

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutusohjelma

Jari Holopainen

KITEEN TUKIN UUDEN OSTO-OHJELMAN TOIMIVUUS JA  
VAIKUTTAVUUS

Opinnäytetyö  
Maaliskuu 2018



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Maaliskuu 2018**  
**Metsätalouden koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80220 JOENSUU  
013 620 600

**Tekijä**  
Jari Holopainen

**Nimeke**  
Kiteen tukin uuden osto-ohjelman toimivuus ja vaikuttavuus

**Toimeksiantaja**  
Stora Enso Oyj

**Tiivistelmä**

Stora Enso Oyj:n Kiteen sahan lopputuotteet ovat erilaisia lujuusluokiteltuja kuusisahataroita ja niiden jatkojalosteita. Keväällä 2017 otettiin sahan hankinta-alueella päätehakkuleimikoilla käyttöön uusi kuusitukkitavaralaji vanhan rinnalle. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko uuden puutavaralajin käyttöönotto muuttanut Kiteen sahan tukkisuman ominaisuuksia haluttuun suuntaan sekä onko uusi puutavaralaji nostanut kuusisahatukin jalostusarvoa.

Tutkimuksessa käytettiin kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä muodostamalla otos kymmenestä eniten kuusitukkia sovitulla aikavälillä Kiteen sahalle hakanneesta hakkuukoneesta. Hakkuukoneilta kerättiin 436 tuotantotiedostoa, joista halutut tiedot saatiin. Tuotantotiedostoja kerättiin pelkästään päätehakkujäreiden ylittäneiltä leimikoilta. Kerätty aineisto jaoteltiin tukkirunkojen perusteella tilavuusluokkiin, joiden sisällä ominaisuuksien vertailu suoritettiin.

Tutkimuksen tuloksista selvisi, että Kiteen tukin keskitilavuuden ja pituuden muutokset olivat melko maltillisia verrattaessa uutta puutavaralajia vanhaan. Tukkiprosentti parani pääsääntöisesti vanhaan puutavaralajiin verrattuna ja jakauma-aste, raakkiprosentti- ja katkontatarkkuus pysyivät hyvällä tasolla. Leimikoiden jalostusarvo oli kohonnut uudella puutavaralajilla kaikissa tilavuusluokissa kahta suurinta lukuun ottamatta

**Kieli**  
suomi

**Sivuja**  
54

**Asiasanat**  
Puutavaralaji, puunhankinta, optimointi, katkonta.



**THESIS**  
**March 2018**  
**Degree Programme in Forestry**

Karjalankatu 3  
80220 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. 013 620 600

Author  
Jari Holopainen

Title  
Functionality and Effectiveness of New Buying Agenda of Kitee Log.  
Commissioned by  
Stora Enso Oyj

**Abstract**

The end products of Stora Enso Oyj Kitee mill are different kinds of strength classified spruce sawn timbers and products. In spring 2017, a new type of spruce log was taken along in purchase in the procurement area of Kitee mill. The aim of this thesis was to clarify if the new spruce log had the impact in the quality of Kitee mill's log stock and if it has raised the value added of spruce logs in Kitee mill.

The study was quantitative and the data that was used in the research was collected by using a sampling from ten different harvesters that had logged the most spruce logs in Kitee mill procurement area in agreed the timespan. Wanted information was collected from 436 harvester production datafiles. The production datafiles were collected only from forests to be cut that were surpassed the certain diameter of log trunks. Collected data was divided in classes that were based on volume of the log trunks, and the comparison was made inside the classes.

There were no significant differences between the old and the new spruce log when the volumes and the lengths of the logs were compared. The log percentage mainly increased when the new spruce log was used and the distribution level, reject percentage and precision in cutting stayed in a good level. The value added in stands marked for cutting had been raised in all volume classes except in the two largest ones.

Language  
Finnish

Pages  
54

**Keywords**

Sawn timber, timber, log, value added, upgraded products.

## Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Puunhankinta, hakkuutavat ja puutavaralajit.....	6
2.1	Puunhankinta.....	6
2.2	Hakkuutavat.....	6
2.3	Puutavaralajit.....	8
2.3.1	Sahatukki.....	8
2.3.2	Puutavaralajien valinta leimikolle .....	9
2.3.3	Puutavaralajit 310 ja 316 .....	10
3	Puukauppa.....	12
3.1	Kauppatavat.....	12
3.2	Puukaupan käytännöt ja sisältö .....	13
3.3	Hakkuiden määrä.....	14
4	Katkongan optimointi .....	14
4.1	Lineaarinen optimointi.....	15
4.2	Dynaaminen optimointi .....	16
4.3	Apteeraus .....	16
4.4	Apteerausmenetelmät.....	17
5	Stora Enso Metsä .....	18
6	Kiteen saha.....	20
6.1	Laatuvaatimukset.....	21
7	Opinnäytetyön tavoite .....	22
8	Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat.....	23
8.1	Tutkimustapa .....	23
8.2	Aineisto .....	23
8.3	Aineiston analyysi .....	24
8.4	Tulosten laskeminen.....	26
8.5	Tilastollinen testaus .....	26
9	Tulokset .....	28
9.1	Ostettujen leimikoiden ominaisuuksien vertailu .....	29
9.2	Ostoarvion toteutuminen.....	34
9.3	Muutokset raakkiprosentissa .....	35
9.4	Muutokset katkontatarkkuudessa .....	36
9.5	Muutokset jakauma-asteessa .....	37
9.6	Muutokset jalostusarvossa .....	38
9.7	Tilastollinen testaus järeysluokille 700, 800 ja 900 dm <sup>3</sup> .....	39
10	Aikaisempi tutkimus katkongan ohjauksesta.....	42
11	Johtopäätökset .....	43
11.1	Aineiston laajuus ja luotettavuus.....	43
11.2	Ominaisuuksien muutokset.....	44
11.3	Arvio ja sen merkitys.....	45
11.4	Raakkiprosentti ja katkontatarkkuus .....	46
11.5	Jakauma-asteen muodostuminen.....	47
11.6	Jalostusarvo.....	47
12	Pohdinta.....	48
13	Lopuksi .....	51
	Lähteet.....	52

## 1 Johdanto

Stora Enson Kiteen saha tuottaa erilaisia lujuusluokiteltuja kuusisahatavaravalmisteita ja niiden jatkojalosteita. Sivutuotteena sahan tuotannosta syntyvää sahanpurua hyödynnetään pellettituotannossa. Sahan lopputuotteen jalostusarvoa pyritään jatkuvasti nostamaan erilaisin keinoin, joista uusimpana on puutavaralaji 316. Uusi puutavaralaji lisättiin oston käyttöön vuoden 2017 huhtikuussa vanhan puutavaralajin 310 rinnalle.

Puutavaralajin 316 osto on kohdistettu keskimääräistä järeämpiin ja laadultaan parempiin avohakkuukohteisiin. Uudella puutavaralajilla on pyritty vastaamaan paremmin sahan tarpeeseen tukkien tietyistä läpimitta- ja pituusyhdistelmistä sekä lisäämään oston kilpailukykyä alueella. Jalostusarvon paranemiseen on tähdätty sahan tukkisuman ominaisuuksien muuttamisella haluttuun suuntaan.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko ostettujen leimikoiden jalostusarvoissa tapahtunut muutosta sekä ovatko tukkisuman ominaisuudet muuttuneet haluttuun suuntaan. Opinnäytetyössä käytettiin määrällistä eli kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Aineiston tutkimukselle muodostivat kymmeneltä eniten Kiteen tukkia hakanneelta hakkuukoneelta kerätyt tuotantotiedostot. Tuotantotiedoista taulukoitiin kaikki kuusitukkilajit, joista muodostui 99 600 kuutiometriä käsittävä otos. Kiteen tukin osuus tästä määrästä oli 88 500 kuutiometriä.

## **2 Puunhankinta, hakkuutavat ja puutavaralajit**

### **2.1 Puunhankinta**

Puunhankinnalla tarkoitetaan eri organisaatioiden, yritysten tai yksityishenkilöiden harjoittamaa toimintaa, jossa puuta hankitaan raaka-aineeksi johonkin prosessiin. Puunhankintaa voidaan käsitellä pienemmissä osissa jakamalla se puunhankintaketjuun, joka tarkoittaa raaka-aineen matkaa metsästä lopputuotteeksi asti. Ketjuun kuuluvat metsänomistaja, puunhankintaorganisaatio, metsäkoneyriety, tuotantolaitos sekä kuluttaja (Littiläinen, Immonen, Jaakkola, Kariniemi, Korpilahti, Nieminen, Pesonen, Roininen, Strandström & Vartiamäki 2005, 7-8). Metsänomistajuus jakautuu Suomessa yksityisiin metsänomistajiin, valtioon, yhtiöihin sekä muihin omistusryhmiin kuten kuntiin, seurakuntiin ja muihin julkisiin yhteisöihin. Näistä suurin omistusosuus on yksityismetsänomistajilla ja se käsitteää noin kaksi kolmasosaa metsämaasta Suomessa. (Metla 2012.)

### **2.2 Hakkuutavat**

Suomessa metsän hakkuutavat jakautuvat käytännössä kolmeen osa-alueeseen, joita ovat ensiharvennus, harvennus ja päätehakkuu. Nämä kolme kategoriaa sisältävät omia erityisluontoisia hakkuumahdollisuuksiaan riippuen siitä, minkälaiset tavoitteet metsänomistaja on omaisuudelleen asettanut. Tutkimuksessa keskityttiin pelkästään päätehakkuujäreyteen ehtineiltä leimikoilta tulleisiin tuloksiin.

Suomen metsäkeskuksen (2016) mukaan ensiharvennus suoritetaan normaalissa talousmetsässä puuston ollessa noin 10–16 metrin pituista riippuen puulajista ja kasvupaikasta. Ensiharvennus on kasvatushakkuu, jossa poistetaan huonoimmat yksilöt ja annetaan näin kasvutilaa parempilaatuiselle kasvustolle. Hakkuun kertymä on yleensä noin kolmasosa puuston hehtaarikohtaisesta tilavuudesta. Korjattava puutavara on kuitupuuta, joka menee raaka-aineeksi sellu- ja paperiteollisuuteen tai energiapuuksi.

Harvennushakkuulla tarkoitetaan yleensä puuston toista tai kolmatta harvennusta. Tasaikäisissä talousmetsissä toinen harvennus suoritetaan noin 10–20 vuoden päästä ensiharvennuksesta. Harvennushakkuu on myös kasvatushakkuu jolla halutaan edistää puuston kasvukykyä ja elinolosuhteita. Harvennustyyliä voidaan jakaa perinteisiin ala- ja yläharvennuksiin, mutta mukaan voidaan ottaa myös laatuharvennus, väljennyshakkuu sekä poimintahakkuu. Alaharvennuksessa poistettavat puut valitaan pääsääntöisesti alemmasta latvuserroksesta sekä viallisista yksilöistä. Yläharvennuksessa pitkitetään metsikön kiertoaikaa poistamalla järeämpää puustoa ja jättämällä hyvässä kasvussa olevaa alempaa latvuserrosta kasvamaan. Väljennys- ja poimintahakkuuta käytetään yleensä eri-ikäisrakenteista metsikköä kasvatettaessa. Tällaiset hakkuut eivät perustu yleisesti käytettäviin harvennusmalleihin (Suomen metsäkeskus 2016a.)

Päätehakkuulla tarkoitetaan metsän kiertoajan päättävää hakkuuta. Hakkuun jälkeen alkaa uusi kiertoaika taimikosta päätehakkuukypsytyteen. Päätehakkuun alle kuuluvat avo-, siemenpuu-, suojuspuu-, kaistale- sekä pienaukkohakkuu. Avohakkuussa leimikolta kaadetaan lähes kaikki puut lukuun ottamatta säästöpuita. Hakattaessa yli 0,3 hehtaarin suuruista yhtenäistä aluetta aukoksi astuu voimaan metsälain asettama uudistamisvelvoite. Uudistamisvelvoite päättyy kun alueelle on saatu metsälain (2013/1085) 2. luvun 8. pykälän mukainen taimikko. Uudistaminen voidaan toteuttaa sopivalla maapohjalla ja oikealla puulajilla myös siemenpuuhakkuuna, jossa pystyyn jätetään 20–100 kappaletta puita hehtaaria kohti puulajista riippuen. Uudistusalan alkaessa taimettumaan siemenpuut hakataan pois. Suojuspuuhakkuuta käytetään kuusen luontaiseen uudistamiseen. Hehtaaria kohti jätetään noin 200–400 kappaletta runkoja pystyyn ja ne siementävät uuden puusukupolven. Kaistalehakkuu lukeutuu myös siemenpuuhakkuuksi, sillä siinä hakataan metsään kaistale, jonka molemmille reunoille jää siementämiskykyinen puusto. Tämä hakkuutapa on käytössä lähinnä mäntymetsissä ja kaistaleen suositusleveys on korkeintaan 25 metriä reunametsästä. Pienaukkohakkuuta käytetään yleensä eri-ikäisrakenteisissa metsissä ja niillä tarkoitetaan alle 0,3 hehtaarin laajuisia aukkoja, joihin ei kohdistu uudistamisvelvoitetta. (Metsäkeskus 2016.)

## 2.3 Puutavaralajit

Puutavaralajeista voidaan käyttää yhteistä nimitystä ainespuu. Ainespuuksi kutsutaan kaupalliset mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puutavaraa. Suomessa käytettävät puutavaralajit ovat tukki-, kuitu- ja energiapuu. Lisäksi voidaan mainita parru ja pylväät. Tukkipuu toimii raaka-aineena saha- ja vaneriteollisuudelle. Myös parru on sahateollisuuden raaka-ainetta. Kuitupuuta käytetään sellun, paperin ja kartongin valmistamisessa. Energiapuuta käyttävät esimerkiksi lämpölaitokset tai yritykset, jotka välittävät haketta tai pellettiä eteenpäin. Pylväitä käytetään rakennettaessa sähkö-, valaisin- ja puhelinverkkoja. (Rantala 2005, 143,144.)

Tavaralajimenetelmää käytettäessä, puutavara mitataan nykyisin joko hakkuukone-, kuormainvaaka- tai tehdasmittauksena. Hakkuukonemittaa käytetään yleensä aina pystykaupassa. Poikkeuksena ovat ensiharvennusmetsät, joissa käytetään joukkokäsittelyä. Joukkokäsittelyllä tarkoitetaan sitä, että hakkuukoneen kouraan otetaan käsiteltäväksi useampi runko samanaikaisesti. Tällöin käytetään kuormainvaakamittaa, jota käytetään myös hankintakaupassa ja energiapuuta käsiteltäessä. Puutavara voidaan mitata myös tehdasmittana, jolloin tukit mitataan kappaleittain ja kuitupuuta joko vaaka- tai kehysmittauksella. Tehtäessä esimerkiksi tienvarsivaraston inventointia, on mahdollista käyttää myös mittakeppiä pinon kehystilavuuden määrittämiseksi, mutta tämä vaatii vahvaa ammattitaitoa ja sisältää virhemarginaalin (Stora Enso 2017f.)

### 2.3.1 Sahatukki

Sahatukilla tarkoitetaan tukkipuuta, joka toimii raaka-aineena sahateollisuudelle. Suomessa tuotettiin mänty- ja kuusisahatavaraa vuonna 2016 yhteensä 11,4 miljoonaa kuutiometriä. Tästä kuusisahatavaran osuus oli 5,9 miljoonaa kuutiometriä. (Rautavirta 2017.) Sahatukin käyttösuhteen ollessa noin  $2,2 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , tarkoittaa se noin 12,98 miljoonaa kuutiometriä kuorellista tukiä vuodessa. Käyttösuhteella



tarkoitetaan sitä, kuinka monta kuutiometriä kuorellista tukkia tarvitaan yhden sahatavarakuutiometrin valmistukseen (Asp 2013, 5). Valmiin sahatavaran lisäksi sahauksen sivutuotteena saadaan kuorta, sahanpurua ja pintalautoja jotka yleensä haketetaan. Sahanpurun voi hyödyntää suoraan joko poltossa energian lähteenä, tai jatkojalostaa sen esimerkiksi pelletiksi. Puupelletillä tarkoitetaan yleensä teollisuuden sivutuotteena syntyvästä puupurusta puristettua sylinterinmuotoista kappaletta, jonka lämpöarvo on korkea (Bioenergianeuvoja 2017). Kuori ja hake menevät myös polttoaineeksi joko laitoksen omaan lämmöntuottoon tai ulkopuoliselle energiantuottajalle. Sahatavaran saanto yhdestä kuutiometristä kuorellista tukkia on noin 45–50 % (Asp 2013, 5). Käyttösuhteen ja saannon merkitys valmiin sahatavaran hintaan on suoraan verrannollinen.

Sahauksen lopputulokseen vaikuttavat eniten tukin laatu ja järeys. Yksi tärkeimmistä laadullisista tekijöistä sahatukissa on oksaisuus. Oksaisuuden merkitys on suurin mäntytukkia tehdessä, mutta se vaikuttaa suuresti myös esimerkiksi sorvitukkien laatuun. Muita laatuun haitallisesti vaikuttavia tekijöitä ovat mutkaisuus ja monivääryys, lenkous, korot, sydänhalkeamat, sinistymä ja laho. (Rantala 2005, 145–147.)

### **2.3.2 Puutavaralajien valinta leimikolle**

Hakattavat puutavaralajit valitaan aina leimikko- ja hakkuutapakohtaisesti. Yleensä käytäntönä pidetään, että ensiharvennuksilta hakataan vain kuitu- tai rankapuuta, mutta tähän voidaan tehdä pienten tukkierien kohdalla poikkeuksia. Varsinkin rankapuuta hakattaessa tukkirungot ovat ongelmallisia, sillä ne sotkevat rankapuun keskijäreiden mittaamista. Harvennuksilta, avohakkuilta ja erikoishakkuilta voidaan hakata tukkipuuta kuitupuun lisäksi. Tukkipuista voidaan katkoa saha- tai sorvitukkeja. Valinta sorvi- ja sahatukin välillä tapahtuu puulajin tarpeen tai laadullisten syiden takia. Esimerkiksi koivutukit menevät pääasiassa vaneriteollisuuden raaka-aineeksi, kun taas mäntytukkia käytetään enemmän sahatteollisuudessa. Tarpeen sanelema valinta näkyy lähinnä kuusitukin kohdalla.

Lähellä kuusitukkia sahaavia sahoja tukit menevät yleensä pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta sahan raaka-aineeksi, kun taas esimerkiksi LVL-tehtaan lähellä olevat leimikot hakataan hyvin usein sorvitukeiksi. Laadullisilla syillä tarkoitetaan sitä, että jos tukki ei jostain syystä täytä sahatukin laatuvaatimuksia, voidaan siitä tehdä sorvitukki. Tällaisia syitä ovat esimerkiksi katkonnan estävät viat rungossa sekä ylijäreys.

Opinnäytetyössä tutkitaan avohakkuilta tulevien kuusitukkierien laadullisia ominaisuuksia. Alueella, josta tutkimuksen aineisto kerättiin, oli käytössä kuusi eri kuusitukkitavaralajia. Jokaiselle puutavaralajille oli annettu numerokoodi ja ne olivat 300, 309, 310, 316, 330 ja 331. Puutavaralajit 300, 309, 310 ja 316 olivat sahatukkeja ja 330 ja 331 sorvitukkeja. Kerätyssä aineistossa oli nähtävillä vahvasti Kiteen sahan vaikutus, sillä noin 96 % alueella hakatuista kuusitukeista oli sahatukkeja. Sahatukkitavaralajien valitseminen tapahtuu kohteen ja puukaupan aikaisen tarpeen mukaan. Puutavaralajien 300 ja 309 mittavaatimukset eroavat puutavaralajeista 310 ja 316, joten ne soveltuvat hakattavaksi samalle leimikolle toistensa kanssa.

### **2.3.3 Puutavaralajit 310 ja 316**

Kiteen saha käyttää tällä hetkellä raaka-aineena kahta eri kuusitukkilajia. Vanhan ostomallin mukainen puutavaralaji 310 on säilynyt ostossa uuden puutavaralajin 316 rinnalla. Uuden ostomallin kehittämiseksi on pyritty sahan lopputuotteen ja -ostusarvon ja katteen nostamiseen parantamalla sahan tukkisuman ominaisuuksia haluttuun suuntaan. Haluttuja ominaisuuksia ovat tukkisuman keskitilavuuden nostaminen, lankeavien mittojen väheneminen sekä parempi vastaavuus markkinoiden tilanteeseen. Uudella ostomallilla pyritään luonnollisesti myös vastaamaan alueen kovaan kilpailutilanteeseen kuusitukkileimikoista.

Leimikkotasolla puutavaralajeja 310 ja 316 hakattaessa kullakin leimikolla voidaan käyttää kahta tukkilajia, mutta saman hakkuutavan sisällä ei. Esimerkiksi

samaan leimikkoon avohakkuun kanssa kuuluva harvennus voidaan hakata puutavaralajilla 310 ja itse avohakkuu puutavaralajilla 316 (Oikari. 2017). Molempien puutavaralajien kanssa voidaan hakata saman hakkuun sisällä muita tukkilajeja, joita ovat esimerkiksi puutavaralajit 300, 309, 330 ja 331. Yleensä samalla leimikolla on käytössä korkeintaan kaksi sahatukkia ja yksi sorvitukki. Sahakuution tukin (puutavaralaji 309) samalta hakkuulta hakkaamisen vaikutuksista puutavaralajin 310 ominaisuuksiin on tehty aikaisemmin tutkimus Stora Ensolle opinnäytetyönä (Räsänen 2016). Tutkimuksessa todettiin, että Sahakuution tukin ottaminen mukaan hakkuisiin kasvattaa Kiteen tukin keskitilavuutta jokaisessa tutkimuksessa mukana olleessa järeysluokassa. Myös Kiteen tukin keskipituus kasvoi pääsääntöisesti. Raakkiprosentti pieneni hiukan ja jakauma-aste pysyi lähes muuttumattomana.(Räsänen 2016, 29–31.)

Puutavaralajia 310 käytetään pääsääntöisesti tukkirunkojäreydeltään matalammissa päätehakkuissa ja harvennuksissa. Puutavaralajilla hakataan myös järeämpiä kohteita, joissa puustossa on vikaisuutta, joka huonontaa tukin laatua. Katkonnassa käytettävät tukkipituudet ovat 41–55 desimetrin välillä 30 senttimetrin moduulimitoin. Moduulimitalla tarkoitetaan sahateollisuudessa 3 desimetrin jakoa mittauksessa. Muutoin pätevät Kiteen sahan yleiset mitta- ja laatuvaatimukset. (Oikari 2017.)

Puutavaralajia 316 ostetaan keskimääräisesti järeämmiltä ja parempilaatuisemmilta avohakkuilta. Käytettäessä puutavaralajia 316, metsäasiantuntijan tekemän arvion merkitys korostuu, sillä tukkirunkojen keskijäreysten tulisi ylittää sovittu alaraja. Katkonnassa käytetään neljää pituusmittaa ja laadulliset vaatimukset ovat samat kuin puutavaralajilla 310. (Oikari 2017.)

### **3 Puukauppa**

Puukaupalla tarkoitetaan tapahtumaa, jossa puutavara vaihtaa omistajaa korvausta vastaan myyjän ja ostajan välillä. Kaupasta sovitaan kirjallisella sopimuksella kauppaa tekevien tahojen välillä ja siinä on mainittu vähintäänkin kauppatapa sekä hinta puutavaralle. Suomessa puukauppa toteutetaan lähes aina tavaralajimenetelmällä, jossa puutavara karsitaan ja katkotaan haluttuihin mittoihin jo metsässä. Tästä poikkeuksena voidaan pitää tiettyjä energiapuunkorjumenetelmiä. Myyjä saa korvauksen puutavarasta tavaralajeittain sovitun korvauksen mukaan.

Kaupan toteutumista ja toteuttamistapoja ohjaavat ensisijaisesti myyjän tarpeet ja tavoitteet metsäänsä kohtaan. Päätökset metsän käsittelytavoista tehdään tämän perusteella ja niiden ohjaamana syntyy metsänhakkuusopimus. Sopimuksessa yhdistyvät myyjän ja ostajan tavoitteet.

#### **3.1 Kauppatavat**

Puukauppa voidaan jakaa useisiin eri kauppatapoihin, joista pystykauppa ja hankintakauppa ovat kaksi yleisintä. Lisäksi voidaan mainita myös käteiskauppa tai toimituskauppa. Toimituskaupassa puutavaran myyjä toimittaa myydyn puutavaran ostajan osoittamaan paikkaan.

Pystykaupassa puutavaran myyjä luovuttaa ostajalle metsänhakkuusopimuksella oikeuden hakata ja kuljettaa pois kaupan kohteena olevan puuston. Kauppa kohdistuu ennalta sovittuun alueeseen, joka on rajattu maastoon ja merkattu karttaan. Tätä aluetta kutsutaan leimikoksi ja sen muodostumista ohjaa metsänomistajan omat tarpeet ja tavoitteet. Puutavara vaihtuu myyjän omaisuudeksi hakkuun aikana. (UPM 2014.) Pystykaupassa puunostaja vastaa sovittujen ehtojen ja laatuvaatimusten täyttymisestä. Ostaja on vastuussa myös korjuukustannuksista. (Puuntuottaja 2012.) Korvaus puutavarasta on sovittu kantohinta.

Hankintakaupassa myyjä vastaa puunkorjuusta. Puukaupasta tehdään sopimus, jossa on mainittu ajankohta jolloin puiden tulee olla sovitussa varastopaikassa sovitun laatuina. Kauppa perustuu arvioon saatavasta puumäärästä, mutta lopullinen hinta puutavarasta maksetaan tarkastusmittauksen jälkeen. Ostajan maksama hinta sisältää kantohinnan lisäksi korvauksen puunkorjuusta maanomistajalle. (Stora Enso. 2017a.) Hankintakauppaa käytetään nykyisin useimmiten pelkästään ensiharvennus- tai harvennushakkuilla, sillä uudistushakkuulla pystykauppa on maanomistajalle taloudellisesti kannattavampi.

Toimituskaupassa tehdään myös samankaltainen sopimus puutavarakaupasta kuin pystykaupassa ja hankintakaupassa. Erona ovat toimitusehdot ja kauppahinta, johon tulee korvaus myös toimituksesta. Suomessa toimituskauppaa harjoittavat enää lähinnä valtio ja itsenäisesti toimivat sahat. (Puuntuottaja. 2012). Kauppamuoto on käytössä myös metsäyhtiöiden välisissä kaupoissa. Toimituskauppaa käytetään jossain määrin myös energiapuukaupassa.

### **3.2 Puukaupan käytännöt ja sisältö**

Puukauppaa tehtäessä myyjän ja ostajan välillä solmitaan metsänhakkuu- tai hankintasopimus riippuen kauppamuodosta. Tässä sopimuksessa ilmoitetaan muun muassa arvioitu puumäärä, hakkuutapa, hakattavat puutavaralajit ja niiden hinnat sekä kauppa koskeva tilanumero ja myyjän perustiedot. Metsänhakkuusopimukseen liitetään myös kartta hakattavasta alueesta. Sopimukseen liittyviä tärkeimpiä käytännön asioita ovat pankkitilin numero, jolle korvaus maksetaan sekä ennakkomaksun suuruus ja mahdolliset ostajakohtaiset etuudet. (Stora Enso 2017 Puukauppaopas.) Ostaja hoitaa lain vaatiman metsänkäyttöilmoituksen tekemisen Suomen metsäkeskukselle.

Metsänhakkuusopimukseen johtavat toimenpiteet ovat myyjälle maksuttomia, sillä kulut hoitaa puunostaja. Jos kyseessä on pystykaupasta tehty sopimus, kor-

juukulut jäävät myös ostajan maksettavaksi pois lukien kantokäsittely, josta metsänomistajalta laskutetaan tietty osuus. Hankintakaupassa puunkorjuusta aiheutuvat kulut ovat myyjän vastuulla.

### **3.3 Hakkuiden määrä**

Luonnonvarakeskuksen (2017) mukaan, vuonna 2016 Suomessa hakattiin 61,8 miljoonaa kuutiometriä puuta teollisuuden raaka-aineeksi. Tämä tarkoitti hakkuumäärien nousua 3,3 miljoonalla kuutiometrillä vuoteen 2015 verrattuna. Edellisen kymmenvuotisjakson hakkuiden keskiarvoon verrattuna vuoden 2016 hakkuumäärä nousi 17 prosenttia suuremmaksi. Hakkuut keskittyivät yksityismetsien pystykauppoihin, sillä niiden osuus kokonaiskuutiomäärästä oli 42,4 miljoonaa kuutiometriä. Hankintakauppojen osuus yksityismetsissä oli 8,7 miljoonaa kuutiometriä. Metsäyhtiöiden ja valtion omistamista metsistä hakattiin puuta 10,7 miljoonaa kuutiometriä teollisuuden käyttöön. Kokonaishakkuumäärään verrattuna tukkipuun osuus kasvoi kuusi prosenttia edellisvuoteen verrattuna. Tukkipuun osuus kokonaiskuutiomäärästä oli 26 miljoonaa kuutiometriä. Kuitupuulla vastaavat luvut olivat viisi prosenttia ja 35,8 miljoonaa kuutiometriä.

Tutkimuksessa keskityttiin avohakkuilta peräisin olevaan kuusitukkiin. Valtakunnan metsien 11. inventoinnin perusteella tehdyn Luonnonvarakeskuksen (2015) taulukoinnin mukaan kuusitukin suurin kestävä vuotuinen hakkuukertymäarvio vuosien 2011–2020 välille on 15,3 miljoonaa kuutiometriä. Arvioidussa määrässä ovat mukana myös harvennuksilta tulevat tukit.

## **4 Katkonnan optimointi**

Auvisen (1997, 19–22) mukaan rungon jakoa puutavaralajeihin kutsutaan apteeraukseksi. Katkonnan optimoinnilla tarkoitetaan metsätaloudessa sitä, että puun

rungolle haetaan haluttujen kriteerien perusteella suurimman arvon tuottama katkonnasta. (Arminen, Suuriniemi & Vuorenpää 1999, 5–6.) Rungon optimaalisen katkonnasta lähtökohdaksi pidetään runkokäyrää, mutta tämä ei huomioi puun laadullisia ominaisuuksia eikä muita asetettuja kriteerejä. Puun tukki- ja kuituosuuden erottamiseen on olemassa laskentamalleihin perustuvia taulukoita, mutta niitä käytettäessä tulee ottaa huomioon kulloinkin voimassa olevat mitta- ja laatuvaatimukset. (Auvinen 1997, 19–22.)

Yksittäisen puun katkonnasta optimoinnin edellytyksenä ovat runkoprofiilin tunteminen koko käyttöosalle sekä arvomatriisi, jossa priorisoidaan eri katkontavaihtoehtoja. Käytännössä arvomatriisilla tarkoitetaan sitä, että eri puutavaralajeille ja pituuksille annetaan katkonnassa eri arvoja sen mukaan miten haluttuja ne ovat. Haluttavuus esitetään annetulla luvulla suhteessa toisiin katkontavaihtoehtoihin. (Ovaskainen 2017a, 2–7.) Arvomatriisissa määritellään tietyn puutavaralajin sisällä halutut pituus- ja läpimittayhdistelmät.

#### **4.1 Lineaarinen optimointi**

Lineaarisella optimoinnilla etsitään lausekkeelle optimaalinen arvo rajoitetulla tai osittain rajoitetulla tasoalueella. Lausekkeen suurin ja/tai pienin arvo saavutetaan tason kärkipisteissä. (Koivumäki 2017.) Ongelmalle etsitään optimaalinta ratkaisua tietyin rajoittein.

Katkonnasta ohjauksessa lineaarinen optimointi perustuu tukkiluokkakäsitteeseen. Tietyn mittainen tukki, jolla on tietty latvaläpimitta, kuuluu tiettyyn luokkaan jos pituuden ja läpimitan ominaisuudet täyttävät luokan ehdot. Katkonnassa käytettävällä lineaarisella optimoinnilla pyritään maksimoimaan rungosta arvo arvomatriisin avulla. (Ovaskainen 2017a, 13.)

Lineaarista optimointia käytetään kuitenkin vähän katkonnasta ohjauksessa siihen liittyvien ongelmien vuoksi. Suurimmat ongelmat liittyvät puutavaralajien mää-

rään. Puutavaralajit tuovat mukanaan erilaisia mittoihin liittyviä rajoitteita ja katkontavaihtoehtojen kasvaessa myös rajoitematriisi kasvaa. Lisäksi lineaarinen menetelmä on laskennallisesti tehottomampi kuin dynaaminen.

## 4.2 Dynaaminen optimointi

Dynaamisella optimoinnilla ongelma ratkaistaan vaiheittain ja vaiheet yhdistetään rekursiivisesti. Vaiheet ovat omia aliongelmiaan, joiden yhdistelmänä saadaan ratkaisu varsinaiseen ongelmaan (Ovaskainen 2017a, 18.) Rekursiolla tarkoitetaan funktion määrittämistä siten, että funktion arvo tietyssä pisteessä on riippuvainen sen arvosta edellisessä pisteessä. Esimerkkinä tästä on Fibonaccin lukujono, jossa kahden edellisen luvun summa on seuraavan luvun arvo (Lammi 2008, 4).

Optimoitaessa katkontaa dynaamisesti edellinen katkaisu vaikuttaa seuraaviin katkaisuvaihtoehtoihin. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että kolmea tukkia viidellä eri pituudella katkottaessa katkontavaihtoehtoja on  $5 \times 5 \times 5$ , mutta seuraavan pituuden valintaan vaikuttaa aina edellinen valinta (Ovaskainen 2017a, 19.)

Dynaamista optimointia suositaan katkonnan ohjauksessa sen laskennallisen tehokkuuden ja yleisen soveltuvuuden vuoksi. Dynaamisen optimointi karsii runkoa apteerattaessa pois ne vaihtoehdot, jotka eivät voi tuottaa suurinta arvoa rungolle. (Ahonen & Lemmetty 1995, 2.)

## 4.3 Apteeraus

Apteeraus eli rungon jakaminen puutavaralajeihin on noussut entistä tärkeämmään asemaan niin puun myyjän, kuin myös ostajan näkökulmasta. Kova kilpailutilanne ja lisääntyvä kysyntä puusta ovat johtaneet siihen, että korjattu puu halutaan hyödyntää entistäkin tarkemmin. Apteerauksella on suuri merkitys etenkin tukkijakaumaa ohjatessa. Tukkipuu on rungon arvokkain osa ja se halutaan



saada talteen mahdollisimman tarkasti. Metsurityönä apteeraus tapahtuu metsurinmitan ja mittasaksien avulla. Metsuri karsii ja mittaa rungon tukkiosan, ja pyrkii tekemään katkonnan siten, että tukkiosuus tulee hyödynnetyksi mahdollisimman tarkasti sallittujen tukkipituuksien asettamissa rajoissa. Hakkuukoneessa katkontaa ohjaa tietokone. Tietokoneelle on syötetty apt-tiedosto, johon on lisätty leimikkokohtaiset läpimitta- ja pituusyhdistelmät halutuille puutavaralajeille. Apteeraus voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen, joita ovat arvoapteeraus ja jakaumaapteeraus, mutta käytännössä katkonnassa käytetään yhdistelmää molemmista menetelmistä. (Arminen, Suuriniemi & Vuorenpää 1999, 5.)

#### **4.4 Apteerausmenetelmät**

Arvoapteerauksessa katkonnan tavoitteena on rungon maksimaalisen arvon saavuttaminen. Tämä tapahtuu siten, että hakkuukoneen tietokoneelle on syötetty apt-tiedosto, joka sisältää arvomatriisin. Apt-tiedosto on hakkuukoneen tietokoneelle syötetty tiedosto, johon sisältyy katkontaohjeet jokaiselle leimikon puulajille. Arvomatriisilla tarkoitetaan kaksiulotteista taulukkoa, jossa on määritelty tietyn läpimittaisen ja pituisen tukin arvo suhteessa muihin läpimitta- ja pituusyhdistelmiin saman puutavaralajin sisällä. (Kivinen & Uusitalo 1999, 736.) Halutuin läpimitta- ja pituusyhdistelmä saa suurimman arvon ja vähiten haluttu pienimmän. Arvoapteerauksen ongelmana on kuitenkin se, että runkotason optimoinnin seurauksena leimikkotason tukkijakauma vinoutuu. (Ovaskainen 2017b, 8).

Jakauma-apteerauksessa katkontaa toteutetaan jakaumamatriisin avulla. Jakaumamatriisin arvot ja niiden suhteet muodostuvat tehtaiden ja sahojen tavoitejakaumista. Tehtaan tai sahan tavoitejakauman toteutumista kuvataan tunnusluvulla, jota kutsutaan jakauma-asteeksi. Tavoitejakaumalla tarkoitetaan asetettua tavoitetta, joka kuvaa kussakin läpimitta- ja pituusluokassa olevien tukkien lukumäärää. Jakauma- tai tavoitematriisi on muodoltaan identtinen arvomatriisin kanssa, mutta yksittäisten soluarvojen merkitys eroaa toisistaan matriisien välillä.

Tavoitematriisin soluarvot kuvaavat kunkin pituus- ja läpimittayhdistelmän haluttavuutta suhteessa muihin saman puutavaralajin tukkeihin. (Ovaskainen 2017b, 9-10.)

Hakkuukoneen aptissa yhdistyvät sekä arvo että jakaumamatriisi. Katkontaa ohjataan siten, että koneelle annetaan tietty rajoiteprosentti siitä, kuinka paljon katkonta saa poiketa arvoapteerauksella saadusta optimaalisesta katkonnasta. Tällöin tuloksena on katkonta, joka toteuttaa jakaumatavoitetta parhaimmalla mahdollisella tavalla, mutta ei poikkea kuin sallitun määrän yksittäisen rungon arvollisesti optimaalisesta katkonnasta. (Kivinen & Uusitalo 1999, 736.) Metsäkoneen kuljettaja voi poiketa aptin ehdottamasta katkonnasta, jos hän havaitsee rungossa jonkin sitä estävän vian. Katkonnassa voi olla mukana myös jokin tietty mitta, jonka saa tehdä vain käsiajolla, jos muuta ei saada.

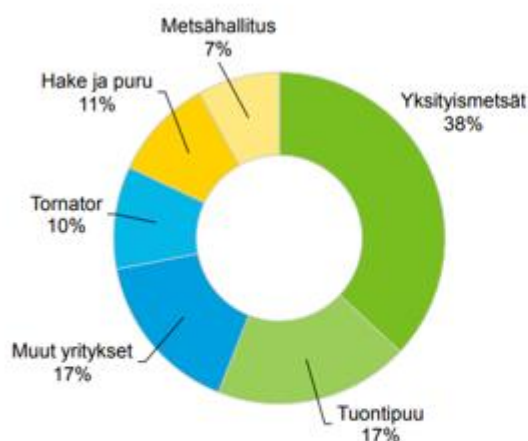
## **5 Stora Enso Metsä**

Stora Enso Metsä jakautuu hallinnollisesti kolmeen hankinta-alueeseen (kuva 1). Hankinta-alueet ovat pinta-alallisesti suuria ja niiden perusyksikköinä ovat hankintatiimit. Tutkimuksen kohdealue sijoittuu Itä-Suomen hankinta-alueelle ja tarkemmin sijoitettuna koko Kiteen hankintatiimin ja Joensuun hankinta-alueen eteläosiin. Itä-Suomen hankinta-alue jakautuu neljään hankintatiimiin, joita ovat Jyväskylä, Joensuu, Varkaus ja Kitee. Kiteen tiimiin kuuluvat Rääkkylä, Tohmajärvi, Kitee, Enonkoski, Savonlinna, Sulkava ja Parikkala. Metsän toimitteisiin kuuluvat muun muassa puuraaka-aineen ja metsäenergian osto ja korjuu, kuljetusoperaatioiden valmistelu sekä metsäpalveluiden myynti ja toteutus.



Kuva 1. Stora Enson hankinta-alueet (Stora Enso 2017c. Stora Enso Metsä)

Stora Enso Metsä toimittaa omille ja ulkopuolisille laitoksille vuosittain yli 21 miljoonaa kuutiometriä puuta. Ainespuu ja energiapuuta tulevat pääasiassa suomalaisilta yksityismetsänomistajilta. Kaksi muuta suurta ainespuun lähdettä Stora Ensolle ovat tuontipuuta ja Tornator (Kuva 2). Puun käytöstä suurimman osan muodostaa kuitupuuta, jonka osuus on 89 % koko puun käytöstä. Sahatukkien osuus on 11 %. Hakuut jakautuvat lähes puoliiksi harvennuksiin ja uudistushakkuisiin, ja ne suoritetaan 99,9 % koneetönnä (Kuva 2). (Kallio-Mannila 2017, 5-8.)



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

Kuva 2. Stora Enson puunhankinnan jakautuminen, puunkäyttö, hakuut sekä henkilöstö. (Kallio-Mannila 2017, 7).

## 6 Kiteen saha

Stora Enson Kiteen saha sijaitsee Itä-Suomessa Puhoksessa. Sahan tuotevalikoimaan kuuluvat erilaiset lujuuslajitellut sahatavarat ja sivutuotantona puupelletti. Kiteen sahan raaka-aineena käytetään ainoastaan kuusitukkia, jota hankitaan sekä kotimaasta että Venäjältä. Suomesta hankittava osuus on 78 % ja loput 22 % tulevat Venäjän hankinnan kautta. Sahatavaraa Kiteen saha tuottaa noin 260 000 kuutiometriä vuodessa ja jatkojalostuskapasiteetti on noin 120 000 kuutiometriä. Pyöreää puuta sahalta käytetään vuosittain noin 550 000 kuutiometriä ja sahaus tapahtuu vannesahalinjalla. Puutavaran kuljetuksesta 95 % tapahtuu rekkakuljetuksina ja loput viisi prosenttia jakautuvat junakuljetukseen (4 %) sekä vesiteitse tapahtuvaan kuljetukseen (1 %). Keskimääräiset kuljetusmatkat jakautuvat siten, että autokuljetuksilla matka on 101 kilometriä, junakuljetuksilla 360 kilometriä ja aluskuljetuksena 91 kilometriä. Pellettituotannon määrä on noin 25 000 tonnia vuodessa. Raaka-aine pyritään käyttämään mahdollisimman tarkasti, joten yhdestä sahapölkystä voidaan sahata useampaa sahatavaraa jotka eroavat toisistaan niin mitoiltaan kuin myös laadultaan. (Stora Enso 2017e.)

Sahan tuotteet myydään yrityksille ja noin puolet tuotannosta menevät vientiin. Tärkeimpiä vientimaita tuotteille ovat Aasia ja Australia. Lopputuotteiden dimensiot vaihtelevat tilauskohtaisesti. Yleisimpiä raakapuutavaramittoja ovat esimerkiksi

- 16x100
- 19x100
- 22x100/125/150/200/225
- 25x100/125/150/175
- 32x100/125/150/175/200/225
- 50x100/125/145/150/175/200/225/250.

Japanin viennin yleisimpiä sahausdimensioita ovat

- 24x110
- 28x127
- 42x150/175/200/225
- 47x150/175/200/220/225
- 63x200
- 75x200.

Jatkojalosteina saha tuottaa höylälinjastolta mitallistettua puutavaraa. Näistä yleisimpiä valmistettavia dimensioita Suomen markkinoille ovat esimerkiksi: 48x98/123/148/173/198. Lisäksi höylän lopputuotteisiin lukeutuvat muun muassa erilaiset rakennuspanelit. Vientiin menevän puutavaran mitat vaihtelevat tilaajan tarpeiden mukaisesti. (Stora Enso 2017e.)

Saha työllistää noin 120 henkilöä joko suoraan tai alihankkijan kautta. Sahaus- ja höyläystoiminnot tehdään oman henkilöstön työnä, mutta tukkien siirtelyn ja valmiin sahatavaran kuormauksen hoitaa alihankkija. (Stora Enso 2017e.)

## 6.1 Laatuvaatimukset

Kiteen sahan laatuvaatimukset kuusitukille noudattavat melko perinteistä linjaa sahatukin laatuvaatimuksissa. Pituusmitat ovat sopimus- ja puutavaralajikohtaisia, mutta katkontatarkkuuden tulee olla -2-+4 cm. Tukin oksien läpimitan ylärajat ovat

- Terve oksa 60 mm
- Kuiva oksa 40 mm
- Laho oksa 30 mm
- Poikaoksa 40 mm (vain yksi kappale/tukki ja oksan on oltava lahoton)

Lenkoutta sallitaan yksi senttimetri metriä kohti, mutta korkeintaan viisi senttimetriä koko tukin matkalla. Mutkia tai monivääryyttä, jotka yltävät latvalieriön sisään, ei sallita. Tukissa voi olla lahotonta koroa, jos se ei ole latvalieriön sisäpuolella. Suoraa sydänhalkeamaa saa olla enintään puolet latvaläpimitasta. Tukissa ei sallita lainkaan rengashalkeamia, sienivikaa tai hyönteisvaurioita, lahoa, latvalieriön sisään yltäviä repeämiä eikä suuria tyvilaajentumia. Myös eritasosahaukset ovat kiellettyjä. Muita kiellettyjä ominaisuuksia tukeilla ovat suuret oksakyhmyt, keskikoro, vierasaineet ja -esineet kuten rauta, noki, hiili ja muovi, torjunta-aineet ja kemikaalit sekä kaksi tai useampi erilaatuinen maksimivika. Pölkyn minimilatvaläpimita on 16 senttimetriä ja maksimilatvaläpimita 60 senttimetriä. (Stora Enso 2017d.)

## **7 Opinnäytetyön tavoite**

Opinnäytetyön aihe tuli toimeksiantona Stora Enso Oyj:ltä. Yhtiön taholta haluttiin selvittää, onko Kiteen sahan vanhan kuusitukin ostomallin rinnalle lisätty uusi ostomalli vaikuttanut halutulla tavalla tukkisuman ominaisuuksiin. Halutut tiedot työtä aloittaessa olivat

- Selvittää millaisia uudella ostomallilla (316) ostetut leimikot ovat olleet suhteessa vanhalla ostomallilla (310) ostettuun samalla aikajaksolla?
- Millaisina ostetut leimikot ovat toteutuneet suhteessa ostoarvioon?
- Onko tukkien raakkiprosentissa tapahtunut muutosta?
- Onko tukkien katkontatarkkuus muuttunut?
- Onko tukkien jakauma-aste muuttunut?
- Onko leimikoiden jalostusarvossa tapahtunut muutoksia?

## **8 Opinnäytetyön menetelmälliset valinnat**

### **8.1 Tutkimustapa**

Tutkimuksessa käytettiin määrällistä, eli kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvantitatiivinen tutkimus vastaa esimerkiksi kysymyksiin mikä, missä, ja kuinka paljon ja sen lopputuloksena halutaan saada yleistettävissä olevaa tietoa. Määrällisessä tutkimuksessa tietoa käsitellään tilastollisina yksiköinä ja lopputuloksen halutaan olevan subjektiivisen tulkinnan poissulkeva. Tutkimustavan valintaa tukevat se, että tutkimuksessa vertailtiin samaan ajankohtaan sijoittuneita eri katkonnalla tehtyjä hakkuita ja se, että valitusta aineistosta muodostettu otos oli kooltaan suuri. (Heikkilä 2014a.) Tutkimuksella haluttiin lopputulos, jonka voi yleistää koko perusjoukkoon joka oli tässä tapauksessa Kiteen sahalle kuusitukia hakanneet hakkuukoneet. Aineistosta haluttiin myös saada esiin mahdolliset poikkeamat ja ominaispiirteet. Virtuaaliammattikorkeakoulun (2017) mukaan, kvantitatiivisessa tutkimuksessa voidaan tutkia esimerkiksi aineiston keskihajontaa ja jakautuneisuutta. Keskiarvolla voidaan osoittaa koko aineiston asettuminen keskimääräisesti ja se auttaa yksittäisen havainnon tarkastelemista koko aineistoon nähden (Virtuaaliammattikorkeakoulu 2017).

### **8.2 Aineisto**

Tutkimuksen aineistona käytettiin hakkuukoneen tuotantotiedostoja, joita kutsutaan prd-tiedostoiksi (John Deere 2017). Aikaväliksi aineiston keräämiselle sovittiin opinnäytetyön aloituskokouksessa 1.1.–30.11.2017. Tällä varmistettiin, että aineistoa on syntynyt tarpeeksi myös uudelle hakkuutavalle ja että leimikot on hakattu samalla aikavälillä puutavaralajista riippumatta. Puutavaralajilla 310 hakatut leimikot on suurelta osin ostettu ennen puutavaralajin 316 käyttöönottoa, joten sama aikaväli ei vääristänyt aineistoa. Aineistoa kerättiin pääsääntöisesti pystykauppoina ostetuilta päätehakkuuleimikoilta, mutta mukaan otettiin myös viisi siemenpuuhakkuuta, kolme kaistalehakkuuta, seitsemän ylispuiden poistoa,

kaksi erikoishakkuuta sekä yksi suojuspuuhakkuu. Kaikki poikkeavalla hakkuutavalla valitut kohteet olivat kuitenkin saavuttaneet päätehakkujäreyden.

Prd-tiedostojen valinta tapahtui erätasolla. Eränumerolla tarkoitetaan kunkin samalle varastopaikalle kuljetetun puuerän järjestelmännumeroa. Samalla eränumerolla voidaan ilmoittaa puueriä useammalta eri hakkuutavalta, joten samalla erällä voi olla tukkeja päätehakkuiltä sekä harvennushakkuilta. Aineistoa kerätessä hylättiin prd-tiedostot, joissa samalla erällä olevan harvennustukin määrä ylitti kymmenen prosenttia erän kokonaistukkimäärästä. Tämä tehtiin aineiston pitämiseksi mahdollisimman tarkkana.

Tutkimuksen perusjoukko muodostui Kiteen sahalle kuusitukkia hakanneista hakkuukoneista. Koneiden määrän takia muodostettiin otos, joka koostui kymmenestä eniten kuusitukkia määrätyllä aikavälillä hakanneesta hakkuukoneesta. Koneiden työalueet olivat Stora Enson Kiteen tiimin- ja Joensuun tiimin eteläosien alueelta. Tutkimuksessa mukana olevat koneet ovat kolmelta eri yrittäjältä, jotka urakoivat Stora Enso Oyj:lle.

### **8.3 Aineiston analyysi**

Prd-tiedostoista muodostuva otos purettiin ensin Excel-tiedostoon. Tuotantotiedostosta halutut tiedot olivat

- Kauppanumero
- Kaupan vuosi
- Eränumero
- Työpiste
- Hakkuutapa
- Tekoalue
- Kuusitukkirunkojen kokonaiskuutiomäärä
- Kuusitukkirunkojen keskitilavuus
- Kuusitukkirunkojen keskijäreysluokka



- Kuusitukkirunkojen tukkiprosentti
- Kuusitukkirunkojen kappalemäärä
- Kuutiomäärät puutavaralajeittain
- Tukkien keskitilavuus puutavaralajeittain
- Tukkien keskipituus puutavaralajeittain
- Tukkien kappalemäärä puutavaralajeittain.

Aineistoon otettiin mukaan kaikki tukkipuutavaralajit, joita oli hakattu määrättyinä ajankohtana, sillä ne vaikuttivat saatuun tukkijakaumaan. Kun kaikki halutut prd-tiedostot oli taulukoitu, ne jaoteltiin tukkirunkojen keskitilavuuden osalta omiin järeysluokkiinsa. Luokkien yksiköt ovat litroina ja luokitteluväliksi tarkentui sadan litran vaihteluväli. Pienimmäksi järeysluokaksi asetettiin 300 litraa ja suurimmaksi yli 1100 litraiset tukkirungot. Vertailu hakkuutapojen välillä tapahtui keskitilavuusluokkien sisällä. Kun halutut tiedostot oli taulukoitu Exceliin, haettiin saatujen eränumeroiden perusteella tiedot

- erän jakauma-asteesta
- erän raakkiprosentista
- erän katkontatarkkuudesta.

Nämä tiedot saatiin kaikilta eriltä, jotka olivat kulkeneet sahan tukkimittarin kautta. Saadut arvot lisättiin samaan taulukkoon eräkohtaisesti.

Jalostusarvon muutokset saatiin ProCalc-ohjelmasta eräkohtaisesti. ProCalc-ohjelmisto on käytössä Kiteen sahalla ja siitä on nähtävissä Stora Enso Metsän ja sahojen yhteinen raportointidata. Myös ProCalc-ohjelmasta saatu tieto taulukoitiin analysointia varten samaan Excel-taulukkoon siltä osin, kun sitä oli saatavilla. Jalostusarvon muutosta tutkittaessa tarkastellaan samassa yhteydessä myös sahausken katetta ja puukustannuksen muodostumista.

## 8.4 Tulosten laskeminen

Halutuista ominaisuustiedoista laskettiin kuutiomäärällä painotettu keskiarvo jokaisen järeysluokan sisällä. Poikkeuksen tästä muodosti kauppakohtainen kuusitukkirunkojen kuutiomäärä, jolle laskettiin keskitunnukset normaalia keskiarvoa käyttäen. Painotetulla keskiarvolla tarkoitetaan sitä, että jokainen lukuarvo painotetaan yksilöllisellä painokertoimella, jolloin suuremman kertoimen saava lukuarvo saa isomman painoarvon keskiarvoa laskettaessa. Tässä tapauksessa painokertoimena toimi kunkin tukkierän kuutiomäärä. Saadut tulokset koottiin omaan taulukkoonsa ja niistä luotiin kuvaavat pylväsdiagrammit.

## 8.5 Tilastollinen testaus

Tilastollisella testauksella tutkitaan, voidaanko otoksesta saadut ryhmien väliset erot, riippuvuudet tai muutokset yleistää koko perusjoukkoa koskeviksi. Testauksen tavoitteena on sulkea sattuman mahdollisuus pois saadusta tuloksesta. Useimmat tilasto-ohjelmat suorittavat testauksen itse kunhan testi on valittu. Testin valitsemiseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi otoskoko ja muuttujan jakautuneisuus (Heikkilä 2014b, 2–4.)

Aineiston perusteella muodostetaan testattavia hypoteeseja jotka ovat usein muotoa ”ei eroa” tai ”ei riippuvuutta”. Hypoteesia kutsutaan niin sanotuksi nollahypoteesiksi ja se oletetaan paikkansapitäväksi kunnes toisin todistetaan. Tulos voi poiketa nollahypoteesista hieman jo otantavirheen seurauksena, mutta lopullinen paikkansapitävyys mitataan testin p-arvolla. Mitä pienempi testistä saatu p-arvo on, sitä epätodennäköisempää nollahypoteesin kumoutuminen on. (Taanila 2012.) Testatun eron riippuvuuden merkitsevyytasojen rajat on esitetty kuvassa 3. Merkitsevyytasolla ilmoitetaan kuinka suuri riski on että saatu tulos johtuisi sattumasta ja sen lyhenteenä käytetään joko kirjainta p, tai lyhennettä Sig. (Heikkilä 2014b, 7.)

Testatun eron tai riippuvuuden sanotaan olevan

- tilastollisesti erittäin merkitsevä, jos  $p \leq 0,001$  \*\*\*
- tilastollisesti merkitsevä, jos  $0,001 < p \leq 0,01$  \*\*
- tilastollisesti melkein merkitsevä, jos  $0,01 < p \leq 0,05$ \*

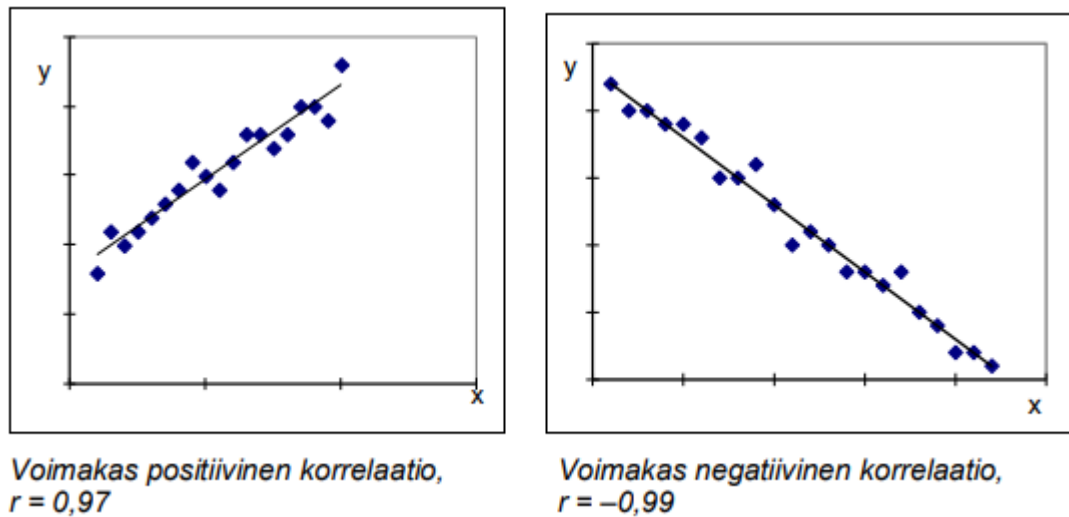
Kuva 3. Merkitsevyytasojen arvot (Heikkilä 2014b, 7).

Korrelaation testaamisella tutkitaan kahden määrällisen muuttujan riippuvuutta toisistaan. Tarkastelun apuna käytetään korrelaatiokerrointa ja muuttujien korrelaatiota kuvaavia hajontakaavioita. Korrelaatiokertoimella kuvataan muuttujien suoraviivaisen riippuvuuden voimakkuutta. Kerroin saa arvoja välillä  $-1,0 - +1,0$  ja sen merkitys on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Korrelaatiokertoimen merkitys (Taanila 2014.)

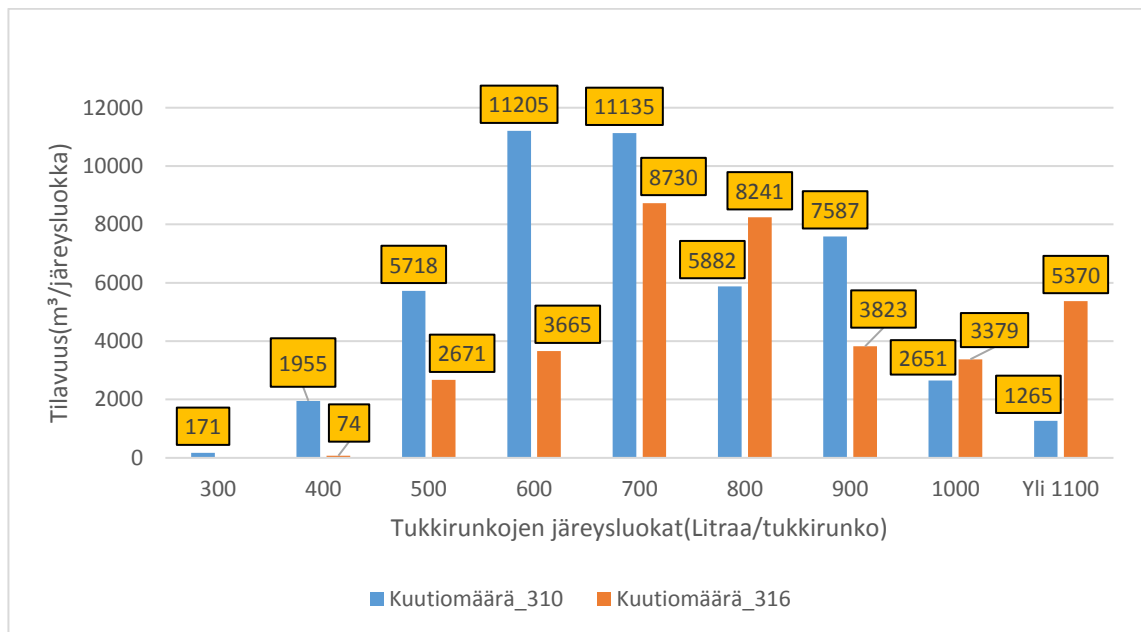
Jos korrelaatiokerroin saa lähellä nollaa olevia arvoja, kyseessä on tilanne jossa korrelaatio muuttujien välillä on hyvin vähäistä tai sitä ei ole ollenkaan. Arvojen lähestyessä  $+1$ :tä, voidaan tehdä tulkinta positiivisesta korrelaatiosta joka on havaittavissa kuvaajasta nousevana pistepilvenä. Lähestyessä  $-1$ :tä, kuvaajasta on havaittavissa laskeva pistepilvi (Heikkilä 2014b, 10–11.) Erilaisten pistepilvien merkitys on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Esimerkkikuvaajat voimakkaasta positiivisesta- ja negatiivisesta korrelaatiosta (Heikkilä 2014b, 10).

## 9 Tulokset

Aineiston yhteismäärä oli 99 671 kuutiometriä. Tästä osan (11 192 m<sup>3</sup>) muodostivat puutavaralajit 300, 309, 330 ja 331. Puutavaralajien 310 ja 316 osuudeksi jäi yhteensä 88 479 kuutiometriä ja ne jakautuivat siten, että puutavaralajia 310 oli 52 525 kuutiometriä ja puutavaralajia 316 35 954 kuutiometriä. Kuutiomäärien jakautuminen järeysluokkiin on esitetty puutavaralajeittain kuviossa 1. Diagrammista todettiin, että molemmat puutavaralajit saavuttivat määrällisen huippunsa luokkien 600 ja 700 litraa välissä ja jakautuivat melko tasaisesti ympäröiviin luokkiin. Huomattavissa oleva poikkeus tähän oli puutavaralajin 316 järeysluokassa yli 1100 litraa jossa määrä lähti takaisin nousuun. Puutavaralajilla 310 kuutiomäärän jakauma oli vinossa hieman vasemmalle ja luokassa 800 litraa tapahtui pieni notkahdus (kuvio 1.)



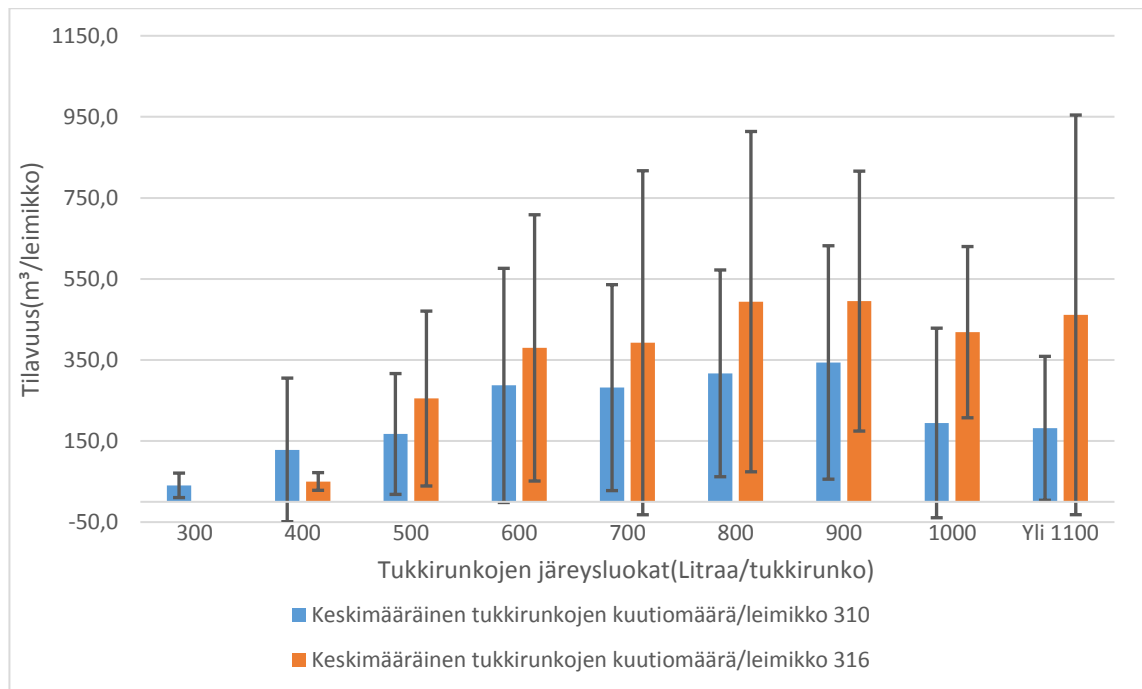
Kuvio 1. Aineiston kuutiometrimäärien jakautuminen järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316.

## 9.1 Ostettujen leimikoiden ominaisuuksien vertailu

Ensimmäiseksi asetetussa tutkimuskysymyksessä haluttiin tietää, millaisia uudella ostomallilla (316) ostetut leimikot ovat olleet suhteessa vanhalla ostomallilla (310) ostettuun samalla aikajaksolla. Tähän kysymykseen sisällytettiin tiedot leimikon sisältämän puutavaran ominaisuuksista. Tutkittavia ominaisuuksia olivat tukkirunkojen leimikkokohtainen kokonaiskuutiometrimäärä, tukkirunkojen tukkiprosentti sekä tukkien keskitilavuus, keskipituus ja keskikappalemäärä.

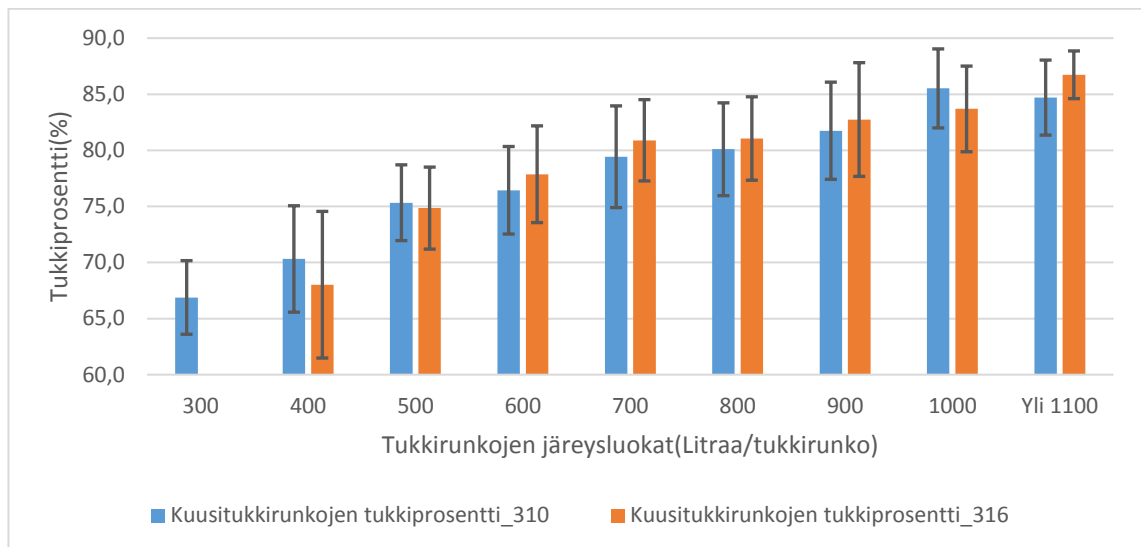
Tukkirunkojen leimikkokohtainen kuutiometrimäärä laskettiin normaalia aritmeettista keskiarvoa käyttäen, sillä painotetuissa keskiarvoissa käytettiin painokertoimenä juuri leimikkokohtaista tukkikuutiomäärää, joten painotus olisi tapahtunut tässä tapauksessa luvulla itsellään. Laskelmissa huomattiin, että jokaisessa luokassa joka ylitti 400 litran järeyden, tukkirunkojen keskimääräinen kuutiometri määrä oli vähintäänkin 80 kuutiometriä enemmän käytettäessä puutavaralajia 316. Suurin ero puutavaralajien välillä oli luokassa yli 1100 litraa, jossa keskiarvojen erotus oli 280 kuutiometriä. Leimikkokohtaisen kuutiomäärän keskihajonta

oli huomattavasti vähäisempää käytettäessä puutavaralajia 310 etenkin järeysluokissa 600–900 litraa. Tarkasteltaessa kaikkia järeysluokkia todettiin, että käytettäessä puutavaralajia 316 keskihajonta oli vähäisempää kuin puutavaralajissa 310 vain luokissa 400 litraa ja 1000 litraa. Todettiin myös, että keskihajonnan vaihtelu järeysluokkien välillä oli pääsääntöisesti voimakkaampaa käytettäessä puutavaralajia 316 (kuvio 2.)



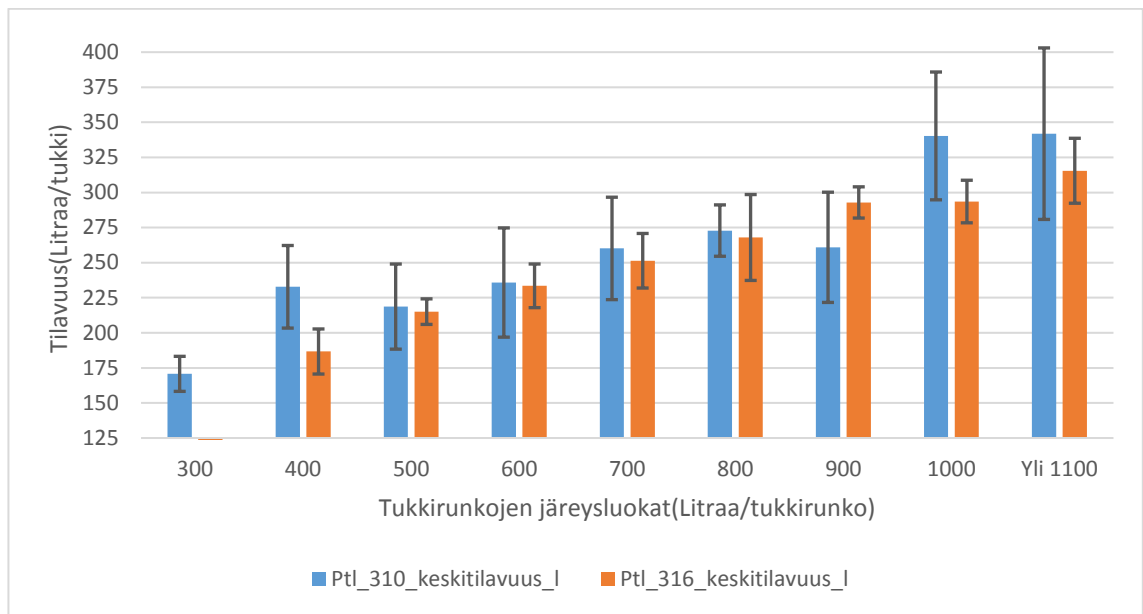
Kuvio 2. Tukkirunkojen leimikkokohtaisen saannon keskitilavuus järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan keskikuutiometrimäärän keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

Tukkirunkojen tukkiprosentin huomattiin nousevan käytettäessä puutavaralajia 316 järeysluokissa 600, 700, 800, 900 ja yli 1100 litraa. Nousun määrä vaihteli 1–2 prosenttiyksikön välillä. Järeysluokissa 400, 500 ja 1000 litraa tukkiprosentti laski 0,5–2,3 prosenttiyksikköä. Tukkiprosentin keskihajontaa tarkasteltaessa voitiin todeta, että järeysluokkien välillä oli pääsääntöisesti enemmän hajontaa käytettäessä puutavaralajia 316. Keskihajonta oli heikompaa puutavaralajilla 316 luokissa 700, 800 ja yli 1100 litraa. (kuvio 3.)



Kuvio 3. Tukkirunkojen tukkiprosentti järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316 Virhepalkilla kuvataan tukkiprosentin keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

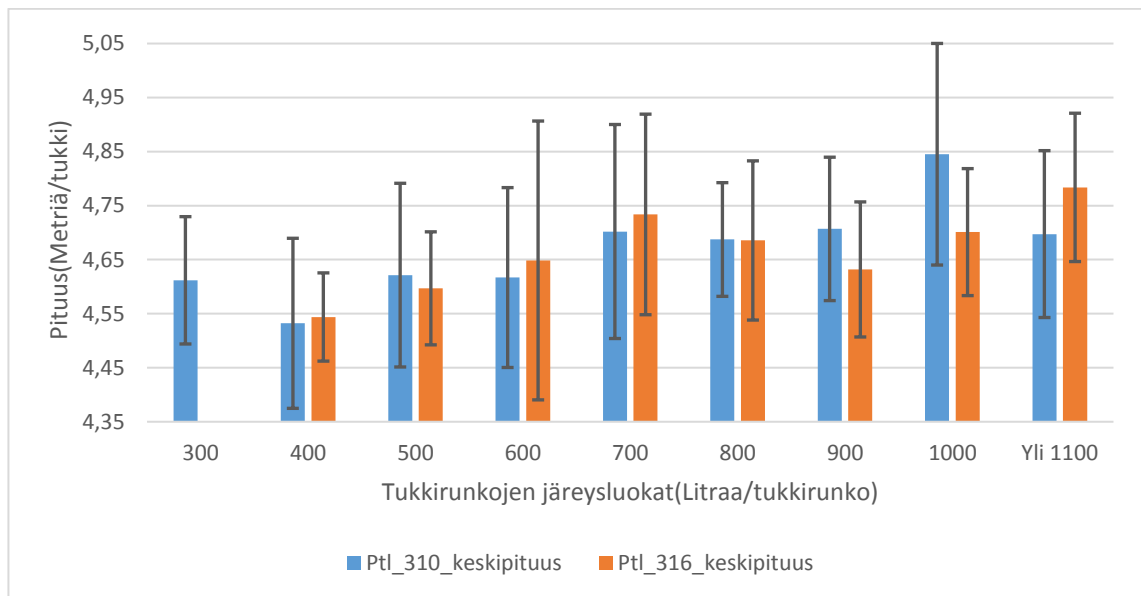
Yksittäisten tukkien tilavuutta tarkasteltaessa huomattiin, että käytettäessä puutavaralajia 316 keskitilavuus nousee puutavaralajiin 310 verrattuna vain luokassa 900 litraa. Tuloksista oli tulkittavissa, että keskitilavuuden erot puutavaralajien välillä ovat verrattain pieniä saman järeysluokan sisällä. Suurimmillaan ero oli luokassa 1000 litraa, jossa tilavuuksien erotukseksi muodostui 46,8 litraa. Pie-nimmillään ero oli luokassa 600 litraa, jossa erotus oli 2,3 litraa. Keskihajontaa tarkasteltaessa huomattiin, että puutavaralajin 316 tukkien tilavuuden hajonta oli maltillisempaa kuin tavaralajin 310 sisällä. Molempien tavaralajien keskihajontaa kuvaavista virhepalkeista oli huomattavissa selvä poikkeama luokkien 800 ja 900 litraa välillä. Puutavaralajissa 316 keskihajonta lisääntyi edelliseen järeysluokkaan nähden 12 litraa, mutta siirryttäessä luokkaan 900 litraa hajonta pieneni 11 litraan. Puutavaralajilla 310 muutos tapahtui toiseen suuntaan. Siirryttäessä järeysluokasta 700 litraa luokkaan 800 litraa, keskihajonta puolittui 36 litrasta 18 litraan. Tämän jälkeen hajonta lisääntyi voimakkaasti suuremmissa järeysluokissa (kuvio 4.)



Kuvio 4. Tukkien keskitilavuus järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan tukkien keskitilavuuden keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

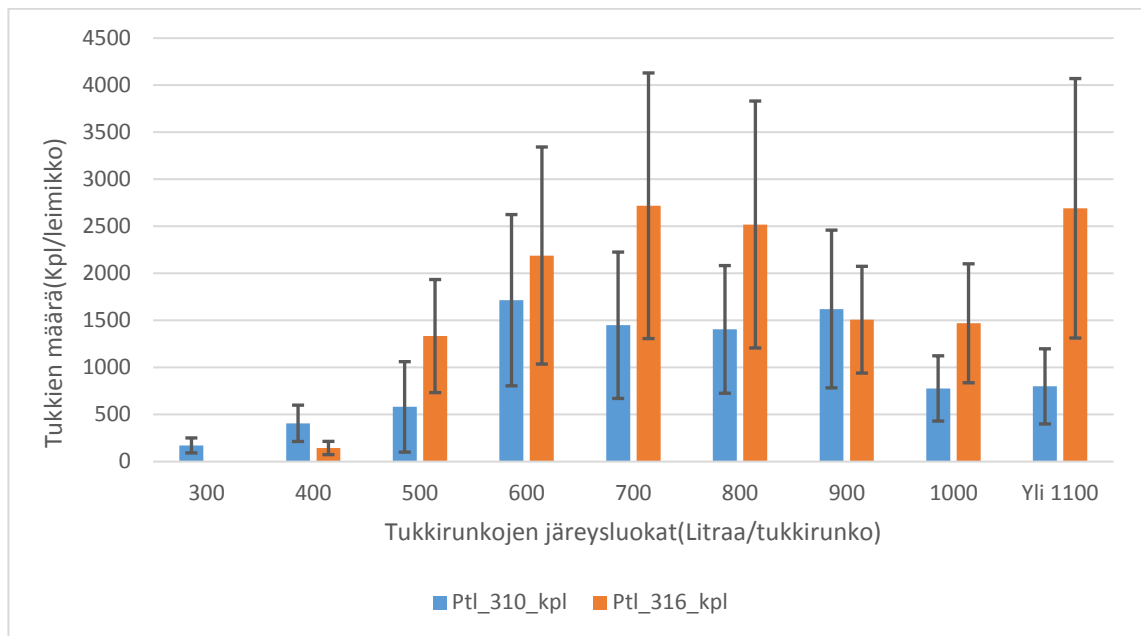
Käytettäessä puutavaralajia 316, tukkien keskipituus nousi järeysluokissa 400, 600, 700, ja yli 1100 litraa verrattuna puutavaralajiin 310. Pituuden lisääntyminen oli kuitenkin hyvin maltillista suurimman keskimääräisen arvon ollessa noin 0,086 metriä joka vastaa 8,6 senttimetriä. Keskimääräiset pituudet olivat muutenkin hyvin lähellä toisiaan järeysluokasta riippumatta, sillä suurimman ja pienimmän arvon erotus oli vain 0,32 metriä joka vastaa 32 senttimetriä. Puutavaralajin 316 keskipituuden keskihajonta on välillä 0,08–0,26 metriä. Kuviosta 5 on huomattavissa, että puutavaralajin 310 keskipituuden keskihajonta on hieman vähäisempää verrattuna puutavaralajiin 316. Keskihajonta sai arvoja välillä 0,11–0,21 metriä ja sen vaihtelut järeysluokkien välillä olivat pääsääntöisesti pienempiä.





Kuvio 5. Tukkien keskipituus järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan tukkien keskipituuden keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

Tukkien leimikkokohtaiset keskikappalemäärät nousivat kaikissa järeysluokissa puutavaralajia 316 käytettäessä lukuun ottamatta järeysluokkia 400- ja 900 litraa. Muutos puutavaralajiin 310 oli nousseissa järeysluokissa merkittävä, sen ollessa keskimäärin 1033 kappaletta. Myös kappalemäärien keskihajonta oli voimakasta järeysluokkien välillä käytettäessä puutavaralajia 316. Puutavaralajia 310 käytettäessä keskihajonta oli maltillisempaa ja muutokset järeysluokasta toiseen siirtyessä olivat keskimäärin pienempiä kuin puutavaralajilla 316 (Kuvio 6.)



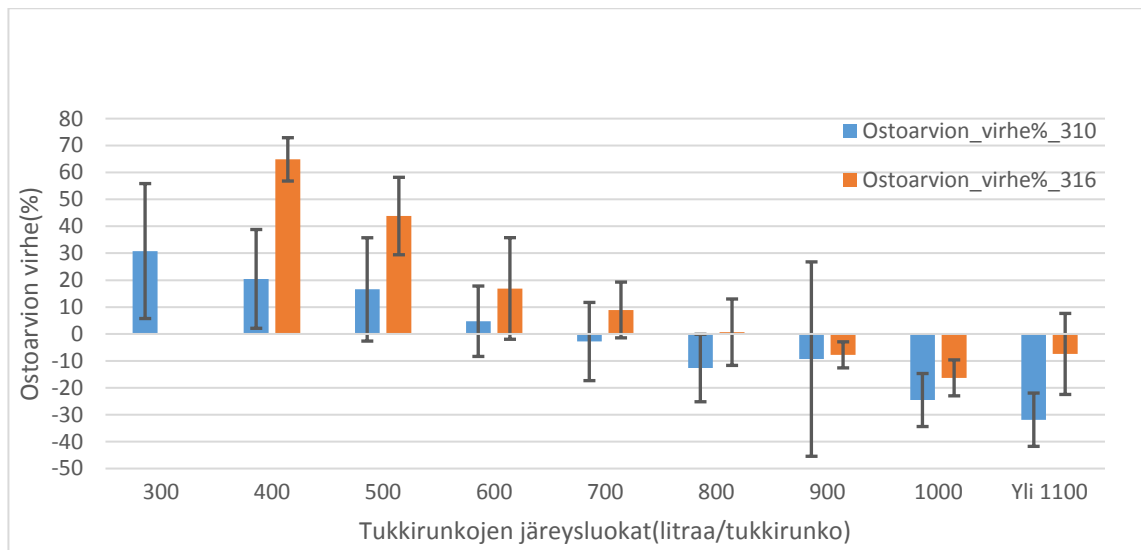
Kuvio 6. Tukkien keskimääräinen kappalesaanto/leimikko järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan tukkien keskimääräisen kappalesaannon/leimikko keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

## 9.2 Ostoarvion toteutuminen

Ostoarvion ominaisuuksista merkittävimäksi asetettiin tukkirunkojen arvioidun järeysden toteutuminen, joten tutkimuksessa keskityttiin siihen. Arvion toteutusta tutkittiin laskemalla ostoarvion virheprosentti. Vertailu suoritettiin puutavaralajien 310 ja 316 välillä tukkirunkojen järeysluokkien sisällä.

Virheprosentteja tarkasteltaessa havaittiin, että järeysluokasta 600 litraa ylöspäin siirryttäessä ostoarvio oli toteutunut todella hyvin varsinkin puutavaralajilla 316. Tästä erityisenä osoituksena on järeysluokka 800 litraa, jossa ostoarvion virhe oli noin 0,7 prosenttia. Järeysluokissa 400–500 litraa virheprosentti oli melko suuri, sen ollessa keskimäärin 54 prosenttia. Puutavaralajilla 310 arvion virhe oli hieman suurempi verrattuna puutavaralajiin 316 järeysluokissa 700–yli 1100 litraa. Luokissa 300–700 litraa puutavaralajin 310 virheprosentti oli keskimäärin 14 prosenttia. Molempien puutavaralajien arvion virhettä tarkasteltaessa todettiin, että järeysluokasta 800 litraa ylöspäin arviot keskijäreystä ovat pääsääntöisesti

liian pieniä. Puutavaralajin 310 ostoarvion virheen keskihajonnan havaittiin olevan pääsääntöisesti voimakkaampaa kuin puutavaralajilla 316. Etenkin järeysluokissa 300, 400, 500 ja 900 litraa keskihajonta oli voimakasta puutavaralajilla 310. Huomattavin ero puutavaralajien keskihajonnan välillä on juuri luokassa 900 litraa, jossa keskihajontojen erotus oli 31,3 prosenttiyksikköä. Tästä huolimatta arvioiden keskimääräisessä virheessä ei ole huomattavaa eroa (kuvio 7.)

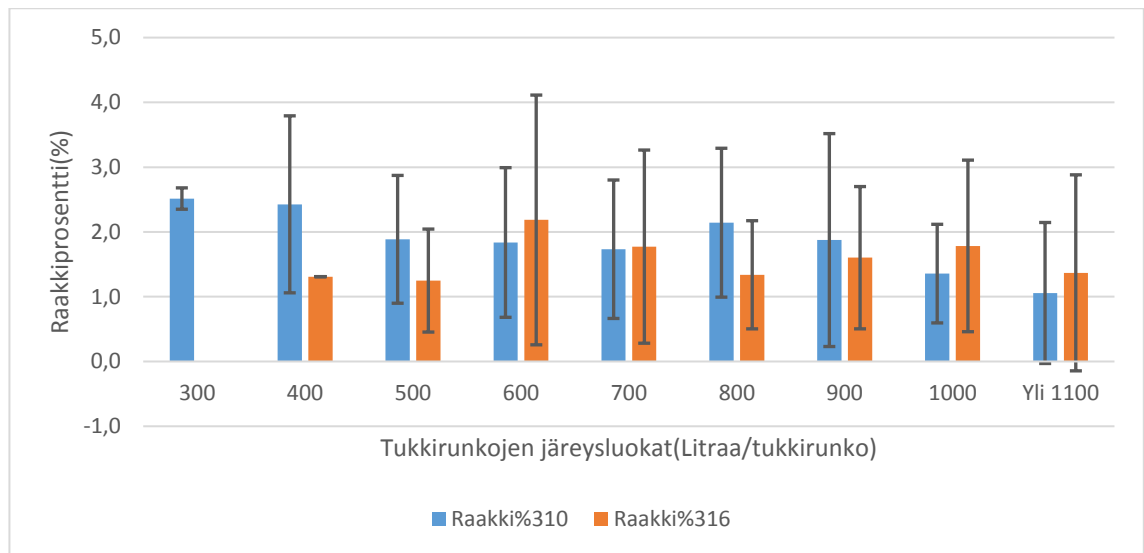


Kuvio 7. Ostoarvion virhe tukkirunkojen leimikkokohtaisesta keskitilavuudesta järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan ostoarvioiden virheen keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

### 9.3 Muutokset raakkiprosentissa

Kolmas tutkimuskysymys käsitteli raakkiprosentin mahdollista muutosta siirryttäessä puutavaralajista 310 puutavaralajiin 316. Tiedot raakkiprosentista saatiin eräkohtaisesti ja laskenta tapahtui painotettua keskiarvoa käyttäen. Vertailussa järeysluokkien sisällä, tavaralajilla 316 oli suurin raakkiprosentti luokissa 600, 700, 1000 ja yli 1100 litraa. Pienemmäksi raakkiprosentti jäi luokissa 400, 500, 800, ja 900 litraa. Yleisellä tasolla todettiin, että raakkiprosentti pysyi asetetuissa rajoissa jokaisessa järeysluokassa puutavaralajista riippumatta. Korkeimman arvonsa raakkiprosentti sai luokassa 300 litraa, jossa puutavaralajin 310 raakkiprosentiksi muodostui 2,5 prosenttia. Pienin arvo oli luokassa yli 1100 litraa, jossa

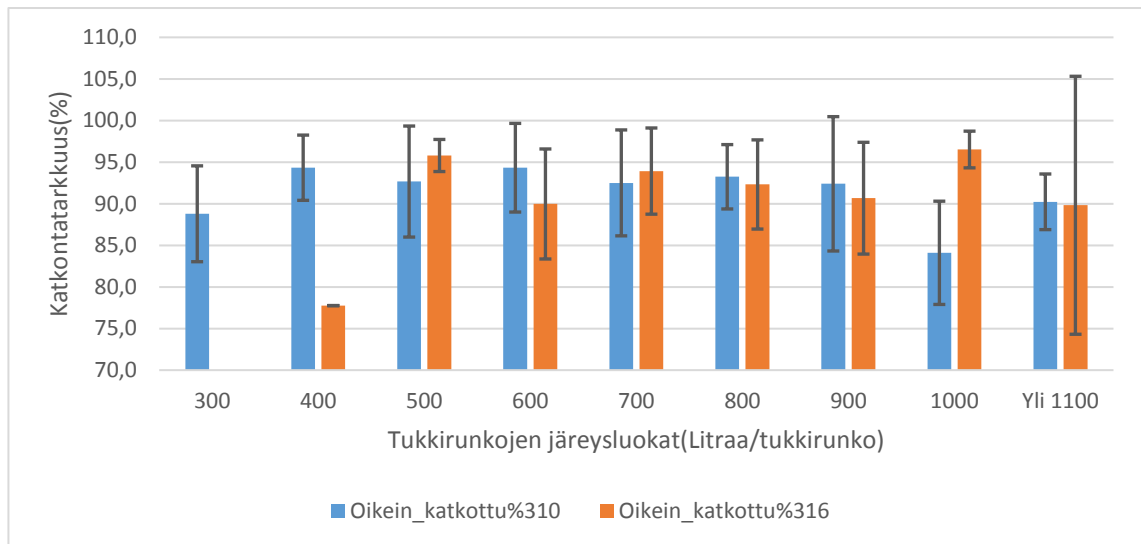
puutavaralajin 310 raakkiprosentti oli 1,1 prosenttia. Puutavaralajin 316 pienin raakkiprosentti oli järeysluokassa 500 litraa (1,2 %) ja suurin luokassa 600 litraa (2,2 %). Raakkiprosentin keskihajonnan voimakkuus vaihteli järeysluokkien ja puutavaralajien välillä. Suurin keskihajonta (1,6 prosenttiyksikköä) havaittiin puutavaralajilla 310 luokassa 900 litraa ja puutavaralajilla 316 (1,9 prosenttiyksikköä) luokassa 600 litraa (kuvio 8.)



Kuvio 8. Tukkien Raakkiprosentti järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan tukkien keskimääräisen raakkiprosentin keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

#### 9.4 Muutokset katkontatarkkuudessa

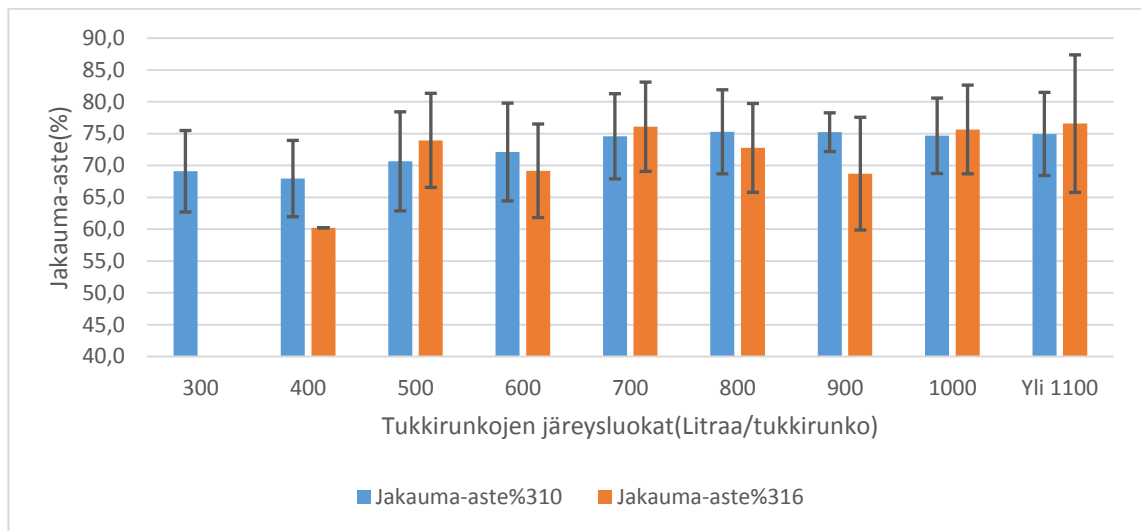
Katkontatarkkuuden muutosta tarkasteltiin myös eräkohtaisesti. Saaduista tuloksista huomattiin, että puutavaralajin 316 katkontatarkkuus oli parempi verrattuna puutavaralajiin 310 järeysluokissa 500, 700 ja 1000 litraa. Katkontatarkkuus oli huonompi luokissa 400, 600, 800, 900 ja yli 1100 litraa. Keskimääräinen ero katkontatarkkuudessa verrattaessa kaikkia järeysluokkia keskenään oli 0,6 prosenttia siten, että puutavaralajin 310 katkonta oli tarkempi. Katkontatarkkuuden keskihajonta vaihteli järeysluokittain molemmilla puutavaralajeilla, mutta suurin hajonta puutavaralajilla 310 (8,1 prosenttiyksikköä) oli luokassa 900 litraa ja puutavaralajilla 310 (15,5 prosenttiyksikköä) luokassa yli 1100 litraa (Kuvio 9.)



Kuvio 9. Tukkien keskimääräinen katkontatarkkuus järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan keskimääräisen katkontatarkkuuden keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

## 9.5 Muutokset jakauma-asteessa

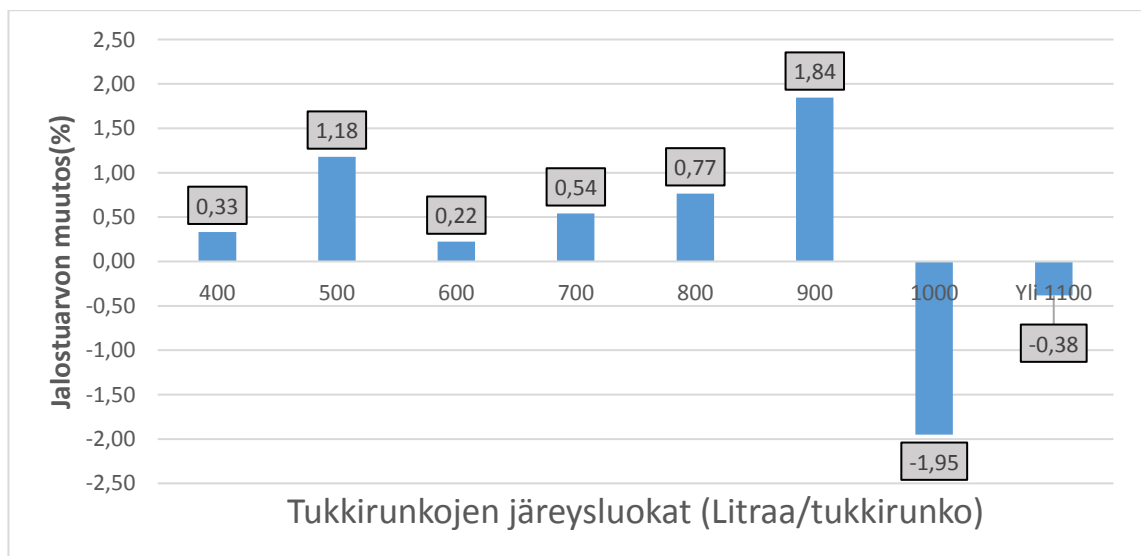
Jakauma-asteen keskimääräiset arvot olivat välillä 60,2–76,6 prosenttia. Vaihtelu järeysluokkien välillä oli voimakkaampaa puutavaralajilla 316 ja jakauma-aste sai pienimmän arvonsa puutavaralajin 316 järeysluokassa 400 litraa. Vastaavasti suurin jakauma-asteen saama arvo oli myös puutavaralajin 316 järeysluokassa yli 1100 litraa. Puutavaralajin 310 pienin jakauma-asteen arvo oli luokassa 400 litraa ja suurin luokassa 800 litraa. Jakauma-asteiden keskihajonta oli tasaista verrattaessa järeysluokkia ja puutavaralajeja keskenään. Tästä poikkeuksena olivat puutavaralajin 310 luokka 900 litraa, sekä puutavaralajin 316 luokka yli 1100 litraa. Puutavaralajilla 310 keskihajonta oli huomattavasti heikompaa verrattaessa luokkaa 900 litraa muihin järeysluokkiin. Puutavaralajin 316 luokassa yli 1100 litraa keskihajonnan todettiin olevan vähintään 2,0 prosenttiyksikköä muita saman puutavaralajin luokkia voimakkaampaa. Jakauma-asteen muutokset sekä keskihajonnat järeysluokittain ovat nähtävissä kuviossa 10.



Kuvio 10. Tukkien jakauma-aste järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316. Virhepalkilla kuvataan tukkien keskimääräisen jakauma-asteen keskihajontaa puutavaralajikohtaisesti.

## 9.6 Muutokset jalostusarvossa

Jalostusarvon muutosta tutkittiin vertailemalla ensin eräkohtaisia jalostusarvoja euromääräisesti. Saadut tulokset taulukoitiin Exceliin ja suoritettiin prosentuaalinen vertailu puutavaralajien välille jokaiseen järeysluokkaan. Prosentuaalisesta muutoksesta luotiin kuvaava pylväsdiagrammi (kuvio 11.)



Kuvio 11. Jalostusarvon muutos järeysluokittain, puutavaralajit 310 ja 316

Diagrammista nähtiin, että jalostusarvo oli parantunut luokissa 400–900 litraa ja huonontunut luokissa 1000 ja yli 1100 litraa. Jalostusarvon nousu oli määrällisesti 0,22–1,84 prosenttiyksikön välillä ja sai suurimman arvonsa järeysluokassa 900 litraa. Luokassa 1000 litraa jalostusarvo oli huonontunut 1,95 prosenttia ja luokassa yli 1100 litraa 0,38 prosenttia.

### 9.7 Tilastollinen testaus järeysluokille 700, 800 ja 900 dm<sup>3</sup>

Tilastollinen testaus päätettiin suorittaa järeysluokissa 700, 800 ja 900 litraa olevalle aineistolle. Tähän päädyttiin sen takia, että kyseiset luokat ovat toimeksiantajalle merkityksellisiä järeyksiä. Lisäksi niihin sisältyi kuutiomääräisesti paljon aineistoa. Testimenetelmäksi valittiin ei-parametrisiin testeihin lukeutuva Mann-Whitney U- testi, sillä sitä käytettäessä aineiston ei tarvitse odottaa olevan normaalijakautunut (Taanila 2013). Lisäksi laskettiin korrelaatiokerroin halutuille ominaisuuksille käyttäen Spearmanin korrelaatiota. Mann-Whitney U-testi ja korrelaatiokertoimen laskeminen suoritettiin SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 21.0-ohjelmaa käyttäen ja korrelaatiota kuvaavat pistepilvet piirrettiin Excel 2016-ohjelmistolla.

Aineiston jokaiseen luokkaan asetettiin seuraavat kolme hypoteesia:

- Jalostusarvo pysyy samana puutavaralajista riippumatta
- Tukkien raakkiprosentti pysyy samana puutavaralajista riippumatta
- Tukkien katkontatarkkuus pysyy samana puutavaralajista riippumatta

Mann-Whitney U-testin tuloksena todettiin, että tilastollista eroa ei ole ja hypoteeseja ei hylätä. Tuloksista lähimpänä 0,05 sig arvoa olivat hypoteesien ”raakkiprosentti on sama puutavaralajista riippumatta” luokassa 800-litraa (sig=0,058), sekä ”jalostusarvo on sama puutavaralajista riippumatta” luokassa 900-litraa

(sig=0,095). Mann-Whitney U-testin tulokset ovat nähtävissä kuvioissa 12, 13 ja 14.

Total N	47	Total N	45	Total N	25
Mann-Whitney U	313,500	Mann-Whitney U	256,500	Mann-Whitney U	102,000
Wilcoxon W	466,500	Wilcoxon W	361,500	Wilcoxon W	147,000
Test Statistic	313,500	Test Statistic	256,500	Test Statistic	102,000
Standard Error	45,159	Standard Error	40,779	Standard Error	17,650
Standardized Test Statistic	1,295	Standardized Test Statistic	,969	Standardized Test Statistic	1,700
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,195	Asymptotic Sig. (2-sided test)	,333	Asymptotic Sig. (2-sided test)	,089
				Exact Sig. (2-sided test)	,095

Kuvio 12. Hypoteesi: Jalostusarvo pysyy samana puutavaralajista riippumatta, puutavaralajit 310 ja 316. Järeysluokat 700, 800 ja 900 litraa.

Total N	54	Total N	46	Total N	26
Mann-Whitney U	312,500	Mann-Whitney U	151,500	Mann-Whitney U	85,000
Wilcoxon W	588,500	Wilcoxon W	271,500	Wilcoxon W	140,000
Test Statistic	312,500	Test Statistic	151,500	Test Statistic	85,000
Standard Error	57,159	Standard Error	42,672	Standard Error	18,970
Standardized Test Statistic	-,770	Standardized Test Statistic	-1,898	Standardized Test Statistic	,264
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,441	Asymptotic Sig. (2-sided test)	,058	Asymptotic Sig. (2-sided test)	,792
				Exact Sig. (2-sided test)	,816

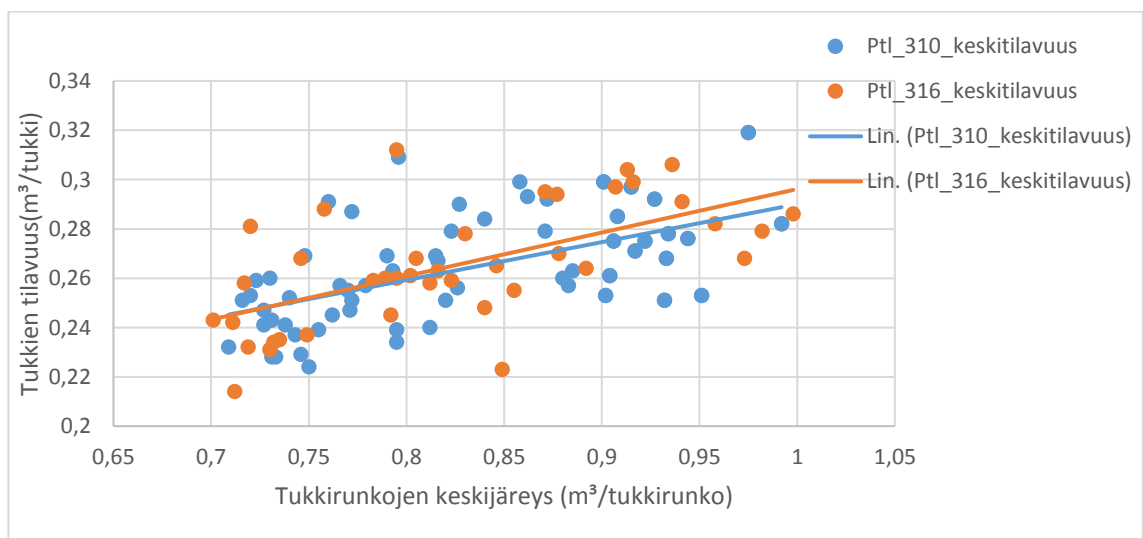
Kuvio 13. Hypoteesi: Tukkien raakkiprosentti pysyy samana puutavaralajista riippumatta, puutavaralajit 310 ja 316. Järeysluokat 700, 800 ja 900 litraa.



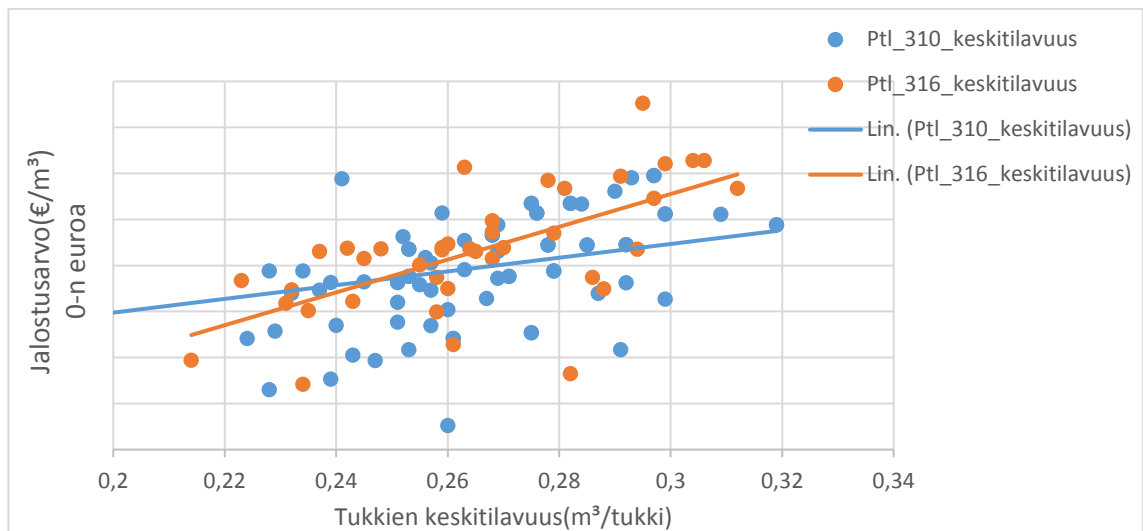
Total N	54	Total N	46	Total N	26
Mann-Whitney U	405,000	Mann-Whitney U	222,500	Mann-Whitney U	74,000
Wilcoxon W	681,000	Wilcoxon W	342,500	Wilcoxon W	129,000
Test Statistic	405,000	Test Statistic	222,500	Test Statistic	74,000
Standard Error	57,160	Standard Error	42,672	Standard Error	18,970
Standardized Test Statistic	,848	Standardized Test Statistic	-,234	Standardized Test Statistic	-,316
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,396	Asymptotic Sig. (2-sided test)	,815	Asymptotic Sig. (2-sided test)	,752
				Exact Sig. (2-sided test)	,776

Kuvio 14. Hypoteesi: Tukkien katkontatarkkuus pysyy samana puutavaralajista riippumatta, puutavaralajit 310 ja 316. Järeysluokat 700, 800 ja 900 litraa.

Korrelaatiota tutkittiin tukkirunkojen keskijäreysten ja puutavaralajien tukkien keskitilavuuden välillä sekä puutavaralajien ja jalostusarvon välillä. Tuloksista huomattiin, että puutavaralaji 316 korreloi hieman voimakkaammin niin tukkirungon keskijäreysten, kuin myös jalostusarvon kanssa verrattuna puutavaralajiin 310. Puutavaralajin 310 keskitilavuuden korrelaatiokertoimet olivat tukkirunkojen keskitilavuuteen verrattaessa 0,497 ja jalostusarvoon verrattaessa 0,512. Puutavaralajilla 316 vastaavat korrelaatiokertoimet olivat 0,683 ja 0,663. Korrelaatioita havainnollistavat pistepilvet ovat nähtävissä kuvioissa 15 ja 16.



Kuvio 15. Tukkirungon keskijäreysten korrelaatio tukkien keskitilavuuteen, puutavaralajit 310 ja 316.



Kuvio 16. Tukkien keskitilavuuden korrelaatio jalostusarvon kanssa, puutavaralajit 310 ja 316.

Molemmissa kuvaajissa (kuvio 15 ja 16, s.38) on huomattavissa positiivinen nouseva korrelaatio ja puutavaralajin 316 voimakkaampi korreloivuus. Molempia korrelaatioita tutkittaessa, poistettiin tutkimusaineistosta poikkeavat havainnot joita kutsutaan termillä outliers (Heikkilä 2014b, 11). Poikkeavat havainnot voivat vaikuttaa virheellisesti korrelaatiokertoimen muodostumiseen, joten ne tulisi poistaa aina aineistosta.

## 10 Aikaisempi tutkimus katkonnan ohjauksesta

Kuusitukin katkonnassa käytettävien aptien noudattamisesta on tehty pro gradu tutkimus, jossa keskityttiin varsinkin pakkokatkonnan yleisyyden tutkimiseen Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella (Änäkkälä 2017). Pakkokatkonnalla tarkoitetaan hakkuukoneen aptin ilmoittaman katkontamallin ohittamista jostakin syystä. Tutkimuksessa selvitettiin myös, mitkä syyt johtavat pakkokatkontaan ja kuinka se vaikuttaa kuusitukin laadullisiin ominaisuuksiin ja katkontatulokseen. Tutkittavia ominaisuuksia olivat muun muassa raakkiprosentti, katkontatarkkuus, jakauma-aste, tukin keskijäreys, tukin keskipituus ja tukkiprosentti.

Tutkimuksen aineistona käytettiin Itä-Suomen hankinta-alueella kuusitukkaa hakanneiden hakkuukoneiden stm-tiedostoja. Stm-tiedostolla tarkoitetaan runkotiedostoa, jonka kone muodostaa katkotuista rungoista (John Deere 2018).

Tutkimuksessa huomattiin, että pakkokatkontaa käytetään yleisesti (pakkokatkontaprosentti 49,5) ja se on yleisempää harvennushakkuilla kuin avohakkuilla. Tuloksista selvisi myös, että pakkokatkontaa joudutaan käyttämään enemmän silloin, kun rungon tukkiosuus on lyhempi ja järeydeltään pienempi. Änäkkälän (2017) mukaan, pakkokatkontan seurauksena ei syntynyt merkittävää yhteyttä kuusitukin raakkiprosentin, keskijäreyden tai katkontatarkkuuden kanssa. Pakkatkontonnalla todettiin olleen merkitystä jakauma-asteen, keskipituuden ja tukkiprosentin muodostumiseen. Jakauma-asteen huomattiin pienenevän ja keskipituuden ja tukkiprosentin laskevan (Änäkkälä 2017, 52–53.)

## **11 Johtopäätökset**

### **11.1 Aineiston laajuus ja luotettavuus**

Aineisto saatiin kerättyä erittäin laajaksi ja kattavaksi. Kokonaiskuutiomäärästä muodostui suuri ja se jakautui hyvin niihin järeysluokkiin joista haluttiin erityisesti tietoa. Toimeksiantajan näkökulmasta halutuin tieto oli järeysluokissa 700–900 litraa ja näiden luokkien yhdistetty kuutiomäärä vastasi noin 51 prosenttia koko otoksesta. Kokonaisuudessaan tuotantotiedostoista koostettu otos vastasi noin 16 prosenttia Kiteen sahan vuotuisesta tukkipuun kulutuksesta. Aineiston ominaisustiedosta saatiin tehtyä hyvin laaja, mikä mahdollisti kaikkien haluttujen ominaisuuksien tutkimisen luotettavasti. Lisäarvoa aineistolle antoi myös tutkimuksessa välillisesti mukana olleiden tukkilajien taulukoiminen mukaan aineistoon. Tällä mahdollistettiin aineiston käyttö myös muussa tutkimuksessa.

Laadullisesti aineistoa voidaan pitää tarkkana, sillä kaikki tieto on kerätty virallisesti hyväksytyillä mittaustavoilla ja -laitteilla. Mittauksissa käytettävien laitteistojen tarkkuutta tarkkaillaan säännöllisin väliajoin kontrollimittauksilla, joiden laajuus vaihtelee.

## 11.2 Ominaisuuksien muutokset

Tutkimuksessa huomattiin, että käytettäessä puutavaralajia 316 leimikkokohtainen tukkirunkojen kokonaistilavuus nousi lähes poikkeuksetta verrattuna puutavaralajilla 310 hakattuihin leimikoihin. Tämä johtui varmasti suurimmaksi osaksi oston ohjeistuksesta, jossa kehoitettiin käyttämään puutavaralajia 316 keskimääräistä parempilaatuisemmissa ja järeämmissä kohteissa. Monesti tämän kaltaiset kohteet ovat myös suurempia kokonaisuuksia, jolloin leimikon keskikoko kasvaa väistämättä. Muutos voi johtua myös jollain tasolla ihmisten puunmyyntikäyttämisen muutoksesta, mutta tätä ei voida todeta varmuudella tämän tutkimuksen kautta. Aineistossa mukana olleet kaupat olivat kuitenkin vuosilta 2015–2017, joten jonkinlainen muutos on mahdollinen.

Laadullisten ominaisuuksien muutoksen voitiin sanoa olleen melko maltillista, mutta havaittavissa oli kuitenkin muutos haluttuun suuntaan. Tukkiprosentin pääsääntöisen nousemisen uskottiin myös johtuneen osaltaan puutavaralajille 316 valikoiduista leimikoista, mutta oma osuutensa oli varmasti myös puutavaralajin sopivilla läpimitta- ja pituusyhdistelmillä sekä ammattitaitoisilla hakkuukoneen kuljettajilla. Palaute kuljettajilta oli myös tutkimustulosta tukevaa. Heidän kokemuksensa mukaan, puutavaralajin 316 vaikutus tukkiprosenttiin oli sitä parantava. Aptia pidettiin toimivana ja siihen uskallettiin luottaa. Aptin antaman katkontavaihtoehdon ohittamisella on huomattu olevan alentava vaikutus tukkiprosenttiin (Änäkkälä 2017).

Keskijäreymys nousun todettiin olevan järeysluokkakohtaista. Luokissa 500–800 litraa molempien puutavaralajien järeymys olivat kuitenkin yhdeksän litran sisällä

toisiinsa nähden, joten pystyttiin toteamaan että tilanne ei ole muuttunut kovin-kaan paljon. Kahdessa järeimmässä luokassa keskijäreys oli pienentynyt suurimillaan 47 litraa. Järeyttä tarkastellessa tulisi ottaa huomioon eri pituuksien vaikutus pölkkyjen kokonaisjäreyteen. Tällaista tarkastelua varten tulisi kuitenkin olla tieto tukkien jakautumisesta eri läpimitta- ja pituusyhdistelmiin.

Keskipituuden muutosta uudella puutavaralajilla ei suoranaisesti tavoiteltu, joten vertailun osoittama lopputulos pituuden vaihteluista ei ollut tutkimuksen olennaisin osa. Pystyttiin kuitenkin toteamaan, että keskipituudessa ei ollut tapahtunut merkittävää muutosta jos vertailu suoritettiin järeysluokkien sisällä. Suurin muutos järeysluokkakohtaisesti oli tapahtunut luokassa 1000 litraa, jossa keskipituus oli lyhentynyt 15 senttimetriä. Kilpeläisen, Malisen, Piiran, Verkasalon ja Wallin (2007) selvityksessä leimikon puutavaralajikertymän ja myyntihinnan vaihtelusta erilaisilla katkontavaihtoehdoilla todettiin, että hakattaessa kuusitukkia, lyhyiden tukkimittojen vaikutus tukkisaantoon ei ole läheskään niin merkittävä kuin mänty-tukkia hakattaessa. Myöskään tässä tutkimuksessa tukkien keskipituuden muutoksella ei huomattu olevan suoraa vaikutusta tukkiprosenttiin.

Tukkien keskikappalemäärän nousun puutavaralajilla 316 pääteltiin olevan suoraan verrannollinen ominaisuus leimikoiden kokonaistukkirunkojen kuutiomäärän nousuun. Kappalemäärien nousu oli ollut huomattavaa etenkin suuremmissa järeysluokissa, joissa ovat yleensä myös suurimmat leimikot kuutiomääräisesti mitattuna. Leimikkokohtaisia vaikutuksia on myös leimikon ominaisuuksiin perustuvan aptin ohjaamalla katkonnalla. Erilaiset aptit voivat muodostaa hyvinkin erilaisen pölkkyvaihtoehdon toisiinsa nähden, joten aptin vaikutusta ei voitu myöskään poissulkea.

### **11.3 Arvio ja sen merkitys**

Ostettaessa puutavaralajia 316, ostajan arviota kohdevalinnassa voidaan pitää erittäin tärkeänä useastakin syystä. Tärkein puutavaralajin valintaan vaikuttava

laadullinen tekijä on leimikon tukkirunkojen keskijäreys. Tämän arviointi on kokonaan ostajan vastuulla ja se muodostaa tärkeän osan myös leimikon hinnoittelusta. Myös puuston yleinen laatu on tärkeää osata arvioida oikein, sillä sekin vaikuttaa suuresti hakkuusta saatuun lopputulokseen.

Tarkasteltaessa kuviota 7 (s.35) pystyttiin toteamaan että ostoarvio oli toteutunut järeämissä luokissa todella tarkasti. Tulos oli hyvä, sillä Mutasen (2015) tutkimuksessa todettiin, että ohjatessa katkontaa nykyistä kehittyneemmin ilman tarkkaa ennekkosuunnittelutietoa, aiheutuu enemmän kustannuksia kuin hyötyä. Kaaviossa näkyvät suuremmat virheprosentit puutavaralajilla 316 luokissa 400 ja 500 litraa johtuivat siitä, että puutavaralajia ei ole tarkoitettu ostettavaksi vielä kyseisistä järeysluokista. Arvio oli tehty sen takia huomattavasti järeämmäksi ja näin ollen virheprosentistakin muodostui melko suuri. Syitä arvion suureen virheeseen voivat olla esimerkiksi kohtuullisen yleisesti tapahtuvat muutokset hakattavien leimikoiden rajauksissa. Luokassa 400 litraa oli myös otettava huomioon sen sisältämä pieni kuutiomäärä.

#### **11.4 Raakkiprosentti ja katkontatarkkuus**

Pienemmän raakkiprosentin omaava puutavaralaji vaihteli läpimittaluokittain, mutta yleisellä tasolla jokaisessa luokassa pysyttiin alle 2,5 prosentin raakkiprosenttilukemassa. Tätä pidettiin todella hyvänä tuloksena otoksen koko huomioiden ja seuraava toimenpide asiassa on saavutetun tason ylläpitäminen. Keskimääräinen raakkiprosentti jäi myös sahan asettaman tavoiteraakkiprosentin alle, joten tulosta voitiin pitää hyvänä senkin osalta.

Katkontatarkkuudessa oli myös vaihtelua järeysluokkien ja puutavaralajien sisällä, mutta pääsääntöisesti pysyttiin yli 90 prosentin tarkkuudessa. Katkontatarkkuudella on merkitystä raakkiprosentin muodostumiseen, sillä tukista voi tulla raakki myös väärän pituuden vuoksi. Katkontatarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi katkottavan puun järeys ja kohteen ennakkoraivaamattomuus. Järeät puut on yleensä katkottava lähellä maanpintaa tai jopa tuettuna, sillä ne

repeävät herkästi ja pituusmitta voi muuttua. Leimikolla oleva runsas alikasvos taas voi mennä hakkuukoneen mittapyörän ja kouran väliin ja sotkea näin pituuden mittaamista. Myös runkojen mutkat ja huono laatu voivat vaikuttaa mittapyörän toimintaan. Keskimääräinen katkontatarkkuus vastasi kuitenkin sahan asettamaa rajaa katkontatarkkuudelle, joten tulosta pidettiin hyvänä molemmilla puutavaralajeilla.

### **11.5 Jakauma-asteen muodostuminen**

Jos luokkaa 400 litraa ei oteta huomioon vähäisen puumääränsä takia, suurin ero jakauma-asteisiin puutavaralajien välille havaittiin luokassa 900 litraa. Muuten järjestyksien jakauma-asteet olivat luokan sisällä verrattaessa melko lähellä toisiaan. Tulos poikkesi ennako-olettamuksesta, sillä olettamus jakauman muutokseen oli se, että puutavaralajilla 316 olisi vaikeampaa saada sahan asettamaa jakauma-astetta täyttymään kuin puutavaralajilla 310. Tämä johtui siitä, että puutavaralajilla 310 on käytössä enemmän pituuksia ja oletettiin, että niillä olisi helpompaa täyttää sahan tavoitejakauma kuin puutavaralajin 316 pituuksilla. Ajatuksena oli myös se, että yhdistämällä molempien puutavaralajien jakauma-asteet saataisiin aikaan yksi jakauma, joka mukailisi sahan asettamaa tavoitejakaumaa. Nämä asiat huomioon ottaen saatua lopputulosta voitiin pitää hyvänä, sillä se tarkoitti että sahalla oli paremmin käytössään pituus- ja läpimittayhdistelmiä, joita se tarvitsi.

### **11.6 Jalostusarvo**

Tukkisuman ominaisuuksien muuttamisella pyrittiin Kiteen sahan kuusitukin jalostusarvon nousuun. Tämä oli suurin syy uuden puutavaralajin kehittämiseksi ja ostoon ottamiselle. Ominaisuuksiltaan sopivasta tukista saataisiin sahattua kysyttyä puutavaraa enemmän ja tehokkaammin. Määrän lisääminen tapahtuisi sopivien läpimitta- ja pituusyhdistelmien kautta ja tehokkuus saataisiin raaka-aineen tarkalla hyödyntämisellä.

Kuviosta 11 (s. 39) pystyttiin toteamaan, että jalostusarvo oli parantunut kaikissa luokissa välillä 400–900 litraa ja huonontunut luokissa 1000 ja yli 1100-litraa. Luokassa yli 1100 litraa arvo pieneni suhteellisen vähän verrattuna luokkaan 1000 litraa. Syytä jalostusarvon pienenemiseen luokassa 1000 litraa voisi tutkia tarkastelemalla tukeista sahattuja lopputuotteita, sillä kuviossa 11 oli kuitenkin muuten havaittavissa nouseva suunta jalostusarvon ja tukkirunkojen järeyden suhteessa. Tulos oli yllättävä, sillä olettamuksena oli, että jalostusarvon muutos näkyisi positiivisena muutoksena etenkin järeämmissä tukkiluokissa sopivien tukkipituuksien seurauksena. Kuvioista 4 ja 5 (s. 32–33) huomattiin, että kyseisessä järeyden luokassa puutavaralajin 316 tukit ovat olleet keskimääräisesti sekä lyhempiä että tilavuudeltaan pienempiä. Tällä oli varmasti jonkinlainen vaikutus jalostusarvojen eroon.

## 12 Pohdinta

Puun katkonnalla on suuri merkitys niin ostajalle, kuin myyjällekin. Myyjän kohdalla onnistunut katkonta saattaa tehdä suuren eron puunmyyntituloon ja suurimmillaan tämä ero on juuri avohakkuuleimikoissa. Ostajan intresseissä taas on sopivien läpimitta- ja pituusyhdistelmien saaminen sahoille ja tehtaille, jotta voitaisiin valmistaa suurimman jalostusarvon omaavia tuotteita. Näiden tavoitteiden yhteensovittaminen on haastava tehtävä, joka jää suurilta osin ostajan tehtäväksi. Ostajan kannalta suuren merkityksen saa myös kustannustehokkuus tuotannon jokaisessa vaiheessa. Tuotannon tehokkuutta voidaan edistää puuraaka-aineen tarkan hyödyntämisen, sopivien hakkuukohteiden valinnan sekä korjuu- ja kuljetuskustannusten minimoinnilla. Näihin kaikkiin vaatimuksiin on vastattu luomalla uusi puutavaralaji, jonka avulla saadaan hyödynnettyä puun tukkiosuus entistä paremmin sekä lisätään oston kilpailukykyä lähellä tuotantolaitosta olevilla kohteilla.



Kehittyvä metsätalous vaatii jatkuvasti uusia innovaatioita. Puukauppa on myös palvelu, jota on kehitettävä ollakseen kilpailukykyinen. Onnistuneella kaupalla saatetaan luoda vuosikymmeniä kestävä asiakassuhde, josta molemmat osapuolet hyötyvät. Hyvä kauppa koostuu useasta osa-alueesta, joita ovat muun muassa asiakaspalvelu, kilpailukykyinen hinta ja sopiva valikoima tuotteita. Puukaupassa nämä tuotteet ovat ostettavat puutavaralajit ja niiden sisäiset katkontavaihtoehdot. Valveutunut metsänomistaja ymmärtää puukaupan käytännöt ja osaa odottaa, että sallitut pituudet ja minimilatvaläpimitat puutavaralajeittain kirjataan kaupakirjaan. Tämän takia on ollut tärkeää kehittää ostomenetelmä, jonka hyödyt ovat molemminpuoliset.

Hyöty katkonnasta tulee ostajalle sahan lopputuotteen halutuista ominaisuuksista. Katkonnän merkitys sahalle on merkittävä. Sahan lopputuotteen kysyntään vaikuttaa voimakkaasti se, minkälaisilla dimensioilla puutavaraa on sahattu kussakin pituusluokassa. Jos joudutaan pitämään varastossa puutavaraa, jolle ei ole kunnan markkinoita, sitoutuu siihen turhaan pääomaa. Halutut pituudet ja dimensiot saadaan myytyä asiakkaalle nopeasti halutulla hinnalla.

Tutkimuksen aineiston laajuus loi lopullisille tuloksille luotettavan pohjan. Prd-tiedoissa esiintyvät puumäärät on mitattu hakkuukonemittauksella, joka on Maa- ja metsätalousministeriön vahvistama virallinen puutavaranmittausmenetelmä. (Rantala 2005, 153–154.) Hakkuukonemittauksista voidaan pitää erittäin luotettavaa menetelmänä, sillä koneen mittalaitteet kalibroidaan määrääjain. Kalibrointi tapahtuu mittasaksilla tehdyn tarkastusmittauksen perusteella. Tämän mittauksen suorittaa hakkuukoneen kuljettaja koneen arpomasta puuerästä. Hakkuukoneiden mittalaitteisiin suoritetaan tarkastusmittauksia suuremmalla otannalla puunostajan toimesta. Mittauksen tarkkuudesta pitää huolen myös sahan tukkimittareista saatava konekohtainen mittatarkkuustieto. Aineisto on tutkittavissa uudestaan samasta lähteestä, joten tutkimus voidaan tarvittaessa toistaa samoilla arvoilla.

Kerätessä aineistoa yksityismetsänomistajien hakkuista, oli tietoja käsiteltävä sallassapitovelvollisuuden edellyttämällä tavalla. Aineisto käsiteltiin anonymisti ja

mitään henkilökohtaista tietoa ei julkaistu tutkimuksen yhteydessä. Tutkimuksen tekijää sitoi salassapitovelvollisuus myös muun Stora Enson sisäisen tiedon suhteen. Tämä vaikutti tutkimuksen tietopohjaan ja tulosten julkaisuun, sillä tarkkoja tietoja uudesta ostotavasta ja jalostusarvon muutoksesta ei voitu antaa. Stora Enson arvoihin lukeutuu eettinen toiminta liiketoiminnan jokaisella osa-alueella ja sitä noudatettiin myös tässä tutkimuksessa.

Tutkimuksen tulokset olivat hyödyllisiä toimeksiantajalle, sillä jo ennakkotuloksilla on ollut vaikutusta oston toimiiin Kiteen sahan hankinta-alueella. Sillä saatiin vahvistettua osaa asetetuista ennakkoarvioista, mutta se osoitti myös joitakin parannuskohteita. Uudesta ostotavasta oli olemassa simuloituja ennakkoaineistoja, mutta tämä tutkimus oli ensimmäinen pidemmältä aikaväliltä kerättyyn aineistoon pohjautuva. Tutkimusten tuloksia verratessa huomattiin, että uusi katkontamalli oli toiminut reaaliaineistossa joillain osa-alueilla jopa paremmin kuin simulointiaineistossa.

Opinnäytetyön tärkein tutkimuskysymys oli, onko leimikoiden jalostusarvossa tapahtunut muutoksia? Muut tutkimuskysymykset liittyivät vahvasti tähän, sillä jalostusarvon muutosta haettiin katkotun puutavaran ominaisuuksien muutoksella. Tulokseksi saatiin, että jalostusarvo oli pääsääntöisesti noussut kahta järeysluokkaa lukuun ottamatta. Jalostusarvon muutos oli maltillista, sillä nousu oli mitattavissa 0,22–1,84 prosenttiyksikön välillä.

Uudella puutavaralajilla 316 tavoiteltiin haluttuja pituus- ja läpimittayhdistelmiä, sekä tilavuudeltaan suurempia tukkeja. Pituuksien jakautumisen onnistumista ei pystytä toteamaan tämän tutkimuksen perusteella, mutta tukin pituudella todettiin olevan suora vaikutus myös tukin keskitilavuuteen, joka ei ollut noussut kuin yhdessä järeysluokassa puutavaralajiin 310 verrattuna. Tukkiprosentti nousi pääsääntöisesti käytettäessä puutavaralajia 316 ja raakkiprosentti ja katkontatarkuus olivat hyvällä tasolla. Katkottujen tukkien jakauma-aste sai jopa odotettua parempia arvoja tietyissä järeysluokissa.

Tutkimus toimi eräänlaisena jatkumona Räsäsen (2016) opinnäytetyölle ”Saha-kuution tukin katkonnan vaikutus Kiteen tukin ominaisuuksiin”. Molemmissa töissä on tutkittu ostossa käytettyjä keinoja Kiteen tukin ominaisuuksien parantamiseen. Jatkotutkimuksena näille molemmille töille voisi tarkastella, kuinka katkotut tukit ovat jakautuneet läpimitta- ja pituusluokkiin. Tällä saataisiin vastauksia myös tässä työssä nähdyn tukkien keskitilavuuksien vertailun (Kuvio 4, s.32) tuloksien syihin. Tarkastelun seurauksena voitaisiin parantaa puutavaralajin 316 jo nyt hyvin toimivaa aptia vielä tarpeen mukaan. Aptin noudattamista voitaisiin seurata samalla tavalla, kuin Änäkkälän (2017) tutkielmassa pakkokatkonnan käytämisestä. Näin voitaisiin varmistaa, että aptiin mahdollisesti tehtävät muutokset vaikuttaisivat halutulla tavalla. Tukin ominaisuudet auttavat hyvän ja tarkan korjuutuloksen aikaansaamisessa, joten jalostusarvon paranemiseen pystytään vaikuttamaan parhaiten pituusjakaumaa muuttamalla. Puutavaralajia voisi kokeilla myös ominaisuuksiltaan sopivilla harvennushakkuilla. Kannattavuuden ja jalostusarvon vertailusta tulisi suorittaa uusi vertailu uudella aikavälillä aineiston lisääntyessä.

## 13 Lopuksi

Haluan kiittää Stora Enso Oyj:tä siitä, että sain mahdollisuuden tehdä opinnäytetyön hyödyllisestä, kiinnostavasta ja opettavaisesta aiheesta. Työn tekeminen antoi minulle paljon uutta tietoa ja näkökulmia puunhankinnasta ja sahateollisuudesta. Erityisesti haluan kiittää opinnäytetyön aiheen saamisessa edesauttanutta Ulla Hirvosta, sekä opinnäytetyöprosessissa auttaneita Markku Oikaria ja Kalle Kärhää. Oli hienoa, että Stora Enson henkilöstö oli valmis auttamaan tulevaa metsäalan ammattilaista suurella tietotaidollaan. Ilman apua työtä olisi ollut lähes mahdotonta tehdä. Lisäksi haluan kiittää avusta työn suhteen Karelia-ammattikorkeakoulun opettajia ja etenkin opinnäytetyöni ohjaajaa Esa Etelätaloa.

## Lähteet

- Ahonen, O.P. & Lemmetty, J. 1995. Leimikon tukkijakauman ohjauksen keinot. Metsäteho. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/katsaus-1995\\_05.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/katsaus-1995_05.pdf). 14.11.2017.
- Arminen, P. Suuriniemi, S. & Vuorenpää, T. 1999. Arvomatriisien ja tavoitejakaumien laadinta hakkuukoneelle. Metsätehon raportti 81. [http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon\\_raportti\\_081.pdf](http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/metsatehon_raportti_081.pdf).
- Asp, J. 2013. Opetusmateriaali. Karelia-ammattikorkeakoulu. Sahatavaran valmistus.
- Auvinen, P. 1999. Metsänmittaus. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Bioenergianeuvoja. 2017. Pelletti. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/>. 17.11.2017.
- Heikkilä, T. 2014a. Kvantitatiivinen tutkimus. Edita Publishing Oy. <http://www.tilastollinentutkimus.fi/1.TUTKIMUSTUKI/KvantitatiivinenTutkimus.pdf>. 4.12.2017.
- Heikkilä, T. 2014b. Muuttujien väliset riippuvuudet-esimerkkejä. <http://www.tilastollinentutkimus.fi/5.SPSS/Riippuvuudet.pdf>. 23.2.2018
- littiläinen, P. Immonen, K. Jaakkola, S. Kariniemi, A. Korpilahti, A. Nieminen, T. Pesonen, M. Roininen, K. Strandström, M. & Vartiamäki, T. 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus-opas. Metsäteho Oy.
- John Deere. 2017. Prd-tiedosto. <http://www.timberoffice.com/tuotetuki/sanasto/?x23964=12.0>. 8.11.2017.
- John deere. 2018. Stm-tiedosto. <http://www.timberoffice.com/tuotetuki/sanasto/?x23964=2.0>. 24.3.2018.
- Kallio-Mannila, P. 2017. Puuhuolto/puun hankinta- 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). 5.12.2017.
- Kilpeläinen, H. Malinen, J. Piira, T. Verkasalo, E & Wall, T. Leimikon puutavara-lajikertymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkontaohjeilla. Metsätieteen aikakauskirja. <http://www.metsantutkimuslaitos.fi/aikakauskirja/full/ff07/ff071019.pdf>.
- Kivinen, V.P. & Uusitalo, J. 1999. Metsätieteen aikakauskirja. Tieteen tori. <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6277.pdf>.
- Koivumäki, R. 2017. Lineaarinen optimointi. Internetix. [http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/matematiikka/ma4/lineaarinen\\_optimointi](http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/matematiikka/ma4/lineaarinen_optimointi). 14.11.2017.
- Lammi, P. 2008. Fibonaccin lukujono. Oppilaslähtöistä matematiikkaa. <http://www.kolumbus.fi/pasi.lammi/materiaalit/fibonacci/Fibonaccin%20lukujono.pdf>. 28.2.2018.
- Luonnonvarakeskus. 2015. Valtakunnan metsien inventointi: Puuvarat mahdollistavat hakkuiden lisäyksen. <https://www.luke.fi/uutiset/valtakunnan-metsien-inventointi-puuvarat-mahdollistavat-hakkuiden-lisayksen/>. 16.11.2017.

- Luonnonvarakeskus. 2017. Teollisuuspuun hakkuut uuteen ennätykseen vuonna 2016. <https://www.luke.fi/uutiset/teollisuuspuun-hakkuut-uuteen-ennatukseen-vuonna-2016/>. 16.11.2017.
- Metla. 2012. Suomen metsät eurooppalaisessa vertailussa valikoitujen indikaattorien avulla kuvattuna. <http://www.metla.fi/metinfo/kestavyys/finnish-forest-holdings.htm>. 14.11.2017.
- Metsälaki 2013/1085. Annettu Helsingissä 20.12.2013. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>. 6.3.2018.
- Mutanen, J. 2015. Katkonnan ohjaus ja tyyppileimikointi kuusitukkileimikoissa. Pro gradu. Itä-Suomen yliopisto, Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta.
- Oikari, M. 2017. Stora Enso intranet.
- Ovaskainen, H. 2017a. Yksittäisen rungkon katkonnan optimointi. Opetusmoniste.
- Ovaskainen, H. 2017b. Katkonnan ohjaus. Opetusmoniste
- Puuntuottaja. 2012. Tukkipuun hintaero pysty- ja hankintakaupassa. <http://www.puuntuottaja.com/tukkipuun-hintaero-pysty-ja-hankintakaupassa/>. 11.11.2017.
- Rantala, S. Metsäkoulu. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Rautavirta, M. 2017. Mänty- ja kuusisahatavaran vuosituotanto Suomessa. Metsäteollisuus. <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/sahateollisuus/>. 10.11.2017.
- Räsänen, J. 2016. Sahakuution tukin katkonnan vaikutus Kiteen tukin Ominaisuuksiin. Karelia ammattikorkeakoulu. Metsätalousinsinööri. Opinnäytetyö. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/122366/Rasanen\\_Juho.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/122366/Rasanen_Juho.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Stora Enso Oyj. 2017a. Metsäsanasto. Metsäsanasto. [https://www.storaenso-metsa.fi/metsasanasto/hankintakauppa/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.fi%2F](https://www.storaenso-metsa.fi/metsasanasto/hankintakauppa/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.fi%2F). 29.11.2017.
- Stora Enso Oyj. 2017b. <http://www.storaenso.com/lang/finland>. 29.11.2017.
- Stora Enso Oyj. 2017c. Stora Enso Metsä hankinta-alueet 2017. Intranet.
- Stora Enso Oyj. 2017d. Sahatukin laatu- ja hakkuuohjeet. Stora Enso Metsä.
- Stora Enso Oyj. 2017e. Kitee sawmill. Intranet.
- Stora Enso Oyj. 2017f. Puukauppaopas. [https://info.storaenso-metsa.fi/hubfs/Oppaat/puukauppaopas-1.pdf?utm\\_campaign=Puu-kauppaopas&utm\\_medium=email&\\_hsenc=p2ANqtz-\\_5-DV5XyPy5dl9li4hJ8UcTXJKORNUP88CKZi5GyVbdu7VLIcaJyBiza pgkA2uX449V6YvfLtEDAXj0dHcVmkcT78iV4DiOc1tc6xWn-rAhL3sN9I&\\_hsmi=45651047&utm\\_content=45651047&utm\\_source=hs\\_automation&hsCtaTracking=969fedf3-58db-44a4-a6bd-a896c4a450cc%7Ca006220d-0a93-4a1a-9868-fe307a314bfe](https://info.storaenso-metsa.fi/hubfs/Oppaat/puukauppaopas-1.pdf?utm_campaign=Puu-kauppaopas&utm_medium=email&_hsenc=p2ANqtz-_5-DV5XyPy5dl9li4hJ8UcTXJKORNUP88CKZi5GyVbdu7VLIcaJyBiza pgkA2uX449V6YvfLtEDAXj0dHcVmkcT78iV4DiOc1tc6xWn-rAhL3sN9I&_hsmi=45651047&utm_content=45651047&utm_source=hs_automation&hsCtaTracking=969fedf3-58db-44a4-a6bd-a896c4a450cc%7Ca006220d-0a93-4a1a-9868-fe307a314bfe). 10.11.2017.
- Suomen metsäkeskus. 2016a. Harvennus. <https://www.metsakeskus.fi/harvennus>. 15.11.2017.
- Suomen metsäkeskus. 2016b. Uudistushakkuu. <https://www.metsakeskus.fi/uudistushakkuu>. 15.11.2017.
- Taanila, A. 2012. P-arvo. <https://tilastoapu.wordpress.com/tag/tilastollinen-testaus/>. 23.2.2018

- Taanila, A. 2013. Mann-Whitney U-testi. <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/03/08/mann-whitney-u-testi/>. 14.3.2018
- UPM Metsä. 2014. Mikä on pystykauppa. <https://www.metsamaailma.fi/fi/News/Sivut/Mika-on-pystykauppa.aspx>. 15.11.2017.
- Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2017. Kvantitatiivisen analyysin perusteet. <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0709019/1193463890749/1193464131489/1194289328583/1194289824724.html>. 22.1.2018.
- Änäkkälä, J. 2017. Pakkokatkonnän yleisyys ja siihen vaikuttavat tekijät kuusitukin katkonnassa Stora Enso Metsän Itä-Suomen hankinta-alueella. Pro gradu. Itä-Suomen yliopisto. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta.