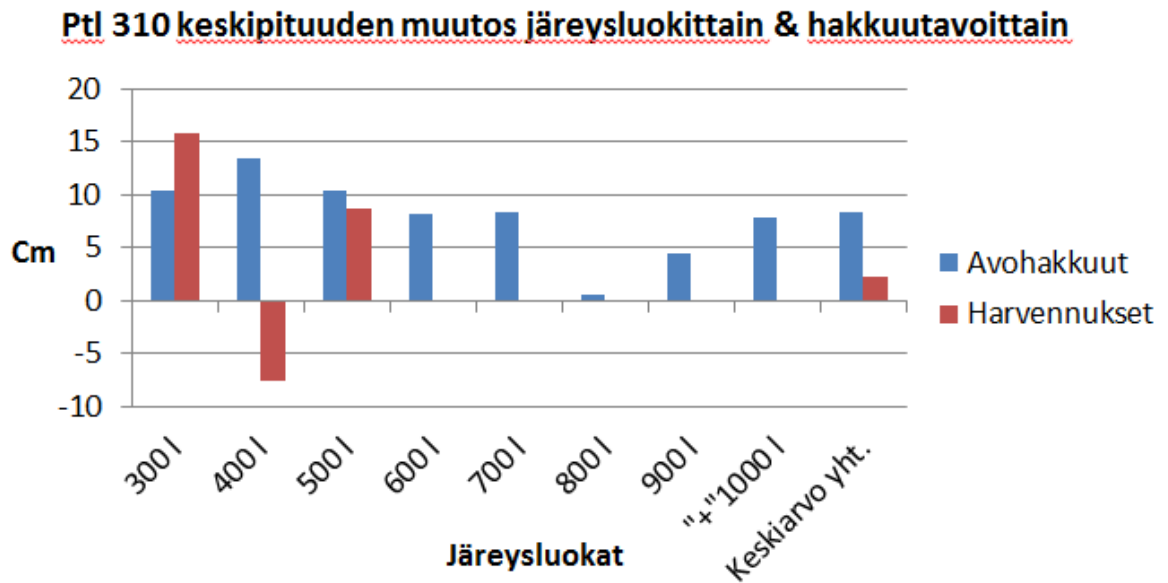


Kuvio 2. Ptl 310:n keskitilavuuden kasvu kuusitukkirunkojäreysluokittain.

### 9.2 Ptl 310:n keskipituuden muutokset

Saman jaottelun perusteella kuin keskitilavuuden kasvua verrattiin, niin verrattiin myös ptl 310:n keskipituuden muutosta. Kuvio 3 esittää keskipituuden muutokset järeysluokittain ja hakkuutavoittain. Vain yhdessä järeysluokassa ja hakkuutavassa (400 l, harvennus) ptl 310:n keskipituus on pienentynyt, kaikissa muissa luokissa

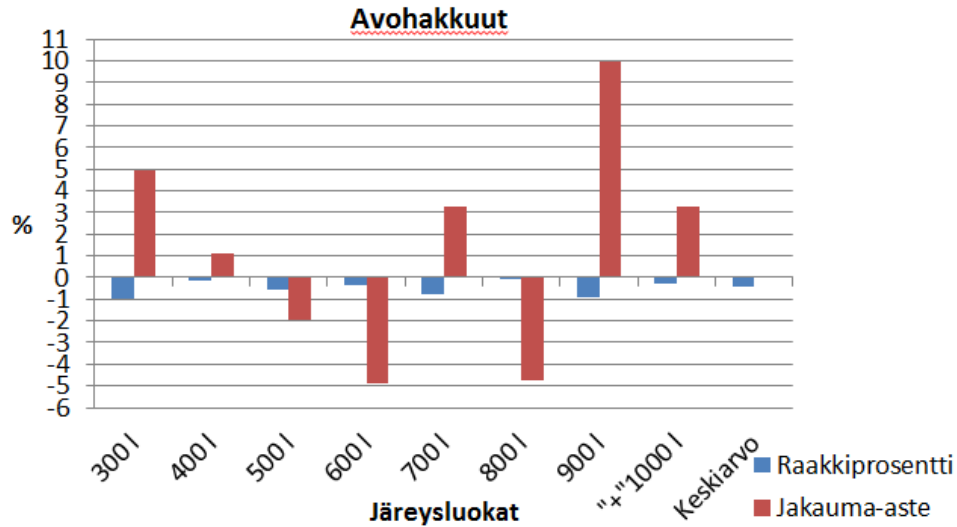
keskipituus on kasvanut.



Kuvio 3. Ptl 310:n keskipituuden muutos kuusitukkirunkojäreysluokittain & hakkuutavoittain.

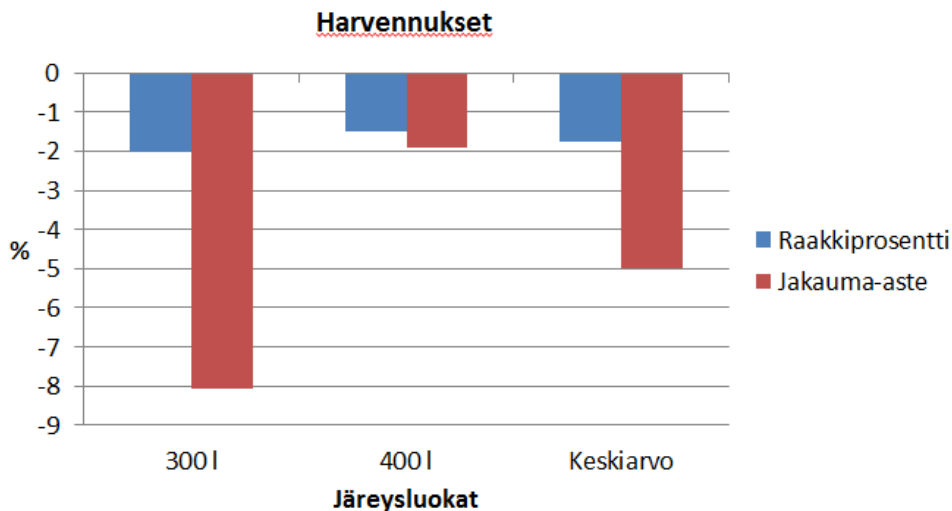
### 9.3 Ptl 310:n raakkiprosentin ja jakauma-asteen muutokset

Raakkiprosentin ja jakauma-asteen muutoksia vertailtiin myös samalla tavalla ja tuloksena huomattiin, että puutavaralajin 310 raakkiprosentti pienenee keskimäärin 0,44 prosenttiyksikköä avohakkuilla, jos ptl 309 on mukana hakkuussa. Jakauma-asteen muutos oli 0,01 prosenttiyksikköä.



Kuvio 4. Ptl 310:n raakkiprosentin ja jakauma-asteen muutokset avohakkuilla prosenttiyksiköissä.

Harvennuksilta saatiin kyseiset tiedot vain kahteen järeysluokkaan, mutta niissäkin oli huomattavissa, että ptl 310:n raakkiprosentti pienenee keskimäärin 0,78 prosenttiyksikköä, kun ptl 309 on hakkuussa mukana. Jakauma-asteenkin huomattiin pienenevän keskimäärin 4,99 prosenttiyksikköä, kun ptl 309 on mukana hakkuussa.



Kuvio 5. Ptl 310 raakkiprosentin ja jakauma-asteen muutokset harvennushakkuilla prosenttiyksiköissä.

## 9.4 Korrelaation tutkiminen

Tutkimuksen aineisto käsiteltiin korrelaatioanalyysillä, joka on tilastollinen testaus. Tilastollisessa testauksessa testataan, voidaanko otoksesta saadut riippuvuudet, muutokset tai ryhmien väliset erot yleistää koskemaan koko perusjoukkoa, vai johtuvatko mahdolliset riippuvuudet tai erot mahdollisesti sattumasta. Tilasto-ohjelmat suorittavat testauksen automaattisesti testin valinnan jälkeen. (Heikkilä 2014, 3.)

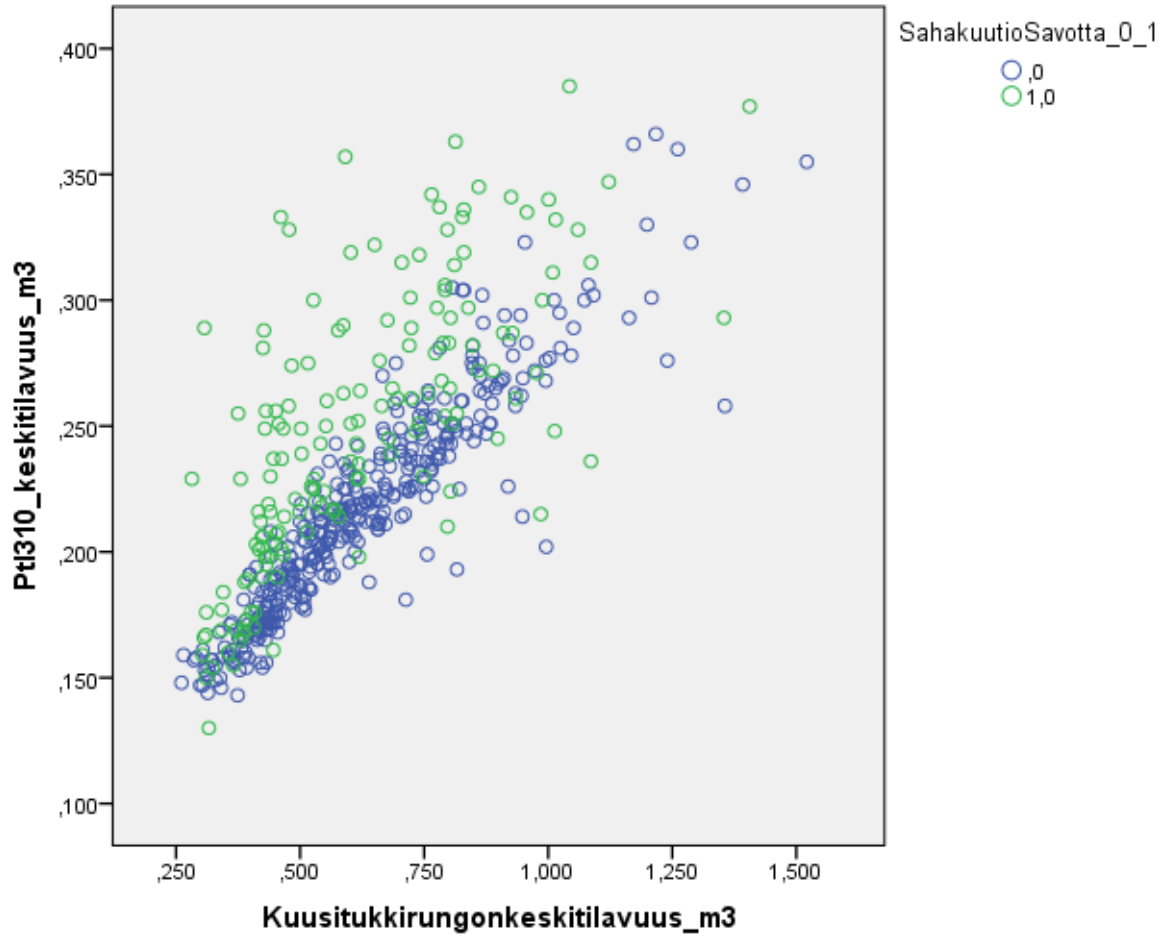
Korrelaatioiden merkitsevyytaso ilmoittaa, miten suuri riski on, että saatu ero tai riippuvuus johtuu sattumasta. Merkitsevyytastosta käytetään raportoinnissa lyhennettä p, ohjelmatulosteissa lyhenne on usein Sig. Testatun eron tai riippuvuuden sanotaan olevan

- tilastollisesti erittäin merkitsevä, jos p arvo on  $<0,001$
- tilastollisesti merkitsevä, jos  $0,001 < p < 0,01$
- tilastollisesti melkein merkitsevä, jos  $0,01 < p < 0,05$ .

Korrelaatiokertoimissa kertoimet on asetettu  $-1:n$  ja  $1:n$  välille. Lukujen etumerkki osoittaa muuttujien välisen riippuvuuden suunnan eli sen, pieneneekö vai suureneeko toisen muuttujan arvo toisen kasvaessa. Kertoimen arvo 0 ilmoittaa, ettei lineaarista riippuvuutta ole. (Heikkilä 2014, 7–10.)

Kuviosta 6 nähdään, kuinka puutavaralajin 310 keskitilavuus korreloi kuusitukkirungonkeskijäreyden kanssa leimikoilla, joissa on hakattu pelkästään puutavaralaji 310:nen ja leimikoilla joissa on hakattu puutavaralaji 310:nen sekä puutavaralaji 309. Kuviossa SahakuutioSavotta 0 tarkoittaa leimikkoa jolta ei ole hakattu puutavaralajia 309 ja SahakuutioSavotta 1,0 tarkoittaa leimikkoa, jolta on hakattu molempia puutavaralajeja. Kuviosta on nähtävillä, että SahakuutioSavotta 1,0 leimikoilla puutavaralajin 310:nen keskitilavuus korreloi voimakkaammin kuusitukkirungonkeskitilavuuden kanssa kuin SahakuutioSavotta 0:ssa.





Kuvio 6. Ptl 310 keskitilavuuden riippuvuus kuusitukkirungonkeskitilavuudesta.

Kuviosta 7 nähdään, että avohakkuukohteille suoritetun Mann-Whitney U-testin tuloksena hylätään hypoteesi, jonka mukaan puutavaralajin 310 keskitilavuus olisi sama hakkuissa, joissa ollaan katkottu puutavaralaji 309 ja 310 ja hakkuissa joissa on katkottu vain puutavaralaji 310. Testin tuloksesta myös nähdään, että hylätään hypoteesi, jonka mukaan puutavaralajin 310 keskipituus säilyisi samana hakkuissa joissa katkotaan vain puutavaralaji 310 ja hakkuissa, joissa katkotaan puutavaralajia 309 ja puutavaralajia 310.

### Hypothesis Test Summary

|    | Null Hypothesis  | Test                                    | Sig. | Decision                    |
|----|--|---|------|-----------------------------|
| 1  | The distribution of Kuusitukkirungonkeskitilavuus_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.   | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,262 | Retain the null hypothesis. |
| 2  | The distribution of Kuusitukkirungontukkiprosentti_Pro is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1. | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,189 | Retain the null hypothesis. |
| 3  | The distribution of Kuusitukkirunkoja_kpl is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.              | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null hypothesis. |
| 4  | The distribution of Pti309_määrä_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.                    | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null hypothesis. |
| 5  | The distribution of Pti310_määrä_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.                    | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,223 | Retain the null hypothesis. |
| 6  | The distribution of Pti309_keskitilavuus_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.            | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | .    | Unable to compute.          |
| 7  | The distribution of Pti310_keskitilavuus_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.            | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null hypothesis. |
| 8  | The distribution of Pti309_keskipituus_dm is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.              | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | .    | Unable to compute.          |
| 9  | The distribution of Pti310_keskipituus_dm is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.              | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null hypothesis. |
| 10 | The distribution of Pti309_kpl is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.                         | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | .    | Unable to compute.          |

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Kuvio 7. Hypoteesit avohakkuukohteilta.

Harvennuksille tehdyn testauksen mukaan nähdään myös, että voidaan hylätä hypoteesi, jonka mukaan puutavaralajin 310 keskitilavuus säilyisi samana, kun hakkuussa on mukana vain puutavaralaji 310 ja kun hakkuussa katkotaan puutavaralaji 309 ja puutavaralaji 310. Testin tuloksena nähdään myös, että havennuksien osalta voidaan säilyttää hypoteesi, jonka mukaan puutavaralajin 310 keskipituus säilyy ennallaan riippumatta siitä, onko hakkuussa mukana puutavaralaji 309 vai ei.

**Hypothesis Test Summary**

|    | Null Hypothesis   | Test                                    | Sig. | Decision                    |
|----|---|---|------|-----------------------------|
| 1  | The distribution of Kuusitukirungonkeskitilavuus_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.   | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,006 | Reject the null hypothesis. |
| 2  | The distribution of Kuusitukirungontukkiprosentti_Pro is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1. | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,478 | Retain the null hypothesis. |
| 3  | The distribution of Kuusitukirunkoja_kpl is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.              | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,007 | Reject the null hypothesis. |
| 4  | The distribution of Pti309_määrä_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.                   | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,000 | Reject the null hypothesis. |
| 5  | The distribution of Pti310_määrä_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.                   | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,016 | Reject the null hypothesis. |
| 6  | The distribution of Pti309_keskitilavuus_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.           | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | .    | Unable to compute.          |
| 7  | The distribution of Pti310_keskitilavuus_m3 is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.           | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,003 | Reject the null hypothesis. |
| 8  | The distribution of Pti309_keskipituus_dm is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.             | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | .    | Unable to compute.          |
| 9  | The distribution of Pti310_keskipituus_dm is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.             | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | ,613 | Retain the null hypothesis. |
| 10 | The distribution of Pti309_kpl is the same across categories of SahakuutioSavotta_0_1.                        | Independent-Samples Mann-Whitney U Test | .    | Unable to compute.          |

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Kuvio 8. Hypoteesit harvennuskohteilta.

## 10 Yhteenveto ja pohdinta

Sahalle tietyt tukkien pituus ja läpimittayhdistelmät ovat arvokkaampia kuin toiset. Kiteen sahan kuusitukin keskijäreys vaikuttaa merkittävästi sen jalostusarvoon, mitä järeämpää tukkia, niin sen arvokkaampaa se on sahalle. Vannesahalinjan sahausnopeutta ei voida merkittävästi nostaa vaan parempi sahauskate täytyy saada järeämmästä tukista.

Työn tuloksista on nähtävillä, että puutavaralajin 310 keskijäreys kasvaa, kun samoilla leimikoilla hakataan erilleen puutavaralaji 309. Myös puutavaralajin 310 keskipituus pääsääntöisesti kasvaa. Tukin raakkiprosentti laskee myös hieman samalla katkontajärjestelyllä. Jakauma-asteessa ei juurikaan tapahdu muutosta.

Joonas Mutasen tekemässä tutkimuksessa, jonka aiheena oli katkontan ohjaus ja tyyppileimikointi kuusitukkileimikoissa on todettu, että ostomiesten tekemät arviot leimikon järeystä ovat pääosin ylisuuria. Tämän opinnäytetyön tuloksista nähdään, että Kiteen kuusitukin keskijäreys kasvaa kaikissa kuusitukkikirunkojäreysluokissa, kun hakkuussa on mukana Sahakuution sahalle menevä kuusitukki. Kyseisen tuloksen perusteella puutavaralaji 309 kannattaa siis lisätä hakkuisiin mukaan, jos halutaan kasvattaa puutavaralajin 310 keskitilavuutta.

Jatkotutkimuksissa olisi tarpeen selvittää, kuinka tämä hakkuujärjestely vaikuttaa tukkitasolla puutavaralaji 310:n katkontajakaumaan läpimitta-, ja pituusyhdistelmissä kuusitukkikirunkojäreysluokittain. Jos lisätutkimuksessa löydetään jokin tietty leimikon järeysluokka, johon kannattaisi erityisesti lisätä puutavaralaji 309 mukaan katkontaan, niin silloin ostomiesten tekemät arviot leimikoiden järeysten suhteen tulisi olla mahdollisimman tarkkoja, jotta puutavaralaji 309 saadaan lisättyä oikeaan

leimikkoon. Ostomiesten tekemät arviot ovat toisaalta parantuneet ajan kuluessa ja nykyisin arviot ovat hyvinkin tarkkoja.

Työhön voisi myös jatkossa ottaa mukaan vain sellaiset erät, joista on saatavilla jalostusarvotietoja. Tällöin päästäisiin vertailemaan tällaisen hakkuujärjestelyn vaikutusta Kiteen tukin jalostusarvoon. Tähän opinnäytetyöhön pyrittiin saamaan jalostusarvotiedot aineiston erille mukaan, mutta niitä ei ollut saatavilla kyseisille erille, joten jalostusarvotieto jouduttiin hylkäämään tästä tutkimuksesta ulos. Jalostusarvotietojen lisääminen tutkimukseen olisi tuonut lisäarvoa työlle ja ne olisikin hyvä saada mukaan jatkotutkimuksissa.

Jatkotutkimuksissa voisi tulevaisuudessa myös ottaa tarkasteluun eri työpisteiden eli hakkuukoneiden ja niiden kuljettajien vaikutuksen tukin katkontaan. Olisi mielenkiintoista nähdä kuinka paljon tukin katkontan jakauma-aste ja raakkiprosentti vaihtelevat kuljettaja ja yrittäjäkohtaisesti. Tällaiset työpistekohtaiset tiedot ovat yleensä selvillä puunhankintayhtiössä, mutta nämä tiedot voitaisiin jatkotutkimuksessa katsoa vain Kiteen tukin osalta lisäarvona jatkotutkimukselle.

Opinnäytetyössä meni runsaasti aikaa aineiston kokoamiseen. Aineiston jokainen prd-tiedosto piti valita yksi kerrallaan annettujen kriteerien mukaan ja seuloa pois tarpeettomat tiedostot ja tämän jälkeen siirtää käsin halutut tiedot excel-tilukoon. Jotta työn tulokset ovat luotettavia, niin aineiston kokoaminen täytyi suorittaa mahdollisimman huolellisesti ja tarkastaa aineisto näppäilyvirheiden varalta. Aineiston tarkasti myös toinen henkilö virheiden osalta. Jatkotutkimuksissa koottaessa vastaavanlaista ainestoa olisi luotettavampaa, jos tietojärjestelmästä voitaisiin suoraan koota haluttu aineisto tietokoneen avulla. Tällöin riski virhenäppäilyyn ja inhimillisiin virheisiin laskisi.

Aineistoa tutkimukseen kertyi hyvin ja riittävästi. Työssä tarkasteltiin leimikoilta kertyneiden ptl 310 ja ptl 309 ominaisuuksien keskiarvoja. Työ oli ensimmäinen, jossa oli tarkasteltu ptl 309:n katkontan vaikutuksia ptl 310:n ominaisuuksiin. Tuloksista näkee suuntaa antavasti, että tällä katkontajärjestelyllä on sahan kannalta posi-

tiivisia vaikutuksia puutavaralajin 310 ominaisuuksiin. Tilastollisesti erittäin merkittäväksi havaittiin puutavaralajin 310:n keskitilavuuden muutos, kun samalta leimikolta hakataan puutavaralaji 309 verraten leimikoihin, joilta oli hakattu pelkättään puutavaralaji 310:n. Tilastollisella testaamisella saatiin lisää luotettavuutta työn tuloksiin.

Opinnäytetyön aineiston kokoaminen ja tekeminen sujui kuitenkin hyvin ja tavoitteeseen päästiin. Jatkotutkimuksille tästä aiheesta on tarvetta, mutta tämä tutkimus näyttää, että puutavaralajien rinnakkaiskatkonnalla mennään Kiteen sahan kannalta positiiviseen suuntaan.

## **11 Lopuksi**

Lopuksi haluan kiittää Stora Enso Oyj:tä, joka tarjosi minulle mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön. Erityisesti haluan kiittää Stora Enso Oyj:n puolelta opinnäytetyöni ohjaajaa Kalle Kärhää, jota ilman opinnäytetyön tekeminen olisi ollut hyvin hankalaa ja Karelia-ammattikorkeakoulun puolelta opinnäytetyöni ohjaajaa Esa Etelätaloa.

## Lähteet

Heikkilä, T. 2014. Muuttujien valitse riippuvuudet - esimerkkejä. Edita publishing.

John Deere 2016. Stm-tiedosto.

<http://www.timberoffice.com/tuotetuki/sanasto/?x23964=2.0>. 20.12.2016.

Kallio-Mannila, P. Puuhoito/puunhankinta- Case Stora Enso.

[https://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2016/05/PMA40\\_PekkaKallio-Mannila.pdf](https://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2016/05/PMA40_PekkaKallio-Mannila.pdf). 19.12.2016

Kuuluvainen, J. & Valsta, L. 2009. Metsäekonomian perusteet. Helsinki: Gaudeamus.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2002. Hyvämäki, T. Tapion taskukirja. Helsinki: Kustannus osakeyhtiö Metsälehti, 432-433.

Mutanen, J. 2015. Katkonnan ohjaus ja tyyppileimikointi kuusitukkileimikoissa. Joensuu: Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta. Metsätieteen Pro Gradu.

Nieminen, A. 2015. Resurssitehokas puunkorjuu. Tapio. <https://tapio.fi/julkaisut-ja-raportit/tapion-raportteja-nro-5-resurssitehokas-puunkorjuu/>. 17.12.2016.

Rantala, S. 2005. Metsäkoulu. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Sahakuutio Oy. 2017. Tuotanto ja tuotteet.

<http://www.sahakuutio.fi/fi/tuotanto+ja+tuotteet/>. 7.1.2017

Sahakuutio Oy. 2017. Raaka-aineen hankinta. <http://www.sahakuutio.fi/fi/raaka-aineen+hankinta/>. 7.1.2017

Stora Enso Oyj. 2017. <http://www.storaenso.com/lang/finland/about/>

Stora Enso Oyj. 2016. Mill presentation- Kitee mill.

Stora Enso Oyj. 2012. Kiteen kuusitukin mitta-, ja laatuvaatimukset.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Helsinki: Metsälehti kustannus.