



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

TUKIN KATKONTA POHJOIS-PIRKAN JA PIRKANMAAN METSÄNHOITOYHDISTYS- TEN ALUEELLA

Mikko Virtanen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2017
Metsätalous



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutus

VIRTANEN, MIKKO

Tukinkatkonta Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan ja Pirkanmaan alueella

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 13 sivua
Huhtikuu 2017

Puukauppaa tehtäessä leimikon kilpailuttaminen on olennainen osa taloudellisesti kannattavaa metsätaloutta. Puutavaralajikohtaisen kuutiohinnan ohella tukkipuun katkonta erityisesti uudistushakkuilla vaikuttaa suuresti lopulliseen puukauppasummaan. Tämä opinnäytetyö on tehty Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan tilauksesta. Sen tavoitteena on selvittää, onko Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan ja Pirkanmaan alueiden puunostajien puutavaralajien katkonnoissa tilastollisesti merkitsevää eroa uudistushakkuuleimikoissa ja saada tilastotietoa puunostajakohtaisista tukin katkonnoista, jotta Metsänhoitoyhdistykset voivat palvella paremmin jäseniään puukaupan kilpailutuksessa paremman puukauppatulon saamiseksi.

Tutkimusmenetelmänä tässä tutkimuksessa on käytetty Kruskal-Wallis-testiä ja Wilcoxon-testiä. Näiden testien avulla selvitettiin, onko eri puunostajien tukkiprosenteissa tilastollisesti merkitsevää eroa järeysluokittain. Tutkimuksessa on tutkittu erikseen sekä männyn, että kuusen katkontaa.

Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että erityisesti kuusirunkojen katkonnoissa on merkitseviä eroavaisuuksia useassa eri järeysluokassa. Männyn katkonnoissa on sen sijaan merkitseviä eroavaisuuksia vain yhdessä järeysluokassa.

Tämän tutkimuksen tuloksista voidaan päätellä, että katkonnassa on merkitseviä eroavaisuuksia erityisesti kuusivaltaisissa leimikoissa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in forestry

VIRTANEN, MIKKO

Timber bucking in Forest management association Pohjois-Pirkka and Pirkanmaa

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 13 pages
April 2017

Bidding in timber sales is an integral part of economical forestry. In addition to the net prices of timber assortments, stem bucking especially at final felling areas has a big impact on the total price of timber sales. This thesis was commissioned by Forest management association Pohjois-Pirkka. The aim of the thesis was to find out if there is statistically significant differences in stem bucking at final felling areas and to acquire statistical data on stem bucking between timber buyers in order for the Forest Management Associations to better serve their members in bidding timber sales to achieve better total price of timber sales.

As research method Kruskal-Wallis-test and Wilcoxon-test were used. These tests were used to examine if there was statistically significant differences between timber buyers log percentages in different tree volume categories.

The results of this thesis show that there are statistically significant differences especially in stem bucking of spruce stems in various tree volume categories. Stem bucking of pine stems contains statistically significant differences only in one tree volume category.

According to the results of this thesis it is clear that there is significant differences in stem bucking especially in spruce-intensive forests.

Key words: forest management association, stem bucking

SISÄLLYS

2	KATKONTA.....	6
2.1	Katkongan monitavoitteellisuus	6
2.2	Puutavaralajit	6
2.3	Mitta -ja laatuvaatimukset	7
2.4	Katkongan ohjaus	8
2.4.1	Runkoprofiilin ennustaminen.....	9
2.4.2	Apteeraus.....	10
2.4.3	Arvomatriisi ja jakaumamatriisi.....	10
2.4.4	Paras katkontavaihtoehto	12
2.5	Katkongan tarkkuus	13
2.6	Puustosta riippuvat tekijät.....	13
2.7	Hakkuukoneen mittalaitteen ongelmat	14
2.8	Hakkuukoneenkuljettajan toiminta	14
3	AIEMMAT TUTKIMUKSET	16
4	MENETELMIEN KUVAUS	19
4.1	Aineiston kerääminen	19
4.2	Kruskal-Wallis -testi	20
4.2.1	p-arvo	21
4.2.2	Kruskal-Wallis-testin esimerkkilasku	22
4.3	Wilcoxon -testi.....	22
4.4	Periaate.....	22
5	TULOKSET	28
5.1	Boxplot-taulukot	29
5.2	Kruskal-Wallis –testin p-arvot.....	31
5.2.1	Kuusen p-arvot.....	31
5.3	Männyn p-arvot.....	31
5.4	Wilcoxon-testin p-arvot	31
5.4.1	Kuusen p-arvot.....	32
5.4.2	Männyn p-arvot.....	34
5.5	Tulosten tulkinta	35
6	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET.....	40
	LIITTEET	42

1 JOHDANTO

Puukauppaa kilpailuttaessa puun myyjä vertailee usein vain puutavaralajikohtaisia kuu-
tiohintoja eri ostajien välillä. Tosiasiassa tukin katkonta varsinkin uudistushakkuuleimi-
koissa on myös erittäin merkittävä tekijä puukaupan loppusumman kannalta, mikä koros-
tuu yhä enemmän mitä tasaisempaa kilpailu on puutavaralajien yksikköhinnoissa.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada selkeä kokonaiskuva siitä, millä tavoin eri puunosta-
jat Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan ja Pirkanmaan alueilla katkovat tukkipuuta uu-
distusleimikoilla ja miten leimikon keskijäreys tähän vaikuttaa. Metsänhoitoyhdistykset
saavat tämän opinnäytetyön avulla tietoa siitä, onko puunostajien katkontojen välillä mer-
kitseviä eroavaisuuksia. Näiden tietojen avulla Metsänhoitoyhdistykset voivat palvella
jäseniään paremmin puukaupassa puukaupparjouksia vertaillessa.

Parhaimmassa tapauksessa tästä opinnäytetyöstä saadaan apua puukaupanteossa eritoten
niissä tilanteissa, joissa kaksi tai useampi metsäyhtiötä tarjoaa saman tai lähestulkoon
saman hinnan leimikon puutavaralajeista. On kuitenkin otettava huomioon, että puunos-
tajat muuttelevat APT-tiedostojaan kysynnän mukaisesti, mikä vaikuttaa katkonnan lop-
putulemaan.

2 KATKONTA

Puun katkonnan lopputulokseen vaikuttavat useat eri tekijät. Kaikki pohjautuu lopputuotemarkkinatilanteeseen. Tuotteiden kysyntä, asiakkaan tilaus ja myyntiennusteet luovat pohjan puunhankintaorganisaation metsäosaston arvo- ja jakaumamatriisien teolle, samalla ottaen huomioon vallitsevan varastotilanteen tehtaalla ja varastopaikoilla sekä varantotilanteen. APT-tiedoston lisäksi katkontaan vaikuttavat hakkuun toteutuminen, katkonta-algoritmin toiminta, eli hakkuukoneen tietokoneen laskema katkontatapa ja runkoikäyrän ennustaminen, leimikon runkojakauma, puun laatutekijät, kuten laho tai lenkous, puutavaralajien arvosuhteet matriisissa, hakkuukoneen kuljettajan toiminta sekä mahdolliset mittausvirheet. (Veli-Pekka Kivinen 2007, 31)

2.1 Katkonnan monitavoitteellisuus

Katkonnassa hakkuun eri osapuolilla on erilaiset tavoitteet. Metsänomistajan tavoite on saada mahdollisimman suuri määrä tukkipuuta leimikostaan, mikä tarkoittaa suurempaa puukaupsummaa. Hakkuukoneen kuljettajalla tavoitteena on saada maksimoitua tukki-saanto, mikä suosii metsänomistajaa. Toisaalta hakkuukoneenkuljettaja voi pyrkiä mahdollisimman pieneen raakkiprosenttiin, eli panostaa siihen, että katkotut puutavaralajit vastaavat mahdollisimman hyvin niille asetettuja mitta- ja laatuvaatimuksia. On myös mahdollista, että hakkuukoneenkuljettaja pyrkii vastaamaan mahdollisimman hyvin tavoitejakaumaa, joka on osa APT-tiedostoa. Tämä puolestaan palvelee tuotantolaitoksen tarpeita. Tuotantolaitoksen tavoite katkonnassa on tietystä saadusta kysyntästä vastaava määrä raaka-ainetta jatkojalostettavaksi.

2.2 Puutavaralajit

Eri puunhankintayhtiöt katkoivat päätehakkuuleimikoissaan erinäisiä puutavaralajeja. Kuusella käytettyjä puutavaralajeja olivat sahatukki, sorvitukki-, pikkutukki-, lahokuitu- ja kuitupuu sekä kuusiparru. Männyllä katkottavia puutavaralajeja olivat tukki-, tyvitukki-, välitukki-, latvatukki-, pikkutukki- ja kuitupuu. Tämän lisäksi männyllä katkottiin pylvästä ja mäntyparrua.

Männyn tukkipuun laatuhinnoittelua käytti vain yksi puunostaja katkomalla tyvi-, väli- ja latvatukkia. Mäntypylvästä, joka oli usein hinnoiteltu paremmin kuin sahatukki, katkoi myös vain yksi puunostaja. Pikkutukkia katkoivat suurin osa puunostajista.

Karkeasti ottaen pikkutukin katkonnan kannattavuus metsänomistajan näkökulmasta laskee sen mukaan, mitä järeämpää puusto on. Hyviä pikkutukkileimikoita uudistushakkuihin ovat näin ollen leimikot, joissa puuston keskiläpimitta on alhainen, eikä yksittäisistä rungoista riitä tukkipuuta kuin ”yhteen ja puoleen tukkipölkkyyn”. Yhden ja puolen tukkipölkyn rungoilla tarkoitetaan tässä sitä, että rungosta saa tyveltä yhden tukkipölkyn, mutta tyvitukin latvaläpimitta on niin pieni, ettei rungon loppuosasta saa enää tukkipölkkyä. Tällöin kuitupuuksi saattaa siirtyä tukin minimilatvaläpimitan ylittävää puutavaraa, ellei leimikosta tehdä pikkutukia.

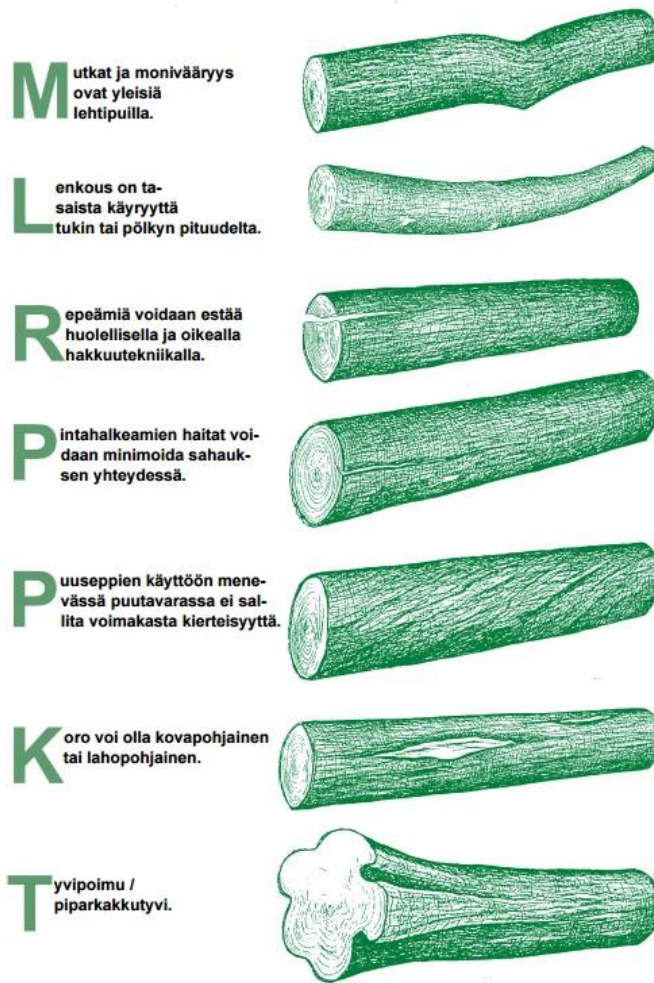
Kilpailuttaessa puukauppaa on siis tärkeää miettiä, mille puutavaralajeille kaupan kohteena oleva leimikko soveltuu. Eri puunostajat katkovat eri puutavaralajeja ja pystyvät näin hyödyntämään eri tavalla erilaisia leimikoita.

2.3 Mitta -ja laatuvaatimukset

Puunostajat määrittelevät puukauppasopimuksissaan hakkuussa käytettävät puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimukset. Puutavaran mittavaatimukset voivat erota ostajittain tapauksesta riippuen. Eroavaisuuksia on lähinnä pituusmittojen suhteen. Minimilatvaläpimitat ovat vakiintuneet kuusitukilla 16 senttimetriin ja mäntytukilla 15 senttimetriin.

Laatuvaatimukset eivät juurikaan eroa eri puunhankintayhtiöiden välillä. Toisaalta on olemassa joitakin poikkeuksia. Eräs tämän tutkimuksen puunostaja sallii pienen määrän lahoa keskellä tukkipölkkyä. Tässä tutkimuksessa tällä seikalla ei todennäköisesti ole juurikaan merkitystä lahon sisältyessä muutenkin tukkiprosenttiin, mutta oikeassa puukaupatilanteessa tämä voi olla yhtiölle suuri kilpailuetu.

Seuraavassa kuvassa näkyy tukkipölkkyjen vikoja. Näistä mutkat, monivääryys, lenkous, korot ja tyvipoimut ovat tukkipuun laatuvaatimusten vastaisia, eikä rungonosista, jotka sisältävät näitä vikoja, voi tulla tukkipölkkyä.



KUVA 1 Tukkipuun mitta- ja laatuvaatimukset. (Puutavaran mitta- ja laatuvaatimukset, 1999)

2.4 Katkonnan ohjaus

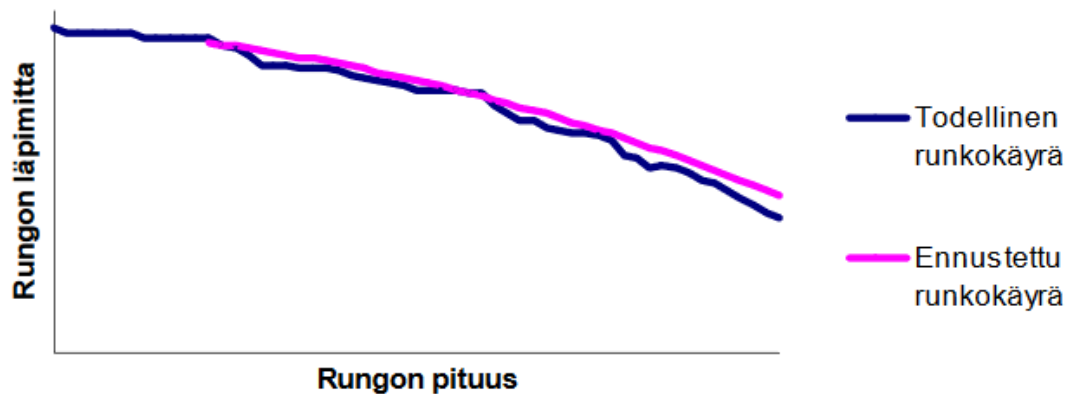
Katkonnan ohjaus itsessään jakautuu kahteen pääkysymykseen. Eurooppalaiset tutkijat ovat yleisesti keskittyneet siihen, mitä puutavaralajeja miltäkin leimikolta hankitaan, kun taas amerikkalaiseen ajattelutapaan kuuluu se, minkälaisia tukkeja (mitoiltaan ja laadultaan) miltäkin puutavaralajilta halutaan. (Uusitalo 2003, 156)

Nykyisessä tavaralajimenetelmään pohjautuvassa hakkuussa rungon katkontaa ohjataan matriisien avulla. (Uusitalo 2003, 156). Arvo- ja jakaumamatriiseilla pyritään vaikuttamaan hakkuukoneen lopulliseen katkontatulokseen siten, että se yhteen sovittaa sekä tuotantolaitoksen, että metsänomistajan tarpeet mahdollisimman hyvin. (Veli-Pekka Kivinen 2007, 26)

2.4.1 Runkoprofiilin ennustaminen

Katkonnan ohjaus perustuu optimointilaskentaan. Optimointilaskenta tarkoittaa sitä, että hakkuukoneen tietokone laskee parhaan mahdollisimman tavan katkoa runko sen arvon maksimoimiseksi ennustetun runkokäyrän perusteella. Hakkuukone pyrkii ennustamaan runkokäyrän mahdollisimman tarkasti perustuen runkopankkiin. Runkopankki on sarja viimeksi prosessoituja runkoja. Parhaiten runko saataisiin toki katkottua siten, että se karstittaisiin ensin latvaan saakka, mutta käytännössä tämä on hidas menetelmä. Lisäksi runko on altis vauriolle kouran kulkiessa edestakaisin. (Uusitalo 2003, 158)

Alla olevassa taulukossa näkyy hakkuukoneen runkopankkiin perustuva, ennustettu runkokäyrä ja todellinen runkokäyrä.



KUVIO 1 Ennustettu ja toteutunut runkokäyrä. (Uusitalo 2003b)

2.4.2 Apteeraus

Apteeraus tarkoittaa puun rungon katkaisukohtien määrittämistä. Katkaisukohdat määritetään puunostajan määrittelemien mitta- ja laatuvaatimusten mukaan. Mitta- ja laatuvaatimusten perusteella runko jaetaan puutavaralajeiksi. (Uusitalo 2003, 159)

2.4.3 Arvomatriisi ja jakaumamatriisi

Arvomatriisi määrittelee puutavaralajikohtaisen arvon. Tavallisesti puutavaralajit ovat hinnoiteltu arvomatriisissa niin, että euromääräisesti arvokkaimmalle puutavaralajille on annettu suurin perusarvo ja huokeimmalle pienin perusarvo. Tämä perusarvo voi olla sahatukilla esimerkiksi 300 ja se voi vaihdella pituus- ja läpimittamatriisien mukaan noin +-10-20 %. Pikkutukin perusarvo voi olla tällöin esimerkiksi 200 ja kuitupuun 100 vaihdellen pituus- ja läpimittamatriisien mukaan. Mitä korkeampi arvo jollakin puutavaralajilla on, sitä todennäköisemmin hakkuukone tekee sitä puutavaralajia, mikäli mittavaatimukset sen sallivat ja hakkuukoneenkuljettaja arvioi sen täyttävän myös laatuvaatimukset. (Uusitalo 2003, 156-157)

Arvoapteerauksessa pyritään maksimoimaan yksittäisen rungon arvo. Nämä arvot pohjautuvat arvomatriisiin, missä puutavaralajien eri dimensioille on annettu omat arvot. Hakkuukoneen mittalaite pyrkii maksimoimaan rungosta saatavan arvon katkomalla arvomatriisiin perustuen mahdollisimman arvokkaita puutavaralajien dimensioita. Hakkuukoneen kaataessa puun mittalaite tekee rungon muodosta ennusteen, jonka pohjalta mittalaite apteeraa rungon arvomatriisiin perustuen. Näin rungon arvo saadaan maksimoitua. (Motomit IT/PC 2008, 3)

Pelkkää arvomatriisia käytettäessä apteerausohjelma pyrkii katkomaan aina mittoja, joilla saadaan rungon arvo maksimoitua. Arvomatriisin taustalla voidaan käyttää jakaumamatriisia, jonka mukaista pölkkyyjakaumaa hakkuukone pyrkii noudattamaan. (Motomit IT/PC 2008, 3)

Jakauma-apteerauksessa puunostaja pyrkii ottamaan huomioon tuotantolaitoksen puun-
tarpeen. Jakauma-apteeraus toimii siten arvoapteerauksen taustalla ohjaten katkontaa niihin puutavaralajien dimensioihin, joita jakaumamatriisi painottaa. (Vuorenperä, T. Arminen, P. Suuriniemi S. 1999, 5-6) Jakauma-apteerausta käytettäessä hakkuukone vertaa

toteutunutta pölkkyjakaumaa tavoitejakaumaan valiten sellaisen katkontavaihtoehdon, joka noudattaa parhaiten jakaumatavoitetta. Jakaumatavoitteen mukainen katkontavaihtoehto ei kuitenkaan saa erota arvoapteerauksen mukaisesta korkeimmasta mahdollisesta rungon arvosta enempää, kuin sallitun jakaumapoikkeaman verran. Jakaumapoikkeamalle asetetaan prosenttiarvo, jonka mukaan korkeimmasta mahdollisesta rungon arvosta voidaan tinkiä. Mitä suurempi prosenttiarvo jakaumapoikkeamaksi asetetaan, sitä enemmän hakkuukone pyrkii noudattamaan jakaumatavoitetta arvomatriisin kustannuksella. (Motomit IT/PC 2008, 4)

Mukautuva arvomatriisi toimii siten, että jonkin puutavaralajin kokoluokan jäädessä liian alhaiseksi tai mennessä liian korkeaksi, apteerausohjelma nostaa tai laskee kyseisen puutavaralajin pituus-/läpimittaluokan arvoa. Tällä tavoin uusi arvomatriisi pystyy vastaamaan paremmin jakaumamatriisia. (Vuorenpää, ym. 1999, 6)

Vaikkakin puutavaralajikohtaiset arvot usein korreloivat puutavaralajikohtaisia yksikköhintoja, eivät nämä siltikään ohjaa katkontaa. APT-tiedoston arvoja voidaan myös vaihtaa niin arvo- kuin jakaumamatriisissäkin kesken hakkuutyömaan, jotta lopullinen puutavaralajisaanto olisi tavoitteiden mukainen. (Veli-Pekka Kivinen 2007, 27)

Matriisien vaikutus tukkisaantoon riippuu siitä, mitä arvoja tai rungonosahtoja puutavaralajien dimensioille on annettu. Pieni arvo arvomatriisissa lyhyimmillä tukkimitoilla etenkin pienemmissä läpimittaluokissa ja pitkien tukkimittojen painotus rungon välisosassa voi ajaa katkonnan siihen tilanteeseen, että läpimitaltaan tukkipuiksi kelpaavaa rungonosaa siirtyy kuitupuuhun. Tavallisesti näin käy, kun rungon tyveltä tehdään lyhyt pölkky ja toinen pölkky on pitkä, latvaläpimitaltaan hieman pienintä sallittua latvaläpimittaa suurempi. Esimerkiksi tilanne, jossa arvomatriisissa on painotettu kuusella 18 cm läpimitan tukkeja, ei rungon loppuosasta todennäköisesti enää saa tukkipölkkyä, mikäli minimilatvaläpimitta on 16 cm. Toisaalta taitava hakkuukoneenkuljettaja voi itse vaikuttaa katkonnan lopputulokseen käyttämällä sellaisia mittoja, joilla rungon tukkiosuus saadaan tarkasti talteen.

Seuraavissa taulukoissa on esimerkit arvo- ja jakaumamatriiseista. Arvomatriisi on niin kutsuttu tasahintamatriisi, jossa on pienimmälle läpimittaluokalle asetettu hieman korkeampi arvo, kuin muille läpimitoille, jotta tukkiosa saadaan tarkasti talteen.

Jakaumamatriisitaulukossa on annettu jokaiselle läpimittaluokalle prosentuaalinen tavoitejakauma niiden summan ollessa 100 %. Näissä matriiseissa arvomatriisi antaa jakaumamatriisille hyvät mahdollisuudet toimia, kun pituus/läpimittadimensioille on annettu arvomatriisissa kaikille sama arvo, paitsi pienimmälle läpimittadimensiolle.

TAULUKKO 1 Esimerkki arvomatriisista.

Arvomatriisi					
Lpm/pit	43	46	49	52	55
160	330	330	330	330	330
170	300	300	300	300	300
180	300	300	300	300	300
190	300	300	300	300	300
200	300	300	300	300	300
220	300	300	300	300	300
240	300	300	300	300	300
260	300	300	300	300	300
280	300	300	300	300	300
300	300	300	300	300	300
320	300	300	300	300	300

TAULUKKO 2 Esimerkki jakaumamatriisista.

Jakaumamatriisi %					
Lpm/pit	43	46	49	52	55
160	5	25	35	25	10
170	5	25	35	25	10
180	10	15	35	25	15
190	10	15	35	25	15
200	10	15	35	25	15
220	10	15	35	25	15
240	10	15	35	25	15
260	10	15	35	25	15
280	10	15	35	25	15
300	5	15	35	25	20
320	5	15	35	25	20

2.4.4 Paras katkontavaihtoehto

Tilanteessa jossa runkoprofiili ja arvomatriisin eri arvot tunnetaan, on parhaan katkontavaihtoehdon laskeminen yksinkertaista. Tällaisessa tilanteessa katkontavaihtoehtoja voi olla kymmeniätuhansia. Tämän vuoksi hakkuukoneen tietokoneohjelmisto käyttää algoritmeja, jotka rajaavat vaihtoehdot muutamaan sataan tehden katkonnanohjauksesta no-

peampaa saaden kuitenkin parhaan katkontatavan. (Uusitalo 2003, 159) Parhaaseen katkontavaihtoehtoon vaikuttaa myös jakaumapoikkeama, joka määrittää sen, kuinka paljon parhaasta katkontavaihtoehdosta voidaan tinkiä. Mitä suurempi arvo on asetettu jakaumapoikkeamalle, sitä vähemmän arvomatriisia otetaan huomioon. (Motomit IT/PC, 2008, 4)

2.5 Katkonnan tarkkuus

Laki puutavaran mittauksesta on asettanut hakkuukonemittaukselle $\pm 4\%$ rajan hakkuukoneen mittaustuloksen tarkkuuteen. Metsätehon opas kuitenkin kehottaa kalibroimaan mittalaitteen, mikäli siinä tapahtuu systemaattinen mittausrvirhe pituus- tai järeysmitassa, mittalaite on kahdella peräkkäisellä tarkastuskerralla samansuuntaisesti erheellinen ja mittausrvirhettä on 2-3 prosenttia, tai mittausrvirhettä on yli 3 prosenttia. (Metsäteho 2015) Ei ole kuitenkaan syytä olettaa, että puunostajien väliset erot tukkiprosenteissa johtuisivat mittavirheistä, sillä mittalaitteiden tarkkuutta seurataan aktiivisesti.

2.6 Puustosta riippuvat tekijät

Metsän kuvasta riippuvat tekijät vaikuttavat katkontaan. Näitä tekijöitä voivat olla erinäiset puuston viat, kuten lenkous, poikaoksat, haaroittuneisuus tai oksaisuus.

Puulajilla on oma vaikutuksensa katkonnan toteutukseen. Kuusella katkonnan pohjautuessa pituus-/läpimittakehitykseen, männyllä katkonta pohjautuu ennemmin laadukkaimpiin rungonosiin. Männyn jatkojalostuksessa vaikuttaa paljon se, mistä kohtaa runkoa pölkky on katkottu. Oksattoman tyvipölkyn jatkojalostusarvon ollessa korkeampi kuin kuivaoksaisten välipölkyn, pyrkivät puunostajat maksimoimaan välitukkia laadukkaampien rungonosien, tyvitukin ja latvatukin osuutta. Tämä puolestaan voi johtaa siihen, että tukkiosa otetaan tarkemmin talteen männyllä kuin kuusella.

Tukkisaantoon voi vaikuttaa myös leimikon runkolukusarja. Juha Hopsun opinnäytetyön mukaan harvennetussa metsässä tukkisaanto on parempi, kuin saman keskijäreiden omaavassa harventamattomassa metsässä. Tämä johtuu siitä, että harventamattomassa metsässä on isojen runkojen ohella paljon pienempiä runkoja, jotka eivät täytä tukkipuun mittavaatimuksia.

2.7 Hakkuukoneen mittalaitteen ongelmat

Katkonta voi olla eri tahoille epäedullista, mikäli hakkuukoneen mittalaitetta ei ole viri-tetty asianmukaisesti. Mittalaitteen mitattaessa virheellisesti läpimittaa tai pituutta, voi katkottu pölkky olla pituudeltaan tai läpimitaltaan alle mittavaatimusten. Virhe mittalait-teessa vaikuttaa myös runkokäyräennusteeseen. Apteerausohjelma voi antaa virheellisen katkontavaihtoehdon, mikäli runkokäyrä on ennustettu väärin.

Hakkuukoneen pituusmittarin tarkkuuteen vaikuttaa pääsääntöisesti hammaspyörän up-poama runkoon. Tilanteessa, jossa uppoama poikkeaa oletetusta, vaikuttaa tämä myös pituusmittaustulokseen. Hammaspyörän uppoamaan vaikuttaa vuodenaika. Sulaan puu-hun hammaspyörä uppoaa enemmän, kuin jäiseen puuhun. Talvisaikaan puun pinnassa saattaa olla lunta ja jäätä, mikä osaltaan vaikuttaa mittaustulokseen, kun taas keväällä mittausrvirheen voi aiheuttaa kuoren irtoaminen, jolloin hammaspyörä voi pysähtyä pro-cessoidessa runkoa. Pituusmittauksen lopputulokseen vaikuttavat myös rungon muoto- viat. Lenkous, kyhmyt ja mutkat rungossa aiheuttavat mittavirheitä, joiden vuoksi pölkky katkaistaan usein alimittaisena. Läpimitan mittauksessa mittausrvirheitä aiheuttavat usein samat tekijät, kuin pituutta mitattaessa. Muotoviati, kuten kyhmyt johtavat liian suureen tulokseen ja kuoren irtoaminen liian pieneen tulokseen. (Sipi 2009, 118-119)

Katkontaan virheellisellä mittauksella on suuri vaikutus etenkin puunostajan näkökul- masta. Metsäteho Oy:n selvityksen mukaan jo 1 millimetrin virhe läpimitan mittaustark- kuudessa heikentää tukkipölkkyjen jakauma-astetta 2-3 %. (Sipi 2009 119-120) Tämä osaltaan kannustaa puunostajia tarkkailemaan hakkuukoneiden mittalaitteiden tarkkuutta.

2.8 Hakkuukoneenkuljettajan toiminta

Hakkuukoneen kuljettajan toiminta voi vaikuttaa osaltaan katkontaa. Esimerkiksi juuri- käävän lahottaman kuusen katkonnassa kuljettaja A saattaa tehdä tyveltä ”klapin mit- taista”, eli muutaman kymmenen senttimetrin pituisen pölkyn, jolla kuljettaja pyrkii saa- maan tyven lahon osan pois rungosta. Toisaalta kuljettaja B voi tehdä samassa tilanteessa suoraan 3-metrinen pölkyn lahon kuusen tyveltä, jonka hakkuukone kirjaa lahokuusikui- tupölkkyksi. Jälkimmäisessä tilanteessa tukiksi kelpavaa rungonosaa saattaa joutua suu- riakin määriä lahokuusikuidun joukkoon. Tämän tutkimuksen kohdalla on kuitenkin otet- tava huomioon, että lahokuusikuitu sisällytetään tukkipuuhun.

Hakkuukoneen tietokoneen ennustaessa virheellisesti runkokäyrää, katkonta voi epäonnistua, ellei kuljettaja puutu tilanteeseen. Näin voi käydä tilanteessa, jossa hakkuukone pyrkii apteeraamaan tyveltä lyhyen pölkyn ja välipölkystä pitkää pölkkyä. Tässä tilanteessa välipölkyn latvaläpimitta saattaa olla siinä määrin ennustetun runkokäyrän mukaista pienempi, että latvasta ei saa enää tukkipölkkyä. Tällöin tarkkaavainen hakkuukoneenkuljettaja voi lyhentää välipölkkyä, jolloin latvasta saadaan vielä yksi tukkipölkky.

Kuljettajan vaikutus katkontaan tulee esiin sitä selkeämmin, mitä enemmän puustossa on laadullisia vikoja. Lahon ohella kuljettaja voi joutua manuaalisesti katkaisemaan rungon esimerkiksi mutkan kohdalta, joka on keskellä rungon osaa, mistä muuten tulisi tukkipölkky.

3 AIEMMAT TUTKIMUKSET

Tukin katkonnasta Pirkanmaan alueella on tehty kaksi opinnäytetyötä, Sami Vähä-Haukijärven toimesta vuonna 2000 ja Juha Hopsun toimesta vuonna 2002. Vähä-Haukijärven tutkimusta ei ollut enää saatavilla. Näissä kahdessa opinnäytetyössä alue, jolta aineistoa kerättiin, on jokseenkin sama, mutta lisäksi ainakin Hopsun tutkimuksessa oli myös entiseltä Sydän-Hämeen Metsänhoitoyhdistykseltä katkonta-aineistoa.

Vaikka Hopsu on tehnyt samasta aiheesta opinnäytetyön, on silti täysin perusteltua tehdä uutta tutkimusta aiheesta, sillä Hopsun tutkimuksesta on aikaa jo 15 vuotta. Lisäksi puunhankintakentällä puunostajien määrä on vähentynyt etenkin pk-kokoisten yritysten kohdalla.

Hopsun tutkimuksessa tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja saatiin mäntyjen tukkiprosenttien vertailuissa 29 kappaletta 45:stä ja kuusten tukkiprosenttien vertailuissa 39 kappaletta 47:stä. (Hopsu, J. 2002, 2)

Sanna Vornanen on tehnyt Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa opinnäytetyön ”Apteerauksen toteutuminen Etelä-Suomen metsänomistajien liiton alueella” Opinnäytetyössä tutkittiin katkonnan toteutumista ja tukkisaantoa Etelä-Suomen metsänomistajien liiton alueella vuosina 2009-2012.

Vornasen tutkimuksen mukaan puunostajat noudattivat pääsääntöisesti puukauppasopimuksissa asetettuja katkontarajoja. Katkonnat eivät kuitenkaan olleet metsänomistajan näkökulmasta aina edullisia, sillä hakkuussa voitiin käyttää vain tiettyä läpimittaluokkaa tai lyhyiden pituusluokkien käyttö oli vähäistä. (Vornanen S. 2012, 3)

Piira, Kilpeläinen, Malinen, Wallin ja Verkasalo ovat tehneet katkonnasta tutkimuksen aiheenaan ”Leimikon puutavaralajikertymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkontaohjeilla”. Tutkimuksen tavoitteena oli määritellä puunkorjuussa korjattavien puutavaralajien, näiden mittavaatimusten ja jakaumamatriisien vaikutuksesta leimikon puutavarajakaumaan ja myyntiarvoon.

Kuviossa 2 on tutkimuksen tuloksia mittavaatimusten muutoksien vaikutuksesta tukkisaantoon. Aineisto on kerätty 85 avohakkuuleimikosta ja 16 mäntyharvennusleimikosta.

Poistuman keskitilavuus oli avohakkuuleimikoissa 543 litraa ja harvennusleimikoissa 148 litraa.

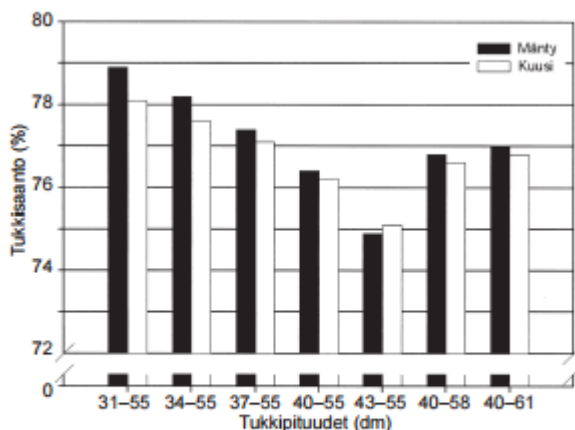
Kuten kuviosta 2 näkyy, kuusella latvaläpimitan vaikutus on hieman voimakkaampi männytyyn verrattuna.

Taulukko 6. Tukin minimilatvaläpimitan vaikutukset leimikon tukkisaantoon ja myyntiarvoon männyllä, kuusella ja koivulla avohakkuuaineistossa. Perusapteerauksen tulokset on esitetty lihavoituna. Pituusluokista olivat käytössä männyllä ja kuusella 40–55 dm ja koivulla 31, 44, 47, 50, 60 ja 67 dm.

Puulaji	Minimiläpimita (cm)	Tukki-saanto (%)	Myyntiarvon muutos (%)
Mänty	14	78,6	1,9
	15	76,4	vertailu
	16	73,6	-2,5
Kuusi	15	79,6	2,2
	16	76,2	vertailu
	17	72,4	-2,5

KUVIO 2 Minimilatvaläpimitan vaikutus tukkisaantoon. (Piira, T. ym. 2007, 26)

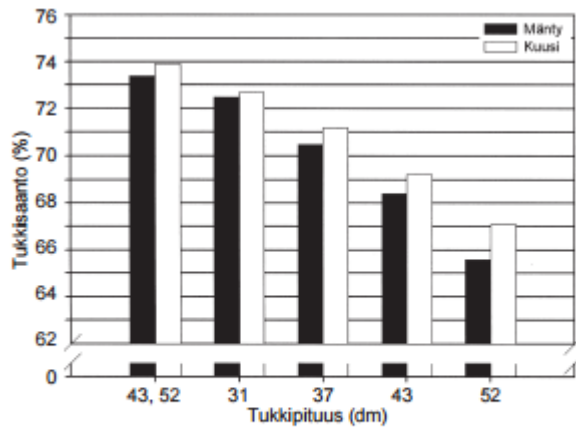
Kuviosta 3. näkyy lyhyiden ja pitkien mittojen lisäyksen vaikutus tukkisaantoon. Männyllä lyhyiden mittojen vaikutus on suurempi kuin kuusella. Toisaalta pitempien mittojen lisääminen ei nostata tukkiprosenttia samalla yhtä paljoa, kuin lyhyiden mittojen lisääminen. Tästä voidaan päätellä, että lyhyet tukkimat ovat tärkeitä katkonnan onnistumisessa varsinkin metsänomistajan näkökulmasta. (Piira, T. ym. 2007, 26)



Kuva 2. Tukin minimi- ja maksimipituuden vaikutus tukkisaantoon männyllä ja kuusella. Tukin minimilatvaläpimitana oli männyllä 15 cm ja kuusella 16 cm.

KUVIO 3 Tukin minimi- ja maksimipituuden vaikutus tukkisaantoon männyllä ja kuusella. (Piira, T. ym. 2007, 27)

Lyhyiden tukkimittojen tärkeyttä puoltaa kuvion 3 tulokset. Siinä lyhyintä, 31 dm pitkää tukkimittaa käytettäessä päästään lähes yhtä korkeaan tukkiprosenttiin, kuin käytettäessä kahta tukkimittaa, 43 dm ja 52 dm. Taulukosta huomaa, kuinka tukkiprosentti laskee sitä mukaa, mitä pidempää tukkimittaa käytetään. Toisaalta myös pitkien mittojen lisäys kasvattaa tukkisaantoa. Tämä ilmenee kuviosta 3. (Piira, T. ym. 2007, 27)



Kuva 4. Männyn ja kuusen tukkisaannot yhdellä tukkipituudella sekä pituuksilla 43 ja 52 dm. Tukin minimiläpimittana oli männyllä 15 cm ja kuusella 16 cm.

KUVIO 4 Männyn ja kuusen tukkisaannot yhdellä tukkipituudella ja pituuksilla 4,3 m ja 5,2 m. (Piira, T. ym. 2007, 27)

4 MENETELMIEN KUVAUS

4.1 Aineiston kerääminen

Tähän opinnäytetyöhön kerätty aineisto on Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan ja Metsänhoitoyhdistys Pirkanmaan Asiakaspalvelu-ohjelmistosta, mihin tiedot on tallennettu korjuuyrittäjien tulostamista mittalistoista. Nämä tiedot ovat metsänhoitoyhdistysten välittämistä valtakirjaleimikoista ja metsänhoitoyhdistysten oman korjuun leimikoista, jotka ovat korjattu vuosina 2016 ja 2017. Jokaisesta leimikosta on tallennettu leimikon puulajikohtainen keskijäreys litran tarkkuudella, männyn ja kuusen tukkiprosentit, kuusisorvitukki-, kuusitukki- sekä kuusilahokuitukuutiomäärät ja mäntytukkiprosentit yhden desimaalin tarkkuudella.

Kokonaiskuutiomäärä on laskettu oheisella kaavalla.

$$\text{kokonaiskuutiomäärä} = \frac{\text{tukkiprosentit} + \text{lahokuutiomäärät} * 100}{\text{leimikon puulajikohtainen tukkiprosentti}}$$

KAAVA 1 Kokonaiskuutiomäärän laskentakaava.

Tällä kaavalla saadaan puulajikohtainen ainespuun kokonaismäärä. Tällä kaavalla laskettaessa kokonaiskuutiomäärä ei tosin ole aivan tarkka, sillä tässä kaavassa on käytetty pyöristettyä tukkiprosenttia. Tutkimuksen tavoitteeseen nähden tämä on kuitenkin sivuseikka, sillä tässä opinnäytetyössä vertaillaan ensisijaisesti tukkiprosentteja.

Aineistosta on karsittu pois leimikot, joissa lahon osuus kokonaiskuutiomäärästä on yli 15 %. Tähän ratkaisuun on päädytty, koska leimikoissa, joissa lahon osuus on näin suuri, laho on saattanut ylittää rungon kuituosaan saakka. Tämä puolestaan saattaa aiheuttaa vääristymiä, kun käytetään tukkiprosentin laskentakaavaa, jossa lahon osuus sisällytetään tukkiprosenttiin. Lisäksi aineistosta on karsittu pois leimikot, joissa kuusen keskijäreys on alle 180 litraa ja männyn keskijäreys alle 205 litraa. Tähän ratkaisuun päädyttiin siksi, koska tämänkokoiset rungot ovat teoreettisesti pienimpiä, mistä voi tulla tukkipölky. On toki mahdollista, että leimikon rungot ovat jakautuneet siten, että leimikossa on joitakin hyvin suuria runkoja ja paljon pieniä runkoja, mikä selittäisi tukkipölkyn ja pienen keskimääräisen litrakoon. Toisaalta tällaisissa tilanteissa on mahdollista, että mittalistojen

siirtämisessä Asiakaspalvelu-ohjelmistoon on tapahtunut näppäilyvirhe, minkä vuoksi on perusteltua jättää huomioimatta edellä mainitun kaltaiset leimikot.

Taulukoissa 3 ja 4 näkyvät molempien metsänhoitoyhdistysten uudistushakkuukertymät valtakirjaleimikoissa ja metsänhoitoyhdistysten oman korjuun leimikoissa vuosilta 2015 ja 2016. Hakkuukertymä on varsin kuusipainotteista. Puhtaita kuusikoita tai männiköitä on kuitenkin vähän, joten aineistoa on molemmille puulajeille varsin hyvin. Sekä männyn että kuusen katkonta-aineistoa on kerätty 616 leimikosta.

TAULUKKO 3 Pirkanmaan Metsänhoitoyhdistyksen alueelta kerätty tutkimusaineisto.

Puulaji	%	kuutiometriä (ainespuuta)
Kuusi	82	142077
Mänty	18	30425

TAULUKKO 4 Pohjois-Pirkan Metsänhoitoyhdistyksen alueelta kerätty tutkimusaineisto.

Puulaji	%	kuutiometriä (ainespuuta)
Kuusi	75	181257
Mänty	25	60389

4.2 Kruskal-Wallis -testi

Puunostajien tukkiprosenttien vertailuun on käytetty Kruskal-Wallis–testiä. Testin tarkoituksena on selvittää, onko puunostajien katkonnoissa eroa. Tutkimuksessa päädyttiin käyttämään tätä menetelmää Hopsun käyttämän varianssianalyysin sijasta, sillä Kruskal-Wallis testissä ei ole normaalijakautuneisuusoletusta. Lisäksi varianssianalyysiin suositellaan suhteellisen suurta otoskoko (30 kpl). (Taanila A. 2013)

Kruskal-Wallis –testissä tehdään aluksi oletus, nollahypoteesi, joka tässä tilanteessa tarkoittaa sitä, ettei puunostajien tukinkatkongan välillä ole merkitsevää eroavaisuutta puoleen tai toiseen. Kyseessä on silloin ns. kaksisuuntainen testi.

Testissä selvitetään, pitääkö nollahypoteesi paikkaansa. Testin tekemiseksi puunostajien leimikoiden tukkiprosentit laitetaan aluksi järjestykseen pienimmästä suurimpaan, jonka jälkeen näille annetaan sijaluvut. Samoille tukkiprosenteille annetaan sijaluvuksi kyseisten tukkiprosenttien sijalukujen keskiarvo.

Testauksessa lasketaan testisuure H , jossa

$$H = \frac{12}{n + (n + 1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n + 1)$$

KAAVA 2 Kruskal-Wallis –testin kaava.

n = sijalukujen lukumäärä

k = puunostajien lukumäärä

R_i = yksittäisen puunostajan sijalukujen summa

n_i = yksittäisen puunostajan sijalukujen lukumäärä.

Testisuure H noudattaa χ^2 -jakaumaa ns. vapausastein $k-1$. Taulukkoa tai Exceliä käyttämällä saadaan ns. kriittinen arvo, kun merkitsevyystaso $\alpha = 5\%$.

Jos testisuureen H arvo ylittää χ^2 -jakaumasta saatavan kriittisen arvon, nollahypoteesi hylätään. Muulloin nollahypoteesi jää voimaan.

4.2.1 p-arvo

p-arvo määrittelee, ovatko populaatioiden väliset erot tilastollisesti merkittäviä. Mikäli p-arvo on pienempi, kuin $\alpha = 5\%$, eli 0,05, ero on tilastollisesti melkein merkitsevä. p-arvon ollessa alle 1%, eli 0,01, ero on tilastollisesti merkitsevä. Kun p-arvo on alle 0,1%, eli 0,001, on ero tilastollisesti erittäin merkitsevä. Näissä tapauksissa nollahypoteesi, eli oletus siitä, että puunostajien tukkiprosenteissa ei ole eroa, hylätään. (Mellin I, 2006)

p-arvoa tarkasteltaessa tulee myös ottaa huomioon, että p-arvo kertoo vain sen, onko puunostajien välillä merkitsevää eroa. Eron suuruutta p-arvo ei määrittele.

4.2.2 Kruskal-Wallis-testin esimerkkilasku

Seuraavassa esimerkissä on havainnollistettu Kruskal-Wallis-testin laskentatapa 10 puunostajan tapauksessa ($k = 10$).

TAULUKKO 5 Kruskal-Wallis-testin esimerkkilasku

puunostaja	A	B	C	D	E	F	G	I	J	L
R_i	318	887	397	252	653	423	28	297	747	94
n_i	7	15	7	7	15	12	3	6	14	4
R_i^2/n_i	14446	52451	22516	9036	28427	14911	261	14702	39858	2186
mediaani	67	61	62	71	70	72	79	64	64	75

n =	90
H =	18,27232
p-arvo =	0,032142

Tässä tapauksessa p-arvo on alle $\alpha = 5\%$, eli 0,05, joten nollahypoteesi hylätään. Puunostajien tukkiprosenttien välillä on merkitsevä eroavaisuus.

4.3 Wilcoxon -testi

Koska Kruskal-Wallis –testi ei määritellyt kahden puunostajan keskinäisen eron merkitsevyyttä, vaan kaikkien puunostajien erojen merkitsevyyttä, selvitettiin kahden puunostajan keskinäisen eron merkitsevyyttä Wilcoxon-testillä. Wilcoxon-testi on samankaltainen Kruskal-Wallis –testin kanssa, sillä se ei vaadi oletusta normaalijakautuneisuudesta ja se sopii hyvin tilanteisiin, jossa otoskoot ovat pieniä. (Taanila A. 2013)

4.4 Periaate

Wilcoxonin merkittyjen sijalukujen testissä toimitaan osin samalla tavalla kuin Kruskal-Wallis –testissä. Aluksi tehdään nollahypoteesi, joka on oletus siitä, ettei puunostajien katkonnan välillä ole merkitsevää eroavaisuutta puoleen eikä toiseen. Kyseessä on tällöin ns. kaksisuuntainen testi. Tämän jälkeen kahden eri puunostajan tukkiprosentit laitetaan

järjestykseen pienimmästä suurimpaan ja annetaan näille sijaluvut. Puunostajien otoskokoja merkitään tunnuksilla n_1 ja n_2 . Sijaluvut lasketaan yhteen puunostajittain, josta saadaan sijalukujen summa T_1 ja T_2 . T_1 merkitsee pienempää sijalukujen summaa ja T_2 isompaa sijalukujen summaa. (Berenson M, Levine D, Krehbiel T 2002, 372)

Mikäli ainakin toisen puunostajan otoskoko on vähintään 11, voidaan tilastollisen eron merkitsevyyden selvittämiseksi tehdä normaalijakauma-approksimointi. Tässä tilanteessa lasketaan aluksi odotusarvo μ_{T_1} kaavalla,

$$\mu_{T_1} = n_1 \cdot (n + 1) / 2$$

KAAVA 3 Odotusarvon kaava.

missä

$$\mu_{T_1} = \text{odotusarvo}$$

$$n = \text{sijalukujen lukumäärä}$$

$$n_1 = \text{pienempi puunostajien sijalukujen lukumäärästä.}$$

Kun odotusarvo μ_{T_1} on laskettu, lasketaan keskihajonta σ_{T_1} ,

$$\sigma_{T_1} = \sqrt{n_1 \cdot n_2 \cdot (n + 1) / 12}$$

KAAVA 4 Keskihajonnan kaava.

missä

$$\sigma_{T_1} = \text{keskihajonta}$$

$$n = \text{sijalukujen lukumäärä}$$

$$n_1 = \text{puunostajien pienempi sijalukujen lukumäärä}$$

$$n_2 = \text{puunostajien suurempi sijalukujen lukumäärä}$$

Edellä laskettujen arvojen avulla lasketaan standardoitu muuttuja z , missä

$$z = \frac{T_1 - \mu_{T_1}}{\sigma_{T_1}}$$

KAAVA 5 Standardoidun muuttujan z kaava.
missä

z = standardoitu muuttuja

T_1 = puunostajien pienempi sijalukujen summa

μ_{T_1} = odotusarvo

σ_{T_1} = keskihajonta. (Berenson M 2002, 375)

Standardoidun muuttujan z arvoa verrataan kriittiseen arvoon, joka on $\pm 1,96$, kun $\alpha = 5$ %. (Berenson M 2002, 375) .Jos $z < -1,96$ tai $z > 1,96$, niin nollahypoteesi hylätään. Taulukkoa tai Exceliä käyttämällä saadaan ns. kriittinen arvo, kun merkitsevyystaso $\alpha = 5$ %.

Käyttämällä taulukkoa tai Microsoft Excel –ohjelmiston NORMDIST-kaavaa, saadaan standardoitua muuttujaa z vastaava pinta-ala A . Koska kyseessä on kaksisuuntainen testi, saatu pinta-ala kerrottiin kahdella p-arvon saamiseksi.

Seuraavassa esimerkissä on laskettu kahden eri puunostajan tukkiprosenttien eron merkitsevyys.

TAULUKKO 6 Sijalukujen muodostuminen tukkiprosenttien perusteella.

Sijaluku	Tukki-prosentti	Puunostaja
1	41	I
2	55	I
3	58	I
4,5	59	B
4,5	59	I
6	61	I
7	62	I
8	63	B
9	64	I
11,5	66	B
11,5	66	B
11,5	66	I
11,5	66	I
14,5	67	B
14,5	67	B
16	68	B
18	70	B
18	70	B
18	70	B
20,5	71	B
20,5	71	B
22	72	B
23	73	I
24	74	I

TAULUKKO 7 Sijalukujen summat ja lukumäärät.

	I	B	yht
T_1	102,5	197,5	300
n_1	11	13	24

TAULUKKO 8 Odotusarvo, keskihajonta, z , pinta-ala ja p-arvo.

odotusarvo μ_{T_1}	137,5
keskihajonta σ_{T_1}	17,26026
z	-2,02778
pinta-ala A	0,021291
p-arvo	0,042583

Koska p-arvo on alle 0,05, nollahypoteesi hylätään, ero on tilastollisesti melkein merkitsevä.

Mikäli parivertailun molempien tukkiprosenttien otoskoko on alle 11, ei käytetä yllä esitettyä menetelmää, vaan verrataan arvoja T_1 ja T_2 taulukoista (LIITTEET 1-3) saatuihin

arvoihin, jotka perustuvat otoskokoihin n_1 ja n_2 . Tässä tapauksessa arvon T_1 on oltava pienempi, kuin taulukkoarvo ja arvon T_2 on oltava suurempi, kuin arvo n , josta on vähennetty taulukkoarvo, jotta nollahypoteesi hylätään. (Berenson M. 2002, 375)

Seuraavaksi on esitetty esimerkki kyseisestä laskentatavasta.

TAULUKKO 9 Sijalukujen muodostuminen prosenttilukujen perusteella.

G	1	31
G	4,5	49
G	6	50
G	7,5	54
G	7,5	54
I	2	45
I	3	47
I	4,5	49
I	9,5	56
I	9,5	56
I	11,5	61
I	11,5	61
I	13	74

TAULUKKO 10 Sijalukujen summat ja lukumäärät

	G	I	yht
T_i	26,5	64,5	91
n_i	5	8	13

Taulukoista (LIITTEET 11,12 ja 13) haetaan merkitsevyytensä $\alpha = 5\%$ vastaava kriittinen arvo. Taulukon 10 otoskoille $n_1 = 5$ ja $n_2 = 8$. Kriittiset arvot ovat siten 21 ja $(T_1 + T_2) - 21 = 70$.

Nollahypoteesia ei hylätä, koska $T_1 = 26,5 > 21$ ja $T_2 = 64,5 < 70$.

p-arvo on täten $> 5\%$, tässä tapauksessa jopa suurempi kuin 20% .

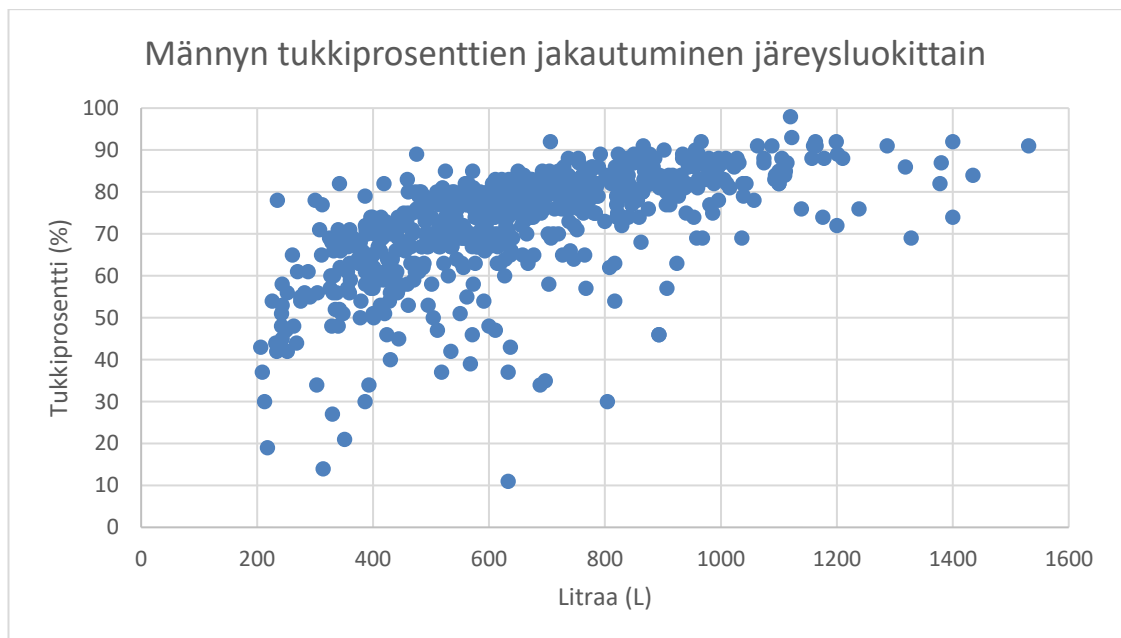
Tutkimusmenetelmät poikkesivat Hopsun opinnäytetyössä tähän opinnäytetyöhön nähden, siten, että Hopsu käytti aineiston vertailussa varianssianalyysia, kun taas tässä on

käytetty Kruskal-Wallis –testiä ja Wilcoxonin testiä tilastollisen eron merkitsevyyden tarkastelussa. Laajuudeltaan nämä kaksi tutkimusta ovat kuitenkin suurin piirtein samaa luokkaa.

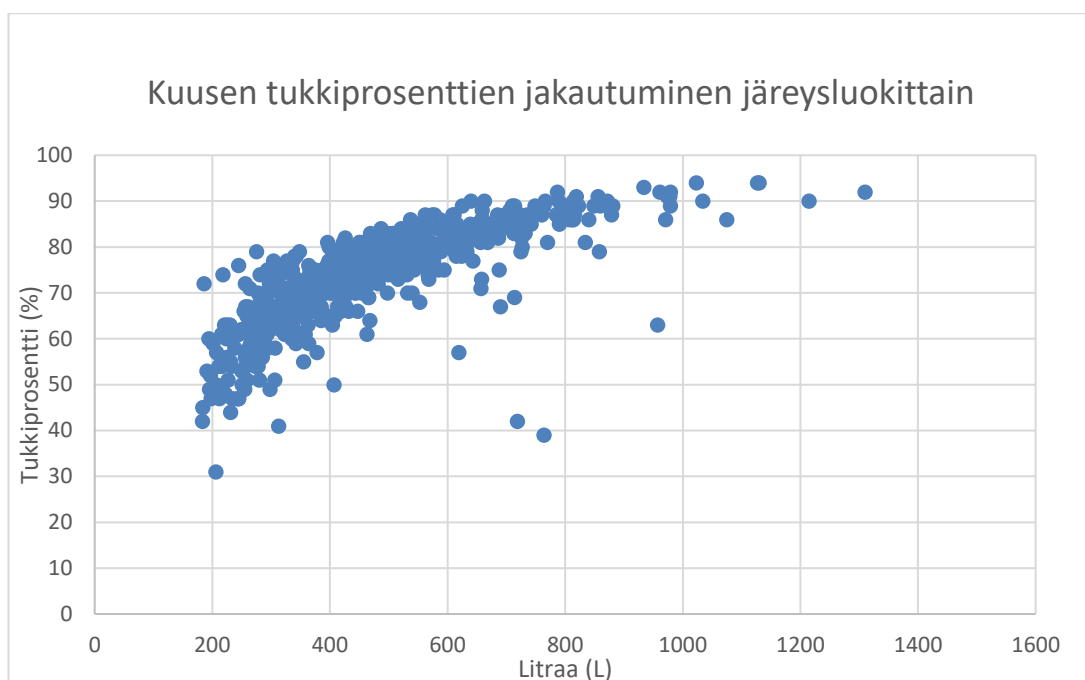
5 TULOKSET

Kuvioissa 5 ja 6 näkyy männyn ja kuusen tukkiprosenttien jakautuminen leimikon keskijäreiden mukaan. Taulukoista huomaa silmämääräisesti tarkasteltuna, että tukkiprosentit eivät nouse enää noin 400-500 litran keskijäreiden jälkeen keskijäreiden kasvaessa samalla tavalla isommissa järeysluokissa, kuin pienemmissä järeysluokissa. Tästä syystä leimikot on jaettu järeysluokittain siten, että alle viidensadan litran keskijäreiden omaavat leimikot on jaettu sadan litran tarkkuudella ja yli viidensadan litran keskijäreiden omaavat leimikot on jaettu kahdensadan litran tarkkuudella. Poikkeuksena molempien puulajien suurin järeysluokka, 900 litran keskijäreiden leimikot ja sitä suuremmat, sekä pienimmät järeysluokat, kuusella 180-300 litraa ja männyllä 205-300 litraa.

Männyn tukkiprosenteissa on havaittavissa selvää hajontaa jokaisessa litraluokassa. Hajonta tukkiprosenteissa ei kuitenkaan häiritse tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmiä käytettäessä, sillä tukkiprosenteille annetaan sekä Kruskal-Wallis-testissä että Wilcoxon-testissä sijaluvut, joiden välillä vertailu tapahtuu.



KUVIO 5 Männyn tukkiprosenttien jakautuminen litraluokittain (kaikki puunostajat)



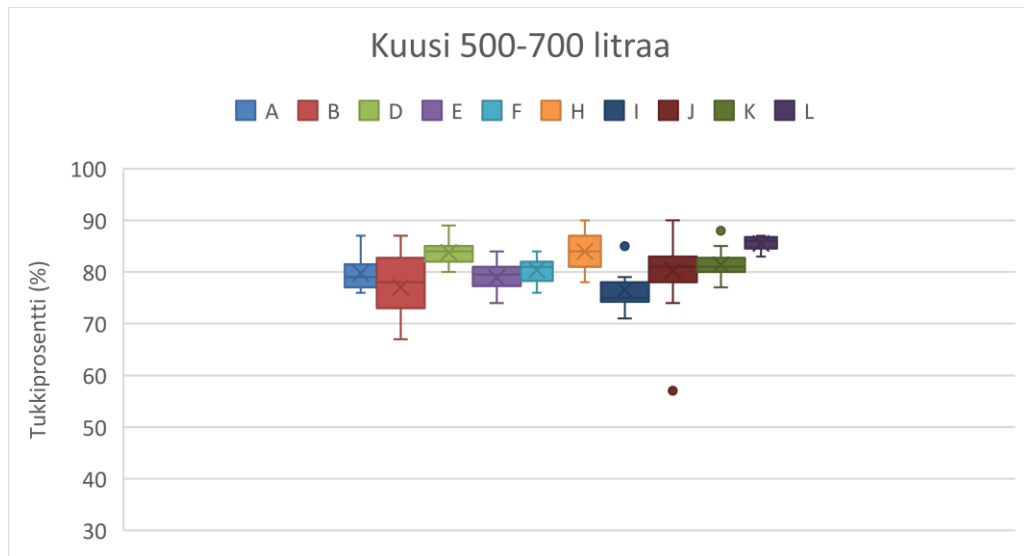
KUVIO 6 Kuusen tukkiprosenttien jakautuminen litraluokittain (kaikki puunostajat)

5.1 Boxplot-taulukot

Kahdessa seuraavassa taulukossa näkyvät kahden eri järeysluokan leimikoiden lukumäärät kyseisessä järeysluokassa. Lisäksi Microsoft Excel –ohjelmistolla tehdyissä taulukoissa ovat Boxplot–taulukot näille järeysluokille. Taulukoissa näkyy ”viiksien” päissä ylin ja alin toteutunut tukkiprosentti. Viiksien välissä oleva palkki puolestaan rajautuu puunostajan tukkiprosenttijoukon ylä- ja alaneljännekseen. Viiva määrittelee tukkiprosenttimediaanin ja rasti tukkiprosenttien keskiarvon. Tilastolliset poikkeamat näkyvät taulukoissa pisteinä. Leimikoiden lukumäärät on merkitty Boxplot-taulukoiden alle puunostajittain. Taulukot ovat hyvin havainnollistavia ja niiden avulla on helppo tarkastella silmämääräisesti puunostajien katkontojen eroavaisuuksia.

Kuusen taulukosta näkyy kymmenen eri puunostajan leimikot. Kaikilla ostajilla on melko hyvin aineistoa, paitsi puunostaja H:lla, jolla on vain neljä leimikkoa. Tämä seikka on syytä ottaa huomioon parivertailua tehdessä Wilcoxon-testillä. Loput Boxplot-taulukot ovat liitteinä. (LIITTEET 4-13)

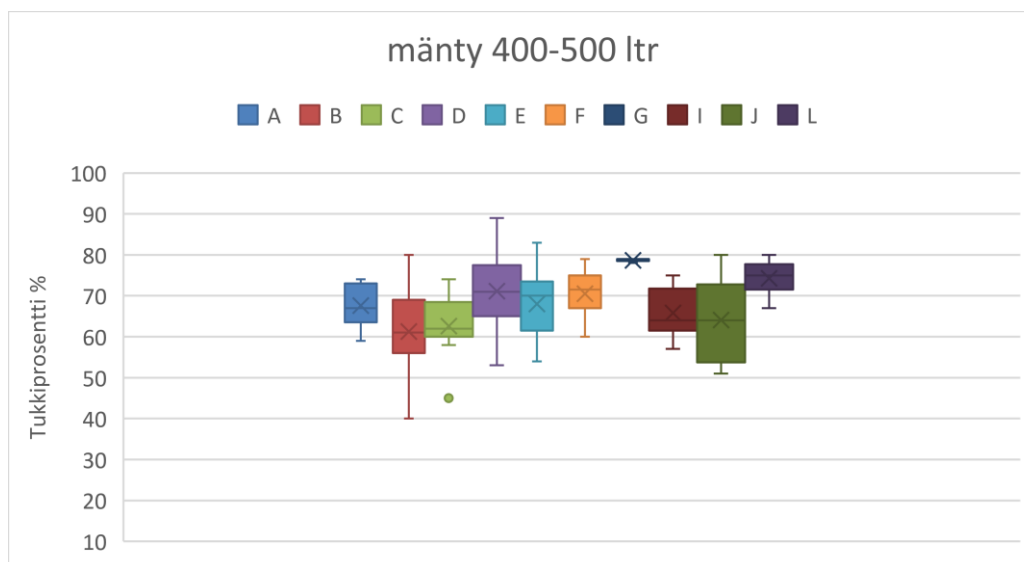
TAULUKKO 11 Kuusen tukkiprosentit puunostajittain, keski­jä­reys 500-700 litraa.



11	18	23	18	18	4	6	48	14	6
A	B	D	E	F	H	I	J	K	L

Männyllä on 400-500 litran järeysluokassa myös kymmenen puunostajan leimikoita. Tässäkin tapauksessa pitää ottaa huomioon ne puunostajat, joilla on niukasti leimikoita, kun tehdään parivertailua Wilcoxon-testillä.

TAULUKKO 12 Männyn tukkiprosentit puunostajittain, keski­jä­reys 400-500 litraa.



7	15	7	7	15	12	3	6	14	4
A	B	C	D	E	F	G	I	J	L

5.2 Kruskal-Wallis –testin p-arvot

5.2.1 Kuusen p-arvot

Taulukossa 13. näkyvien p-arvojen perusteella voidaan tehdä johtopäätös nollahypoteesin, eli oletuksen siitä, että tukkiprosenttimediaaneissa ei ole eroja, hylkäämisestä kaikissa järeysluokissa, paitsi suurimmassa. Kaikissa järeysluokissa, joissa nollahypoteesi hylätään, ero on vähintään melkein merkitsevä, sillä p-arvo on $< 0,05$.

Järeimmässä litraluokassa nollahypoteesia ei hylätä, joten tukkiprosenttien mediaaneissa ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

TAULUKKO 13 Kuusen p-arvot litraluokittain.

180-300 ltr	300-400 ltr	400-500 ltr	500-700 ltr	700-900 ltr	900- ltr
0,0005	0,0044	0,0002	0,000002	0,0064	0,9265

5.3 Männyn p-arvot

Männyn p-arvot ovat varsin poikkeavat kuusen p-arvoihin nähden. Merkitseviä eroavaisuuksia on vain yhdessä järeysluokassa, 400-500 litran keskijäreiden leimikoissa.

TAULUKKO 14 Männyn p-arvot litraluokittain.

205-300 ltr	300-400 ltr	400-500 ltr	500-700 ltr	700-900 ltr	900- ltr
0,065	0,901	0,032	0,513	0,120	0,283

5.4 Wilcoxon-testin p-arvot

Seuraaviin taulukoihin on asetettu p-arvot eri puunostajien välisistä parivertailuista Wilcoxon-testillä. Parivertailu on tehty niissä litraluokissa, joissa on Kruskal-Wallis -testin mukaan merkitsevää eroavaisuutta kaikkien puunostajien välillä. Näin ollen parivertailut painottuvat kuusiaineistoihin, sillä männyn katkonnassa ei Kruskal-Wallis -testin mukaan ole merkitsevää eroa puunostajien välillä muuten kuin yhdessä litraluokassa. P-arvot on merkitty kolmen desimaalin tarkkuudella, pois lukien ne parivertailut, joissa molempien vertailtavien joukkojen otoskoko on alle 11. Taulukoita katsoessa on huomioitava,

että niissä ei ilmene, mikä puunostaja on katkonut paremmin tai huonommin muihin nähden. Tästä syystä puunostajien katkontojen paremmuusjärjestys on katsottava Boxplot-taulukoista. (LIITTEET 4-13)

Kuusen pienimmän litraluokan taulukossa, 180-300 litran luokassa p-arvo oli Kruskal-Wallis -testin mukaan 0,0005, eli selvästi alle 0,05:n, jota pidetään tässä nollahypoteesin hylkäämisen rajana. Parivertailussa puolestaan ilmeni 15 tapausta, joissa tukkiprosenttien ero oli tilastollisesti merkitsevä. Erot painottuivat puunostaja G:n kohdalle. Toisaalta myös viiden eri puunostajan ja puunostaja A:n välillä oli tilastollisesti merkitsevää eroa, kuten myös suurimman tukkiprosenttimediaanin omaavalla puunostaja L:llä. Tulokset ovat ymmärrettäviä, sillä puunostaja G:llä oli alhaisin tukkiprosenttimediaani tässä litraluokassa. Puunostaja L:n tukkiprosenttimediaani on näistä puunostajista korkein ja puunostaja A:n toiseksi korkein, mikä näkyy eroavaisuuksien merkitsevyydessä.

5.4.1 Kuusen p-arvot

TAULUKKO 15 p-arvot leimikoissa, joissa kuusten keskijäreys on 180-300 litraa.

A	A									
B	0,001	B								
C	< 0,05	0,308	C							
E	< 0,01	0,226	> 0,2	E						
F	0,263	0,11	0,429	0,355	F					
G	< 0,01	0,126	0,05	> 0,05	0,045	G				
I	< 0,05	0,979	> 0,2	> 0,2	0,334	> 0,2	I			
J	0,180	0,003	0,179	0,111	0,571	0,002	0,064	J		
K	> 0,2	0,074	0,2	> 0,2	0,808	< 0,05	> 0,2	0,854	K	
L	> 0,2	0,001	0,01	< 0,01	0,091	< 0,01	< 0,05	0,100	0,2	L

Kuusen 300-400 litran luokassa p-arvo oli Kruskal-Wallis -testin mukaan 0,0044, eli nollahypoteesi hylätään tässäkin tapauksessa. Merkitseviä eroja löytyi erityisesti puunostajien D ja I kohdilla. Puunostaja D:llä oli tässä järeysluokassa paras tukkiprosenttimediaani, mikä näkyy erojen merkitsevyydessä. Toisaalta tilastollisesti merkitseviä eroja on myös puunostaja I:n kohdalla, sillä sen tukkiprosenttimediaani oli pienin kaikista.

TAULUKKO 16 p-arvot leimikoissa, joissa kuusten keskijäreys on 300-400 litraa.

A	A												
B	0,270	B											
C	> 0,2	0,690	C										
D	> 0,2	0,003	> 0,2	D									
E	0,585	0,588	0,913	0,018	E								
F	0,971	0,242	0,671	0,122	0,430	F							
G	0,229	0,051	0,22	< 0,05	0,064	0,03	G						
I	0,036	0,042	0,126	0,003	0,01	0,03	0,755	I					
J	0,926	0,208	0,805	0,047	0,487	0,009	0,09	0,004	J				
K	> 0,2	0,029	> 0,2	> 0,2	0,163	0,522	0,05	0,004	0,452	K			
L	> 0,2	0,011	0,224	> 0,2	0,047	0,204	< 0,05	0,005	0,134	> 0,2	L		

400-500 litran luokan kuusten tukkiprosenteissa merkitseviä eroja on vähemmän pienempiin litraluokkiin verrattuna. Kruskal-Wallis –testissä p-arvoksi tuli 0,0002. Parivertailujen erot painottuivat puunostaja D:n kohdalle, jolla on korkein tukkiprosenttimediaani. Myös toiseksi korkeimman tukkiprosenttimediaanin omaavan puunostaja K:n ja muiden puunostajien välillä on merkitseviä eroavaisuuksia.

TAULUKKO 17 p-arvot leimikoissa, joissa kuusten keskijäreys on 400-500 litraa.

A	A												
B	0,1	B											
C	0,308	0,707	C										
D	0,003	0,000	< 0,05	D									
E	0,083	0,554	0,666	0,000	E								
F	0,303	0,341	0,505	0,000	0,732	F							
H	0,737	0,348	> 0,2	> 0,2	0,658	0,633	H						
I	0,37	0,672	0,05	< 0,01	0,902	0,611	> 0,2	I					
J	0,639	0,13	0,308	0,000	0,222	0,48	0,771	0,323	J				
K	0,040	0,005	> 0,2	> 0,05	0,000	0,011	> 0,2	< 0,05	0,018	K			
L	0,117	0,020	< 0,2	> 0,2	0,006	0,037	> 0,2	< 0,2	0,050	> 0,2	L		

Kruskal-Wallis –testin mukaan p-arvo 500-700 litran luokassa on häviävän pieni, 0,000002. Merkitseviä eroavaisuuksia puunostajien katkonnoissa on esimerkiksi vertaillessa puunostajien L ja D tukkiprosentteja muiden puunostajien tukkiprosentteihin. Tämä ei ole yllättävä tulos, sillä puunostajat ovat mediaanein mitattuina parhaat katkojat tässä järeysluokassa.

TAULUKKO 18 p-arvot leimikoissa, joissa kuusten keskijäreys on 500-700 litraa.

A	A									
B	0,322	B								
D	0,002	0,0002	D							
E	0,736	0,466	0	E						
F	0,431	0,121	0,001	0,128	F					
H	0,117	0,080	0,864	0,055	0,147	H				
I	0,078	0,92	0,004	0,151	0,042	> 0,2	I			
J	0,424	0,049	0,000	0,077	0,834	0,174	0,037	J		
K	0,146	0,062	0,012	0,046	0,506	0,288	0,023	0,578	K	
L	0,007	0,002	0,100	0,000	0,001	> 0,2	0,01	0,001	0,009	L

700-900 litran luokassa merkitseviä eroja on puunostaja D:n kohdalla. Kruskal-Wallis –testin mukaan p-arvo tässä litraluokassa on 0,0064. Puunostajien otoskokojen ollessa pieniä, tarkkaa p-arvoa ei tässä järeysluokassa saa määriteltä suurimmassa osassa parivertailuja tarkasti. Otoskokojen pienen koon vuoksi tulokset eivät ole yhtä luotettavia

TAULUKKO 19 p-arvot leimikoissa, joissa kuusten keskijäreys on 700-900 litraa.

A	A									
B	< 0,2	B								
D	0,022	0,007	D							
F	0,01	> 0,2	0,01	F						
H	> 0,2	< 0,2	0,85	> 0,2	H					
J	> 0,2	< 0,2	0,01	> 0,2	> 0,2	J				
K	> 0,2	> 0,2	0,079	> 0,2	> 0,2	> 0,2	K			

5.4.2 Männyn p-arvot

Männyn eri litraluokissa ei ollut merkitsevää eroa kaikkien puunostajien kesken tehdyllä Kruskal-Wallis –testillä muissa, kuin leimikoissa, joissa mäntyjen keskijäreys oli 400-500 litraa. Tässä kyseisessä litraluokassa p-arvo oli 0,032.

Parivertailulla merkitseviä eroavaisuuksia ei juurikaan löytynyt ja merkitsevät eroavaisuudet painottuivat muutoinkin puunostaja G:n tukkiprosentteihin, verratessa niitä muihin puunostajiin. Näitä tuloksia tarkastellessa täytyy ottaa huomioon puunostaja G:n pieni otoskoko, joka voi vaikuttaa tuloksiin tilastollisen eron merkitsevyydestä.

TAULUKKO 20 p-arvot leimikoille, joille mäntyjen keskijäreys on 400-500 litraa.

A	A									
B	0,158	B								
C	> 0,2	0,751	C							
D	> 0,2	0,078	0,2	D						
E	0,887	0,081	0,274	0,549	E					
F	0,236	0,021	0,047	0,932	0,353	F				
G	> 0,2	0,02	> 0,2	> 0,2	0,020	0,020	G			
I	> 0,2	0,350	> 0,2	> 0,2	0,640	0,174	< 0,05	I		
J	0,370	0,570	0,91	0,218	0,265	0,110	0,043	0,536	J	
L	> 0,2	0,031	< 0,2	< 0,2	0,147	0,275	0,2	< 0,2	0,089	L

5.5 Tulosten tulkinta

Tässä opinnäytetyössä havainnollistui se, että otoskokojen määrä saattaa vaikuttaa ratkaisevasti siihen, onko puunostajien katkontojen välillä merkitsevää eroa vaiko ei. Tämä johtuu siitä, että pientä otosjoukkoa vertaillaessa sattuman mahdollisuus kasvaa, kun taas otosjoukon ollessa suuri, ei parivertailua tehdessä jää niin paljoa sattuman varaan, katkokko puunostaja X paremmin kuin puunostaja Y. Tämä ilmiö näkyy kuusen 700-900 litran järeysluokassa, jossa keskimääräinen otoskoko oli 7, muilla sen ollen vähintään 10,4.

Merkitsevien eroavaisuuksien osuus järeysluokittain vaihteli mielenkiintoisella tavalla. Kuusen pienimmässä järeysluokassa noin 33 %:lla vertailuista oli merkitsevä eroavaisuus. 300-400 litran järeysluokassa merkitsevien eroavaisuuksien osuus parivertailuissa pysyi miltei samana, 32,7 %:ssa. Seuraavassa, 400-500 litran järeysluokassa merkitsevien eroavaisuuksien osuus tippui noin 29 %:in. 500-700 litran järeysluokassa merkitsevien eroavaisuuksien osuus kasvoi yllättäen 40 %. Toiseksi suurimmassa, 700-900 litran järeysluokassa merkitseviä eroavaisuuksia oli noin 23 %:lla parivertailuista. Suurimmasta, eli 900 litran ja sitä suurempien järeysluokassa ei tehty parivertailua lainkaan, johtuen pienistä otoskoista eri puunostajilla.

Männyn 400-500 litran järeysluokassa, joka oli ainoa männyn järeysluokka, missä Kruskal-Wallis -testin mukaan oli merkitsevä eroavaisuus kaikkien katkojen välillä, oli havaittavissa vain yksi tapaus, jossa p-arvo alitti 5 prosentin rajan. Näiden tulosten perus-

teella voidaan sanoa, että männyn katkonnassa ei juurikaan ole merkitsevää eroa puunostajien välillä. 400-500 litran järeysluokassa merkitseviä eroavaisuuksia löytyi parivertailuja tehdessä noin 17 %:ssa vertailuja.

Tulosten mukaan samat puunostajat ovat parhaita kuusirunkojen katkojia eri järeysluokissa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Puunostajat D ja L olivat lähes kaikissa järeysluokissa parhaat katkojat. Pienimmässä järeysluokassa parhaita katkojia olivat puunostajat A ja L. 700-900 litran järeysluokassa parhaat katkojat olivat puunostajat D ja A. Lisäksi 400-500 litran järeysluokassa parhaat katkojat olivat puunostajat D ja K. Kuusen suurimmassa järeysluokassa, yli 900 litran keskijäreiden leimikoissa, p-arvojen laskeminen ei ollut mahdollista liian pienten otoskokojen vuoksi. Tukkiprosenttikeskisarvojen mukaan puunostajat D ja J olivat tämän järeysluokan parhaat katkojat.

Männyn 400-500 litran keskijäreiden leimikoissa paras katkoja oli puolestaan puunostaja G. Muissa männyn järeysluokissa merkitseviä eroavaisuuksia ei löytynyt eri puunostajien väliltä. Kahdessa pienimmässä järeysluokassa puunostaja E erottuu selkeästi parhaimmalla katkonnallaan. 400-500 litran järeysluokassa paras katkoja oli puunostaja G, 500-700 litran järeysluokassa puunostaja L, 700-900 litran järeysluokassa puunostaja K ja suurimmassa, yli 900 litran järeysluokassa puunostaja D.

Kuusen 400-500 litran järeysluokan p-arvotaulukosta näkyy puunostaja D:n ja K:n kohdalla merkitseviä eroavaisuuksia muihin puunostajiin verrattuna suhteessa eniten. Taulukosta 22 tarkasteltuna huomaa, että puunostajien D, L ja K tukkiprosenttimediaanit ovat suurimmat.

6 POHDINTA

Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu puun katkonnan vaikuttavan suuresti kuutiohinnan ohella lopulliseen puukauppatuloon ja metsätalouden kannattavuuteen. Katkonta onkin asia, johon on syytä perehtyä tarkasti, eikä tehdä johtopäätöksiä pelkän puun kuutiohinnan perusteella puukauppatilanteessa.

Tässä opinnäytetyössä saatujen tulosten valossa tukin katkonnalla on eroja eri puunostajien välillä. Erot painottuvat kuusirunkojen katkontaan, kun männyllä merkitseviä eroavaisuuksia puunostajien katkontojen välillä oli yhdessä järeysluokassa. Selvää trendiä erojen merkitsevyydessä kuusen järeysluokassa ei tosin näy, niin kuin voisi olettaa. Tilastollisesti merkitsevien erojen osuus parivertailuissa laski keskijäreiden laskiessa välillä 180-500 litraa, mutta 500-700 litran järeysluokassa merkitsevien erojen osuus parivertailuissa oli huomattavan iso. Tämä on tilastollisesti hyvin mielenkiintoinen tulos.

Tukkiprosenttimediaanien mukaan parhaat kuusirunkojen katkojat, joilla oli eniten tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia parivertailuissa, olivat puunostajat D ja L. Toisaalta kuusen pienimmässä järeysluokassa puunostaja A:lla oli yhtä paljon merkitseviä eroavaisuuksia, kuin puunostajalla L:llä oli parivertailuissa.

Mäntyrunkojen katkonnassa parhaita puunostajia on vaikea eritellä, sillä merkitseviä eroavaisuuksia ei tukkiprosenteissa ollut tarkastellessa mäntyrunkojen katkontaa muuten, kuin 400-500 litran järeysluokassa. Wilcoxon-testin mukaan tässä järeysluokassa puunostaja G:n katkonta eroaisi tilastollisesti muiden katkonnoista. Tähän tulokseen tulee kuitenkin suhtautua osin kriittisesti, sillä puunostaja G:llä on tässä järeysluokassa vain 3 leimikkoa.

Erojen syyt katkonnoissa ovat monisyisiä. Tukkipuun laatuvaatimukset ovat melko vaikiintuneet, eikä puunostajien laatuvaatimuksissa ole suuria eroavaisuuksia. Mittavaatimukset sen sijaan vaikuttavat enemmän tukkisaantoon. Minimilatvaläpimitta vaikuttaa tukkisaantoon omalta osaltaan, kuusella hieman enemmän kuin männyllä. Laaja kirjo eri tukkimittoja ja etenkin lyhyiden mittojen käyttö katkonnassa parantaa tutkitusti tukkisaantoa leimikossa. (Piira T. ym 2007, 25)

Toinen selittävä syy tulosten eroille voi olla yksinkertaisesti puuston parempi tai huonompi laatu. Mikäli puunostaja pyrkii pääsääntöisesti hankkimaan hyvälaatuisia leimikoita, joissa rungot täyttävät tukkipuun mitta- ja laatuvaatimukset helposti, on tukkisaanto todennäköisesti parempi, kuin leimikossa, jossa tukkisaantoa alentaa erinäiset viat, kuten lenkous, monivääryys tai oksaisuus. Hyvänä esimerkkinä tästä on puunostaja D:n hakaamat leimikot, joista 74 % on kuusten keskijäreiden osalta yli 500 litraa.

Männyn katkonnan samankaltaisuudet eri puunostajien välillä oli mielenkiintoinen tutkimustulos tässä opinnäytetyössä. Tukinkatkonta Pirkanmaalla -tutkimuksessa merkitseviä eroavaisuuksia männyn katkonnan välillä saatiin 29 kappaletta 45 kappaleesta. (Hopsu 2002, 1) Tässä opinnäytetyössä merkitseviä eroavaisuuksia männyn katkonnassa saatiin vain yhdessä järeysluokassa. Tässä 400-500 litran järeysluokassa merkitseviä eroavaisuuksia saatiin parivertailuissa 8 kappaletta.

Syyt männyn katkonnalle voivat johtua eri tekijöistä. Etenkin Metsänhoitoyhdistys Pohjois-Pirkan alueella mäntytukkia käyttäviä tuotantolaitoksia on verrattain vähän. Tämä vaikuttaa mäntytukin katkontaan siten, että mäntytukkia käyttämättömät puunostajat katkovat mäntytukkia jonkin toisen tuotantolaitoksen mitta- ja laatuvaatimusten mukaisesti saadakseen myytyä mäntytukit toimituskaupalla. Toisaalta tämä ei voi täysin selittää männyn katkonnan samankaltaisuutta, sillä Metsänhoitoyhdistys Pirkanmaan alueella on verrattain enemmän mäntytukkia käyttävien tuotantolaitosten puunostajia.

Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö onnistui hyvin tarkoituksessaan selvittää, onko eri puunostajien katkonnoissa merkitseviä eroavaisuuksia. Toisaalta luotettavampia tuloksia olisi saatu, mikäli vertailua olisi tehty tukkirunkojen tukkiprosenttien välillä sen sijaan, että oltaisiin vertailtu leimikon koko puuston tukkiprosentteja. Jatkossa samankaltaisia opinnäytetöitä tehdessä olisi siten kannattavaa vertailla juuri tukkirunkojen tukkiprosentteja. Lisäksi tulisi huomioida myös aineiston mahdolliset leimikon tukkisaantoa heikentävät tekijät, kuten mutkaisuus ja lenkous.

LÄHTEET

Berenson M, Levine D, Krehbiel T 2002. Basic business statistics: Concepts and applications, 372-375, 833

Hopsu, Juha 2002. Tukinkatkonta Pirkanmaalla

Keski-Suomen Metsäkeskus 1999. Puutavaran laatuvaatimukset, 14 http://www.virtuaali.info/opetusmaatilat/13/file/puutavaranLaatuvaatimukset_1999_www.pdf

Kivinen, Ville-Pekka 2007. Dissertations Forestales 37, 26, 31

Mellin, I. 2006. Tilastolliset menetelmät: Tilastolliset testit <https://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Testit.pdf>

Metsäteho 2003. Hakkuukoneen mittaustarkkuuden ylläpito-ohje http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Ohje_Hakkuukoneen_mittaustarkkuuden_yl-lapito_07_05_2015.pdf

Motomit IT/PC 2008.

https://asiakas.kotisivukone.com/files/productsupport.tarjoaa.fi/Ohjekirjoja/Motomit/Lisaominaisuudet/additional_properties_fin_v069.pdf

Piira, T. Kilpeläinen, H. Malinen, J. Wall, T. Verkasalo E. 2007. Leimikon puutavaralajikertymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkontaohjeilla, 25-27

<http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff07/ff071019.pdf>

Sipi, Marketta 2009. Puuraaka- aineen mittaus, Mittausmenetelmät ja niiden perusteet, 118-120

Taanila, Aki 2013. Akin menetelmäblogi Kruskal-Wallis –testi. Luettu 2/2017 <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/04/14/kruskal-wallis-testi/>

Uusitalo, Jori 2003 Metsäteknologian perusteet, 151-156

Uusitalo, J 2001 Voidaanko laatu huomioida männyn katkonnassa? b http://www.sis.uta.fi/tilasto/puuprojekti2001/seminar03/Jori_Uusitalo.pdf

Vornanen, Sanna 2012 Apteerauksen toteutuminen Etelä-Suomen metsänomistajien liiton alueella, 16 https://theseus.fi/bitstream/handle/10024/40369/opinna%CC%88tytyo%CC%88_sanna_vornanen.pdf?sequence=3

Vuorenpää, T. Arminen, P. Suuriniemi S. 1999. Arvomatriisien ja tavoitejakaumien laadinta hakkuukoneille, 5-6

Zaiontz, C. Real statistics: Wilcoxon rank sum table

<http://www.real-statistics.com/statistics-tables/wilcoxon-rank-sum-table-independent-samples/>

LIITTEET

$n \setminus i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1																										
2																										
3																										
4																										
5				--	15																					
6				10	16	23																				
7				10	16	24	32																			
8			--	11	17	25	34	43																		
9			6	11	18	26	35	45	56																	
10			6	12	19	27	37	47	58	71																
11			6	12	20	28	38	49	61	73	87															
12			7	13	21	30	40	51	63	76	90	105														
13			7	13	22	31	41	53	65	79	93	109	125													
14			7	14	22	32	43	54	67	81	96	112	129	147												
15			8	15	23	33	44	56	69	84	99	115	133	151	171											
16			8	15	24	34	46	58	72	86	102	119	136	155	175	196										
17			8	16	25	36	47	60	74	89	105	122	140	159	180	201	223									
18		--	8	16	26	37	49	62	76	92	108	125	144	163	184	206	228	252								
19		3	9	17	27	38	50	64	78	94	111	129	148	168	189	210	234	258	283							
20		3	9	18	28	39	52	66	81	97	114	132	151	172	193	215	239	263	289	315						
21		3	9	18	29	40	53	68	83	99	117	136	155	176	198	220	244	269	295	322	349					
22		3	10	19	29	42	55	70	85	102	129	139	159	180	202	225	249	275	301	328	356	386				
23		3	10	19	30	43	57	71	88	105	123	142	163	184	207	230	255	280	307	335	363	393	424			
24		3	10	20	31	44	58	73	90	107	126	146	166	188	211	235	260	286	313	341	370	400	431	464		
25	--	3	11	20	32	45	60	75	92	110	129	149	170	192	216	240	265	292	319	348	377	408	439	472	505	

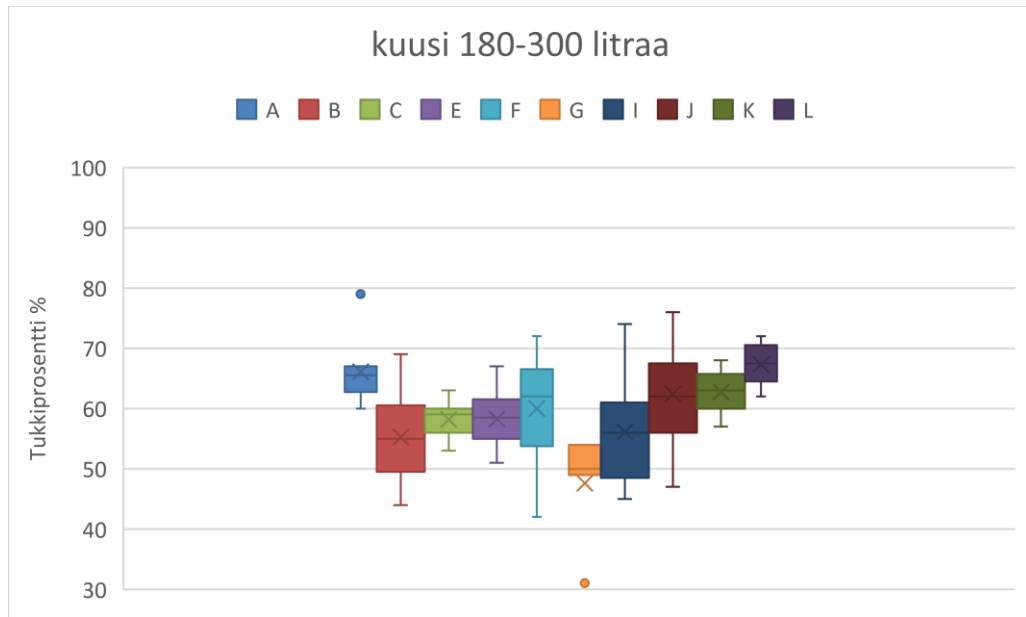
LIITE 1 Wilcoxonin kriittisten sijaluksummien taulukko, $\alpha = 1\%$. (Zaiontz, C.)

$n_1 \backslash n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1																										
2																										
3																										
4			--	10																						
5			6	11	17																					
6			7	12	18	26																				
7			--	7	13	20	27	36																		
8			3	8	14	21	29	38	49																	
9			3	8	14	22	31	40	51	62																
10			3	9	15	23	32	42	53	65	78															
11			3	9	16	24	34	44	55	68	81	96														
12			4	10	17	26	35	46	58	71	84	99	115													
13			4	10	18	27	37	48	60	73	88	103	119	136												
14			4	11	19	28	38	50	62	76	91	106	123	141	160											
15			4	11	20	29	40	52	65	79	94	110	127	145	164	184										
16			4	12	21	30	42	54	67	82	97	113	131	150	169	190	211									
17			5	12	21	32	43	56	70	84	100	117	135	154	174	195	217	240								
18			5	13	22	33	45	58	72	87	103	121	139	158	179	200	222	246	270							
19			5	13	23	34	46	60	74	90	107	124	143	163	183	205	228	252	277	303						
20			5	14	24	35	48	62	77	93	110	128	147	167	188	210	234	258	283	309	337					
21			6	14	25	37	50	64	79	95	113	131	151	171	193	216	239	264	290	316	344	373				
22			6	15	26	38	51	66	81	98	116	135	155	176	198	221	245	270	296	323	351	381	411			
23			6	15	27	39	53	68	84	101	119	139	159	180	203	226	251	276	303	330	359	388	419	451		
24			6	16	27	40	54	70	86	104	122	142	163	185	207	231	256	282	309	337	366	396	427	459	492	
25	--	6	16	28	42	56	72	89	107	126	146	167	189	212	237	262	288	316	344	373	404	435	468	501	536	

LIITE 2 Wilcoxonin kriittisten sijalukusummien taulukko, $\alpha = 5\%$. (Zaiantz, C.)

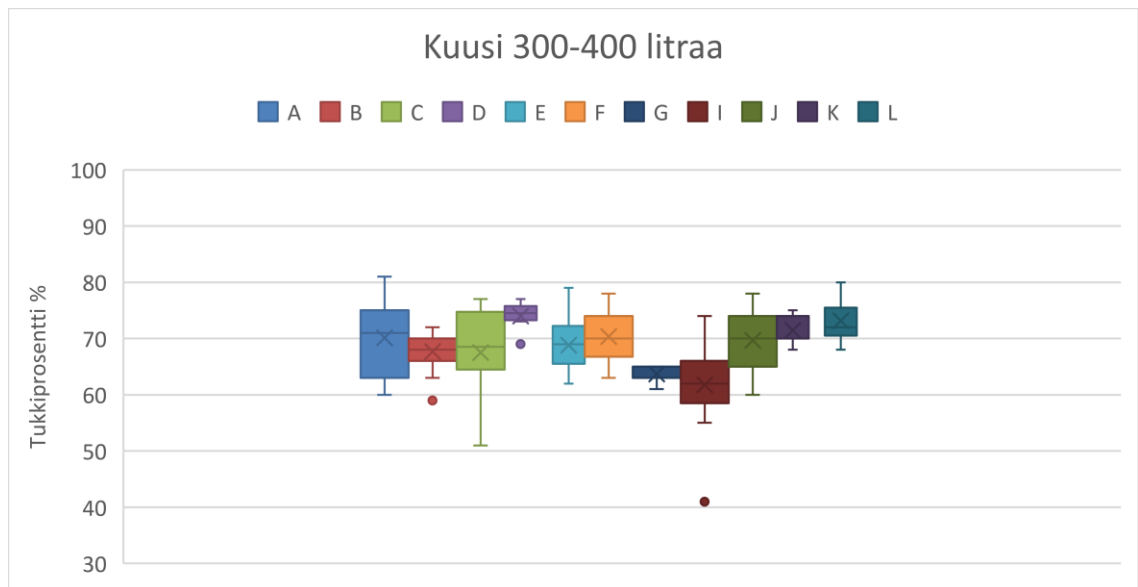
$n_1 \setminus n_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1																									
2	-																								
3		3	7																						
4		3	7	13																					
5		4	8	14	20																				
6		4	9	15	22	30																			
7		4	10	16	23	32	41																		
8	-	5	11	17	25	34	44	55																	
9	1	5	11	19	27	36	46	58	70																
10	1	6	12	20	28	38	49	60	73	87															
11	1	6	13	21	30	40	51	63	76	91	106														
12	1	7	14	22	32	42	54	66	80	94	110	127													
13	1	7	15	23	33	44	56	69	83	98	114	131	149												
14	1	8	16	25	35	46	59	72	86	102	118	136	154	174											
15	1	8	16	26	37	48	61	75	90	106	123	141	159	179	200										
16	1	8	17	27	38	50	64	78	93	109	127	145	165	185	206	229									
17	1	9	18	28	40	52	66	81	97	113	131	150	170	190	212	235	259								
18	1	9	19	30	42	55	69	84	100	117	135	155	175	196	218	242	266	291							
19	2	10	20	31	43	57	71	87	103	121	139	159	180	202	224	248	273	299	325						
20	2	10	21	32	45	59	74	90	107	125	144	164	185	207	230	255	280	306	333	361					
21	2	11	21	33	47	61	76	92	110	128	148	169	190	213	236	261	287	313	341	370	399				
22	2	11	22	35	48	63	79	95	113	132	152	173	195	218	242	267	294	321	349	378	408	439			
23	2	12	23	36	50	65	81	98	117	136	156	178	200	224	248	274	300	328	357	386	417	448	481		
24	2	12	24	38	51	67	84	101	120	140	161	183	205	229	254	280	307	335	364	394	425	457	491	525	
25	2	12	25	38	53	69	86	104	123	144	165	187	211	235	260	287	314	343	372	403	434	467	500	535	570

LIITE 3 Wilcoxonin kriittisten sijaluksummien taulukko, $\alpha = 20 \%$. (Zaiontz, C.)



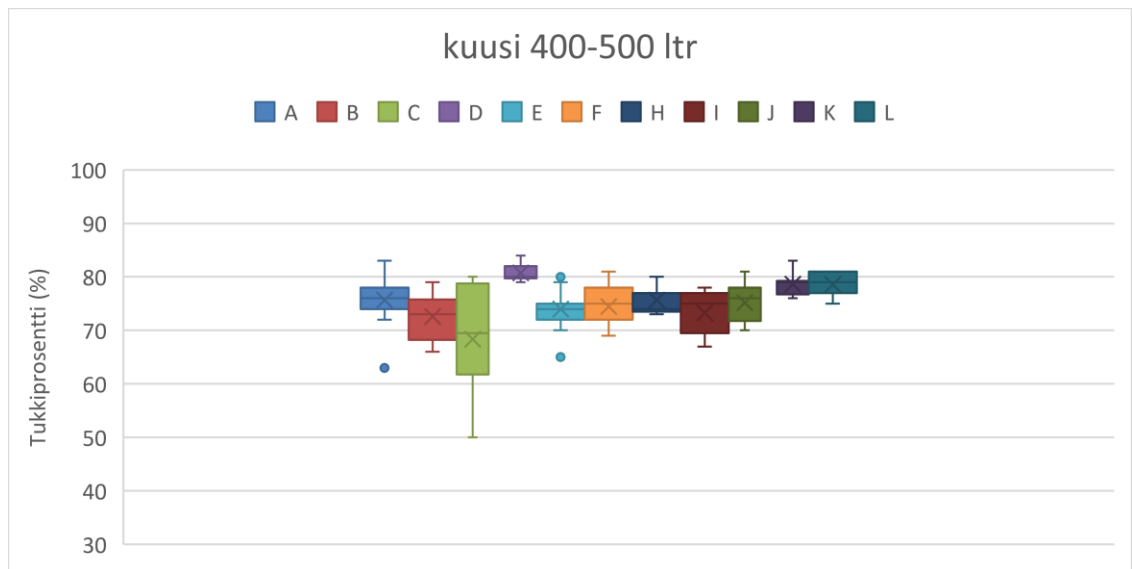
8	20	5	10	12	5	8	26	4	6
A	B	C	E	F	G	H	I	J	K

LIITE 4 Kuusen tukkiprosentit puunostajittain, keski­jä­reys 180-300 litraa.



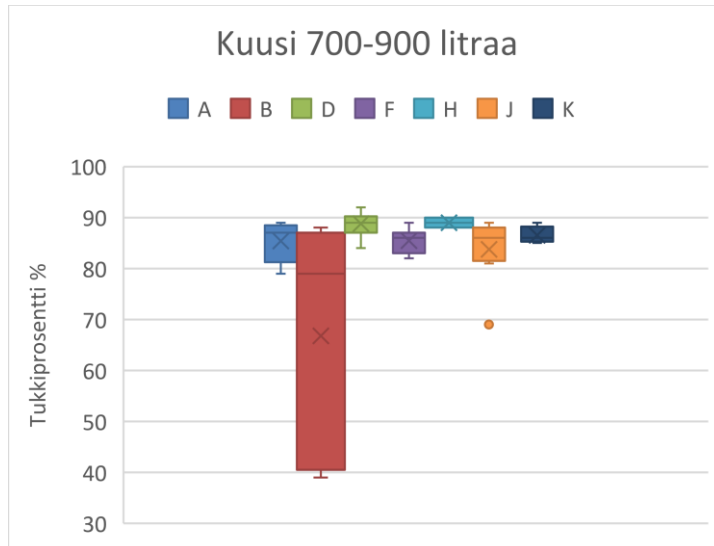
9	13	8	6	24	12	3	11	33	9	7
A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L

LIITE 5 Kuusen tukkiprosentit puunostajittain, keskiarvo 300-400 litraa



19	12	6	8	23	17	3	7	36	8	5
A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L

LIITE 6 Kuusen tukkiprosentit puunostajittain, keski­jä­reys 400-500 litraa



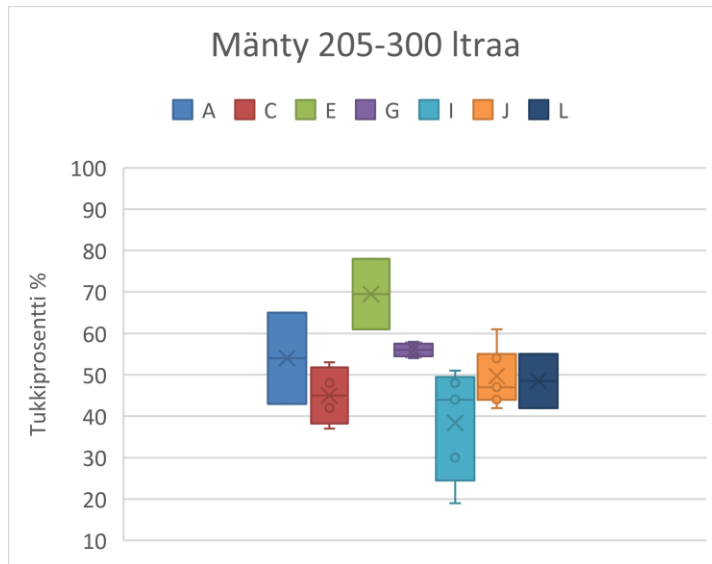
8	5	14	7	3	8	4
A	B	D	F	H	J	K

LIITE 7 Kuusen tukkiprosentit puunostajittain, keskijäreys 700-900 litraa

Kuusen suurimmassa järeysluokassa Boxplot-tilaston tekeminen ei ollut mahdollista liian pienestä otoskokoista johtuen. Taulukossa näkyy tukkiprosenttikeskisarvo, otoskoko ja puunostaja.

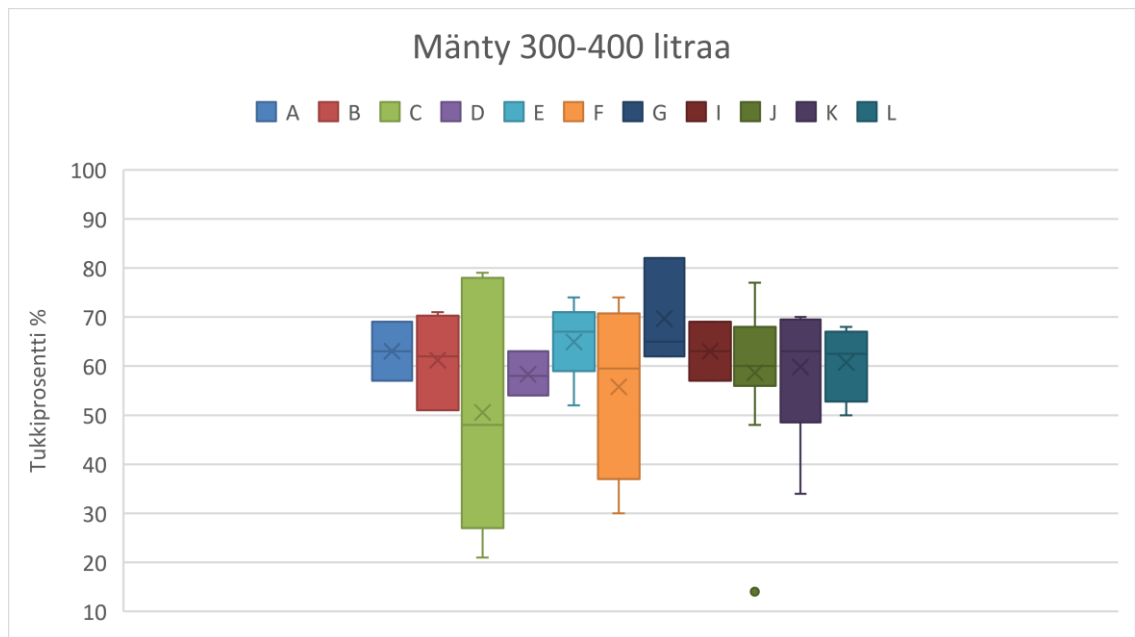
75,5	93,3	88,5	90,7	91,7
2	3	2	3	3
A	D	E	F	J

LIITE 8 Kuusen tukkiprosentit puunostajittain, keskijäreys 900- litraa



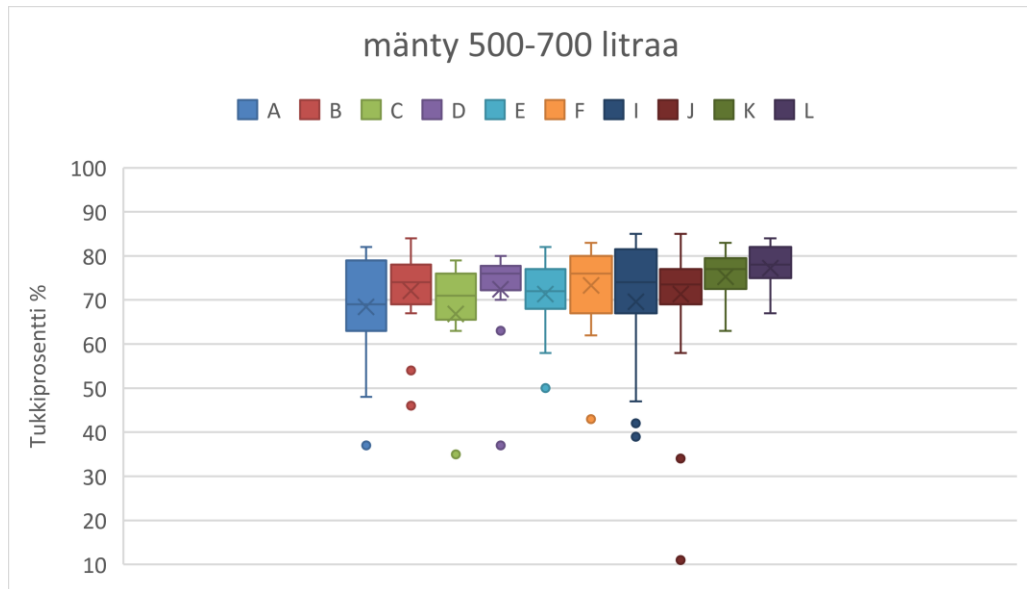
2	4	2	4	5	7	2
A	C	E	G	I	J	L

LIITE 9 Männen tukkiprosentit puunostajittain, keskiäreys 205-300 litraa



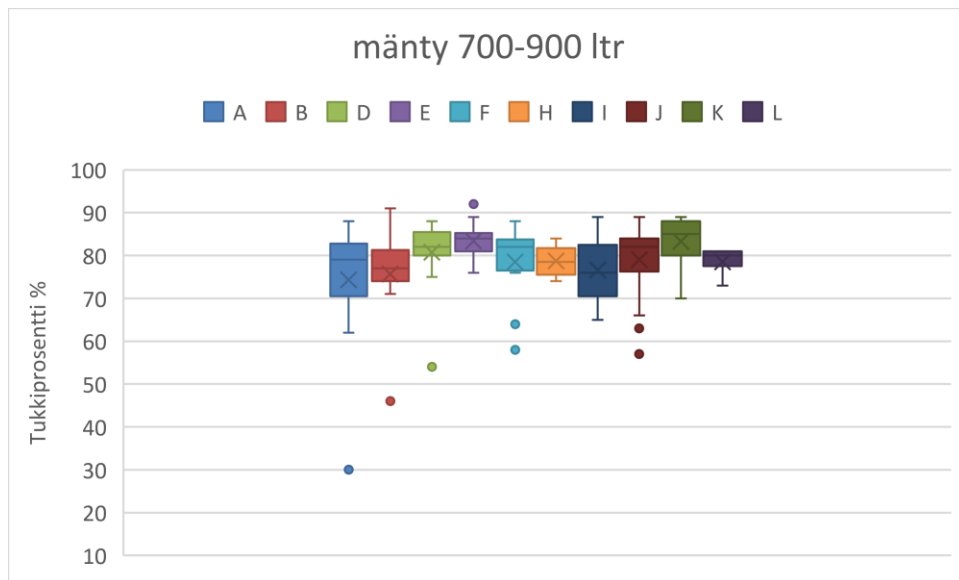
2	6	7	3	11	4	3	2	15	5	4
A	B	C	D	E	F	G	I	J	K	L

LIITE 10 Männyn ja tukkiprosentit puunostajittain, keskiäreys 300-400 litraa



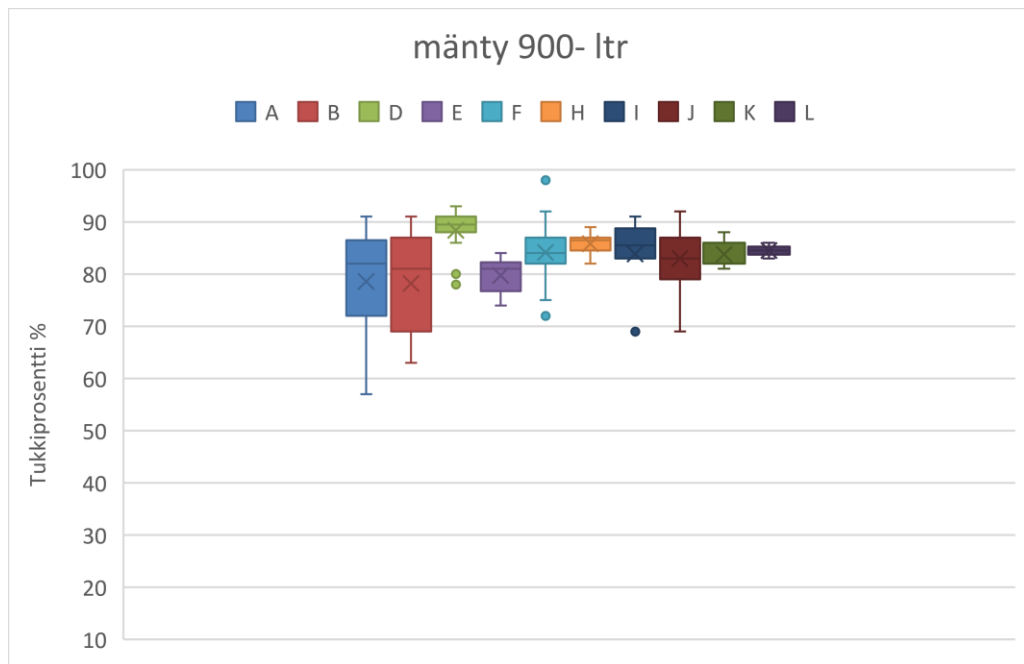
17	31	7	14	25	21	14	54	15	9
A	B	C	D	E	F	I	J	K	L

LIITE 11 Männyn tukkiprosentit puunostajittain, keskiäreys 500-700 litraa



14	20	15	12	18	4	3	28	11	4
A	B	D	E	F	H	I	J	K	L

LIITE 12 Männyn tukkiprosentit puunostajittain, keskiäreys 700-900 litraa



11	5	14	8	13	6	6	25	5	2
A	B	D	E	F	H	I	J	K	L

LIITE 13 Männyn tukkiprosentit puunostajittain, keskiäreys 900- litraa