

LEIMAUSSELOSTEEN TARKKUUS JA TUUKKIPROSENTIT
KITILÄN METSÄNHOITOYHDISTYKSEN ALUEELLA

Jussi Olli

Opinnäytetyö
Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri

2017

Luonnonvara- ja ympäristöala
Metsätalouden koulutusohjelma
Metsätalousinsinööri

Tekijä	Jussi Olli	Vuosi	2017
Ohjaajat	Oiva Hiltunen, Pekka Pennanen, Juha-Pekka Snäkin		
Toimeksiantaja	Kittilän Metsänhoitoyhdistys		
Työn nimi	Leimausselosteen tarkkuus ja tukkiprosentit Kittilän metsänhoitoyhdistyksen alueella		
Sivumäärä	41		

Suomessa joka viides asukas omistaa metsää. Nykyään yhä useampi metsänomistaja asuu kaupungissa tai eri paikkakunnalla kuin missä hänen omistamansa metsä sijaitsee. Muuttunut metsänomistajarakenne on luonut tarpeen metsäalan palveluille, kuten erilaisille puukauppapalveluille ja niiden kehittämiseksi. Tässä tutkimuksessa tarkastelen valtakirjakauppoihin tehtyjen leimausselosteiden tarkkuutta sekä eri puunosto-organisaatioiden toteutuneita tukkiprosentteja.

Tutkimuksen aineisto on pääosin peräisin Kittilän metsänhoitoyhdistyksen vuosina 2010–2017 tekemistä valtakirjakupoista. Tämän lisäksi sain aineistoa myös yksityisiltä metsänomistajilta sekä metsänhoitoyhdistys Länsi-Rajalta. Aineistoon hyväksyin vain päätehakkuukohteet.

Opinnäytetyön toteutin vertailemalla arvioituja ja hakkuussa toteutuneita puumääriä. Vertailua suoritin graafisesti sekä laskemalla arviovirheille tunnuksat. Tukkiprosenttien vertailussa tarkastelin tuloksia graafisesti ja tuloksista johdin mallin, jonka avulla laskin mediaanikohteelle laskennallisen tukkikertymän. Aineiston käsittelyssä ja laskennassa käytin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa.

Puuston arvioinnin tarkkuus oli leimausselosteissa pääosin yhtä tarkkaa kuin mihin aikaisemmissa tutkimuksissa on päästy. Poikkeuksena edellisiin tutkimuksiin oli kuusen ja koivun arviointi. Pienten kertymien arviointi oli epätarkempaa kuin suurempien kertymien. Puutavaralajeista pikkutukin kertymän arviointi oli tukin arviointia epätarkempaa. Arvioinnin tarkkuuksiin vaikuttivat leimausselosteen laatija sekä puun ostaja. Ostajien välinen ero tukkiprosenteissa oli suurimmillaan 13 prosenttiyksikköä. Pikkutukin osalta ero oli suurimmillaan 14 prosenttiyksikköä.

Tutkimuksen mukaan yhdistyksen tekemät leimausselosteet pitävät kokonaisuuden puuston ja männyn osalta paikkansa. Koivun ja kuusen osalta arvioinneissa on parantamisen varaa. Männyn tukkikertymien arvioinnissa onnistutaan kohtalaisesti. Tulokset osoittavat myös, että ostajien välillä on olemassa eroa tukin- ja pikkutukin katkonnoissa.

Asiasanat

metsän arviointi, metsänhoitoyhdistys, puukauppa

School of Forestry and Rural industries
Forestry Degree Programme
Forestry Engineer

Author	Jussi Olli	Year 2017
Supervisor	Oiva Hiltunen, Pekka Pennanen, Juha-Pekka Snäkin	
Commissioned by	Forest management association of Kittilä	
Subject of thesis	Accuracy of timber trade plan and relative log amounts in Kittilä	
Number of pages	41	

In Finland, every fifth citizen is a forest owner. Nowadays growing numbers of forest owners live in a city or in other location where their forest is. Changed structure of forest owners has created demand to improve services to forest owners. In this thesis the accuracy of the plan for timber sales and difference of amount of logs in harvests is studied.

Material for thesis was received from the Forest management association of Kittilä. In addition to that material from private forest owners and from the Forest management association of Länsi-Raja was received. Material was from timber sales made between 2010–2017 and only final cutting areas were included.

The planned amounts of timber were compared to the harvested amount and compared using graphics and calculated values. Comparing the amount of logs between companies was calculated by relative accumulation for logs and a graphic was made. From the results the relative amount of logs for the median harvest area was modelled. The worksheet program Excel was used for handling and calculation of data.

Estimation accuracy of amounts of timber were mainly as exact as they were in earlier studies. Exception for that was estimated amounts for spruce and birch which were more imprecise. Estimations for smaller amounts of timber were more imprecise than for bigger amounts. Estimations for log amounts were more accurate than estimations for small-diameter logs. The person who made the estimation and company which harvested the area affected the accuracy of estimation. The biggest difference in relative amounts of logs between companies was 13 percentage points. With small-diameter logs the difference was 14 percentage points.

The thesis proves that estimation of pine amounts and total harvest amounts are precise. Estimations for birch and spruce need improving. Estimation of pine log amount is in moderate accuracy. Results also prove that there is a difference in log harvesting between different companies.

Key words forest estimation, forest management association, timber trade

SISÄLLYS

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	6
1 JOHDANTO.....	7
2 METSÄNHOITOYHDISTYKSET.....	9
2.1 Metsänhoitoyhdistysten toiminta.....	9
2.2 Metsänhoitoyhdistysten palvelut.....	10
2.3 Kittilän metsänhoitoyhdistys.....	11
2.4 Toiminta puukaupassa.....	11
3 PUUTAVARAN MITTAUS JA KATKONTA.....	13
3.1 Hakkuukonemittaus.....	13
3.2 Puutavaran katkonta.....	14
3.3 Katkonnän ohjaus.....	16
3.3.1 Katkontamatriisit.....	16
3.3.2 Runkoprofiilin ennustus ja optimointilaskenta.....	18
4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	19
4.1 Aineisto.....	19
4.2 Tutkimusmenetelmät.....	20
5 TULOKSET.....	23
5.1 Kokonaiskertymän arviointi.....	23
5.2 Puulajittainen arviointi.....	24
5.2.1 Männyn kertymän arviointi.....	24
5.2.2 Kuusen kertymän arviointi.....	26
5.2.3 Koivun kertymän arviointi.....	27
5.3 Männyn kertymärakenteen arviointi.....	29
5.4 Mäntytukin kertymä ostajittain.....	31
6 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	35
6.1 Leimausselosteen tarkkuus.....	35
6.2 Ostajien tukkiprosentit.....	36
6.3 Tutkimuksen luotettavuus.....	37
6.4 Työn hyödyt.....	39

LÄHTEET.....40

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Mittavaatimusten vaikutus arvoon (Malinen 2011, 9)	15
Taulukko 1. Esimerkki hakkuukoneen arvomatriisista.....	17
Taulukko 2. Esimerkki hakkuukoneen jakaumamatriisista	17
Taulukko 3. Kokonaiskertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja vihreiden keskiahajonta	23
Kuvio 2. Arvioitu ja toteutunut kokonaiskertymä m ³ /ha.....	24
Taulukko 4. Männyn kertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja virheiden keskiahajonta	25
Kuvio 3. Arvioitu ja toteutunut männyn kertymä m ³ /ha.....	26
Taulukko 5. Kuusen kertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja virheiden keskiahajonta	26
Kuvio 4. Arvioitu ja toteutunut kuusen kertymä m ³ /ha.....	27
Taulukko 6. Koivun kertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja virheiden keskiahajonta	27
Kuvio 5. Koivun arvioitu ja toteutunut kertymä	28
Taulukko 7. Arvioidun tukkikertymän keskivirhe (RMSE), harha ja virheiden keskiahajonta	29
Taulukko 8. Arvioidun pikkutukkikertymän keskivirhe (RMSE), harha ja virheiden keskiahajonta	30
Kuvio 6. Arvioitu ja toteutunut suhteellinen tukkikertymä ostajittain suunnittelija 2 tekemissä kaupoissa.....	30
Kuvio 7. Arvioitu ja toteutunut suhteellinen tukkikertymä ostajittain suunnittelija 3 tekemissä kaupoissa.....	31
Kuvio 8. Mäntytukin suhteellinen kertymä keskijäreiden mukaan eri ostajilla ..	32
Kuvio 9. Mäntypikkutukin suhteellinen kertymä keskijäreiden mukaan eri ostajilla	33
Kuvio 10. Suhteellinen mäntytukin ja pikkutukin kertymä mediaanikohteella	34

1 JOHDANTO

Olen ollut kesätöissä ja suorittanut opintoihini kuuluvan toisen harjoittelujakson Kittilän metsänhoitoyhdistyksessä. Yhdistyksellä työskentely on ollut mieluista, ja olen kotoisin Kittilästä, joten päätin kysyä mahdollista opinnäytetyöaihetta sieltä. Kittilän metsänhoitoyhdistyksen toiminnanjohtaja Pasi Seppälä ehdotti yhdeksi aiheeksi ostajien tukkiprosenttien ja leimausselosteiden tarkkuuden tutkimista yhdistyksen alueella. Pidin aihetta mielenkiintoisena, koska puukauppa kokonaisuudessaan kiinnostaa minua, joten tämä valikoitui opinnäytetyöni aiheeksi.

Suomessa lähes joka viides asukas omistaa jollain tavalla metsää, ja pinta-alallisesti yksityismetsiä on yli puolet Suomen metsistä. Taloudellisesti yksityismetsien merkitys on niiden pinta-alallista osuutta suurempi, sillä 70–80 prosenttia metsäteollisuuden kotimaisesta puuraaka-aineesta on lähtöisin yksityismetsistä. Metsänomistajien puunmyyntikäyttäytymisessä ei ole viimeisten vuosikymmenien aikana tapahtunut juuri oleellisia muutoksia. Metsänomistajakunnassa muutoksia kuitenkin on tapahtunut. Osa metsänomistajista on vieraantunut metsäomaisuudestaan, ja yhä useampi metsänomistaja asuu kaupungissa tai tilan sijaintikunnan ulkopuolella. (Hyvönen, Malinen, Rämö, Nuutinen & Järvinen, 2010. 504.)

Metsänomistajien tietotaito metsäasioiden ja puukaupan suhteen on vähentynyt metsänomistajarakenteen muutoksen ohessa. Muutoksen seurauksena metsänomistajat eivät välttämättä ole selvillä puukaupassa huomioon otettavista asioista, ja he voivat kokea puukaupan vaikeaksi ilman ulkopuolista apua. Omatoimisuus puukaupan kaikissa vaiheissa suunnittelusta toteutukseen onkin vähentynyt, ja iso osa metsänomistajista pitää puukauppapalveluita ja erityisesti tarjousten vertailua tärkeänä. (Hyvönen, ym., 2010. 504–507.) Edellä mainittujen syiden takia metsänhoitoyhdistyksille on syntynyt tarve vastata kasvaneeseen puukauppapalveluiden kysyntään. Tämän vuoksi Kittilän metsänhoitoyhdistys on tilannut selvityksen leimausselosteen tarkkuudesta ja tukkiprosenteista toiminta-alueensa puukaupoista.

Opinnäytetyössäni vertailen keskenään leimausselosteissa arvioituja puumääriä ja hakkuissa kertyneitä puumääriä. Lisäksi vertailen eri puunostajien toteutuneita

tukkiprosentteja keskenään. Puumäärien arvioinnin tarkkuutta on tutkittu Suomessa paljon, joten leimausselosteen tarkkuuden arviointiin on tarjolla runsaasti vertailuaineistoa. Tukkiprosenttien vaihtelusta yhtiöittäin on tehty muutama opinnäytetyö, minkä lisäksi MTK on tutkinut aiheetta. Laajemmat tutkimukset aiheesta ovat keskittyneet siihen, kuinka tukin katkonnassa käytettävät mitat vaikuttavat tukkiprosenttiin. Tutkimukset kuitenkin keskittyvät pääasiassa eteläiseen Suomeen, eikä Kittilän alueelta ole vastaavia tutkimuksia tehty.

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää Kittilän metsänhoitoyhdistyksen leimausselosteissa arvioitujen kertymien tarkkuus päätehakkuukohteilta. Tätä varten tarkastelen eri puulajien, mäntytukin ja -pikkutukin sekä kokonaiskertymän arvioinnin tarkkuutta. Arvioiden tarkkuutta tarkastelen myös leimausselosteen laatijoin. Näin voin tarkentaa, minkälaiset arviovirheet ovat eri leimausselosteen laatijoilla. Näiden tietojen avulla metsänhoitoyhdistys voi kehittää omaa toimintaansa ja toimihenkilöt arviointiaan. Lisäksi metsänhoitoyhdistys haluaa tietoa puukaupan kilpailutuksen tueksi. Tämän vuoksi tutkimuksen tavoitteena on myös selvittää alueelta puuta ostavien organisaatioiden aikaisempina vuosina tehdyistä päätehakkuista männyn keskimääräiset tukki- ja pikkutukkikertymät keski-järeyksittäin.

Opinnäytetyöni tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Kuinka tarkasti leimausselosteiden puumäärät pitävät paikkansa?
- Eroavatko alueen puunostajien tukki- ja pikkutukkikertymät toisistaan, ja jos eroavat, niin kuinka?

2 METSÄNHOITOUHDISTYKSET

2.1 Metsänhoitoyhdistysten toiminta

Metsänhoitoyhdistyksillä on Suomessa vankat perinteet, jotka yltävät vuoteen 1907, jolloin perustettiin Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapio. Sen tehtävänä oli parantaa metsänomistajien asemaa ja edistää metsänomistajien yhteistoimintaa. Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapio ajoi myös nykymuotoisten metsänhoitoyhdistysten perustamista. Yhdistysten tarkoituksena oli palkata metsäammattilaisia auttamaan ja opastamaan metsänomistajia metsätalouteen liittyvissä asioissa. (Viitala 2006, 30–32.)

Vielä nykyäänkin metsänhoitoyhdistykset ovat metsänomistajien itse perustamia, rahoittamia ja hallinnoimia yhteenliittymiä. Metsänomistajat päättävät myös itse oman yhdistyksensä säännöistä. (Juutinen, Kiviniemi, Sahi & Toro 2001, 18.) Metsänhoitoyhdistyksellä on vielä nykyäänkin laissa säädettyjä tehtäviä, joiden mukaan sen tarkoituksena on edistää jäsentensä metsätalouden kannattavuutta ja heidän metsälleen asettamien muiden tavoitteiden toteutumista. Lisäksi tehtäviin kuuluvat kestävän metsänhoidon edistäminen ja jäsenien edunvalvonta sekä metsän omistamiseen ja metsätalouden harjoittamiseen liittyvien palvelujen tarjoaminen. (Laki metsänhoitoyhdistyksistä 534/1998 1:1 §.) Lain pohjalta metsänhoitoyhdistykset voivat itse määritellä tarkemmin toimintansa (Juutinen ym. 2001, 18).

Metsänhoitoyhdistysten päätösvalta kuuluu sen jäsenille, ja heidän asiaansa yhdistyksissä ajaa valtuusto ja sen valitsema hallitus (Juutinen ym. 2001, 53). Valtuusto jäsenet valitaan joka neljäs vuosi järjestettävillä vaaleilla (Juutinen ym. 2001, 54), ja valtuuston tehtävänä on valvoa hallituksen ja metsänhoitoyhdistyksen sisäistä toimintaa sekä päättää metsänhoitomaksun suuruudesta. (Juutinen ym. 2001, 57–58).

2.2 Metsänhoitoyhdistysten palvelut

Metsänhoitoyhdistykset tarjoavat kaupallisia ja edunvalvonnallisia palveluita. Osa näistä palveluista rahoitetaan jäseniltä kerätyillä jäsenmaksuilla eli metsänhoitomaksuilla. Loput toiminnasta rahoitetaan kaupallisten palveluiden myynnistä saatavilla tuloilla. (Juutinen ym. 2001, 43.) Metsänhoitoyhdistykset toimivat paikallisesti oman alueensa metsänomistajien edunvalvojana. Edunvalvontaa metsänhoitoyhdistykset toteuttavat esimerkiksi vaikuttamalla oman alueensa kaava-asioiden valmisteluun ja keräämällä tietoa alueen puunhinnoista ja katkonnasta. (Metsänhoitoyhdistys 2017.) Nykyään lähes kaikki metsänhoitoyhdistykset ovat MTK:n eli Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliiton jäseniä. MTK huolehtii Suomen metsänomistajien edusta kansallisella ja kansainvälisellä tasolla (MTK 2017).

Metsänhoitoyhdistyksen tarjoamat kaupalliset palvelut voidaan jakaa metsänhoito-, asiantuntija- ja puukauppalveluihin. Palveluvalikoima vaihtelee hieman yhdistyksittäin. Suurin osa yhdistyksistä tarjoaa kuitenkin asiakkailleen kokonaisvaltaisesti metsänuudistamiseen sekä taimikon ja nuoren metsän hoitoon liittyviä palveluita. Metsänhoitoyhdistykset myös välittävät viljelymateriaalia sekä kemi-kaaleja kuten torjunta-aineita ja lannoitteita metsänomistajille. Lisäksi metsänomistajille tarjotaan lainattavaksi työvälineitä yksinkertaisten käytännön töiden tekemiseen. (Juutinen ym. 2001, 43–44.)

Myös asiantuntijapalveluita tarjotaan yhdistyksissä monipuolisesti, ja ne voidaan jakaa karkeasti koulutus-, suunnittelu- ja muihin asiantuntijapalveluihin. Koulutukseen kuuluu metsänomistajien neuvonta ja tiedotus puutavaran markkinatilanteesta sekä muista metsäalan ja metsänhoidon asioista. Suunnittelupalveluihin kuuluvat erilaiset metsäsuunnitelmat, ympäristön hoidon suunnitelmat sekä arviot metsätilan arvosta ja metsätuhoista. Muihin palveluihin luetaan metsänomistajille tarjottavat toimistopalvelut, kuten metsäverotuksen teko sekä tilakaupassa ja sukupolvenvaihdoksessa avustaminen. (Juutinen ym. 2001, 44.)

Puukaupassa metsänhoitoyhdistysten palveluihin kuuluu puunmyyntisuunnitelmien laadinta, puunmyynti valtakirjakaupalla sekä puunkorjuun, katkonnän ja mit-

tauksen valvonta. Yhdistykset tarjoavat myös omaa korjuupalvelua, jolloin yhdistys hoitaa koko prosessin suunnittelusta toteutukseen. (Juutinen ym. 2001, 43.) Osa yhdistyksistä tarjoaa myös erikoispuun välitystä sekä ostaa puuta hankintakauppana metsänomistajilta (Kärhä & Aarnio 2001, 29–30).

2.3 Kittilän metsänhoitoyhdistys

Kittilän metsänhoitoyhdistys on perustettu vuonna 1948, ja se toimii Kittilän kunnan alueella. Kittilän yksityismetsien kokonaisala on noin 225 000 hehtaaria, josta metsämaata on 134 400 hehtaaria. Yhdistysten jäsenet omistavat noin 80 prosenttia Kittilän yksityismetsistä. (Metsänhoitoyhdistys Kittilä 2016, 1.)

Yhdistyksen alueen yksityismetsien puuston kokonaistilavuus metsämaalla on yli 8 600 000 kuutiometriä ja vuotuinen kasvu 268 800 kuutiometriä. Hakkuusuunnite on 55 prosenttia kasvusta eli 150 000 kuutiometriä. Vuonna 2015 todellinen hakkuumäärä alueella jäi kuitenkin 105 000 kuutiometriin. (Metsänhoitoyhdistys Kittilä 2016, 1.)

Yhdistys tarjoaa myös paljon palveluita, ja sillä on tärkeä osa paikallisessa puukaupassa. Yhdistys teki vuonna 2016 puunmyyntisuunnitelmia yhteensä 82 200 kuutiometrin edestä, mikä on 78 prosenttia alueella tehtävistä puukaupoista. Valtakirjakauppojen osuus alueen koko hakkuumäärästä oli 25 prosenttia. (Metsänhoitoyhdistys Kittilä 2016, 1.)

2.4 Toiminta puukaupassa

Metsänhoitoyhdistykset tarjoavat metsänomistajien pyynnöstä puukauppaa varten puunmyynnin suunnittelua ja puukaupan kilpailutusta. Lisäksi yhdistykset suorittavat korjuun ja mittauksen valvontaa. Puun myynnissä tärkeässä osassa ovat leimausselosteet, joista ilmenee hakattavat kuviot hakkuutavoittain ja puutavaralajikohtaisine kertymineen. Leimausselosteet voidaan laatia suunnittelutasoon mukaan joko toimistotyönä tai maastokäynnin pohjalta. Maastokäynnin pohjalta tehdyn leimausselosteen arvioinnissa pyritään ± 20 prosentin tarkkuuteen. Tarkkuus on tärkeää, koska puunostajat antavat tarjouksensa leimausseloste-

den pohjalta. Riittävän tarkka kuvaus leimikon puustosta helpottaa myös ostotarjousten vertailua, kun hintojen lisäksi tarkastellaan myös katkontaa. (Puukauppaohjeistukset 2015, 2–3.)

Puukaupan kilpailutuksen metsänhoitoyhdistykset tekevät metsänomistajan toimeksiannosta. Kilpailutus suoritetaan pyytämällä tarjous leimausselosteessa mainitusta kohteesta kaikilta alueen puunostajilta. Tarjoukset pyydetään mahdollisimman yksityiskohtaisina siten, että niistä käy ilmi yksikköhinnat, mitta- ja laatuvaatimukset, arvio korjuuajankohdasta ja tarjouksen voimassaoloaika. Kun tarjoukset ovat tulleet, yhdistys suorittaa tarjousvertailun, joka suoritetaan katkonnan huomioon ottavalla arviolaskelmalla. Laskelman tulokset esitetään metsänomistajalle ja hän päättää itse, mille ostajalle leimikko lopulta myydään vai siirretäänkö myyntiä myöhemmäksi. (Puukauppaohjeistukset 2015, 3–4.)

3 PUUTAVARAN MITTAUS JA KATKONTA

3.1 Hakkuukonemittaus

Yleisesti hakkuukonemittauksella tarkoitetaan käytettyä mittaustapaa, jossa hakkuukoneessa olevalla mittalaitteella mitataan hakatun puutavaran määrää (Metsäkeskus 2017). Puutavaran mittaustavoista hakkuukonemittaus oli vuonna 2015 suosituin mittaustapa. Suomessa hakatusta markkinapuusta jopa 74 prosenttia mitattiin käyttämällä hakkuukonemittauksia. Kaikista hakkuista noin 85 prosenttia oli pystykauppoja, joista 81 prosenttia mitattiin hakkuukonemittauksella. (Melkas 2015, 11.)

Hakkuukonemittauksen edut ovat suuret: yhdellä mittauksella voidaan mitata sekä työmitta taksan määrittämiseksi että luovutusmitta metsänomistajan kantorahan määrittämiseksi. Näin toimien voidaan säästää resursseja mittauksessa. Lisäksi hakkuukonemittauksen käyttö mahdollistaa nopeamman tiedonkulun, mikä tehostaa varastojen ja materiaalivirtojen ohjausta. (Uusitalo 2003a, 151–152.) Hakkuukonemittaukselle on myös säädetty laissa neljän prosentin tarkkuusvaatimus (Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittaamenetelmien ja mittausten tarkemmasta sisällöstä sekä mittaustaitteiden käytöstä 1323/2013 1:3 §), mutta yleensä mittauksessa pyritään alle kolmen prosentin tarkkuuteen (Metsäteho 2015, 4).

Hakkuukoneen mittaustapaa perustuu puun rungon pituuden ja läpimitan mittaukseen. Pituuden mittausta varten hakkuukoneen kourassa on mittarulla, joka mittaa puun pituutta sitä mukaan, kun puuta syötetään kouran läpi. Läpimittaa hakkuukone mittaa kourassa olevilla karsintaterillä, syöttörullilla tai syöttöteloilla. Itse läpimitan mittaustapahtuu kahden pisteen ristimitauksella tai läpimita voidaan johtaa myös kolmen pisteen muodostamien kulmien avulla. Rungon tilavuus lasketaan pätkittäin laskemalla jokaiselle pätkälle tilavuus sylinterin tai katkaistun kartion kaavoja käyttäen. (Uusitalo 2003a, 152–153.) Hakkuukonemittauksen tarkkuutta pidetään yllä omavalvonnalla siten, että otannalla valittujen pölkkyjen tilavuutta, pituutta ja läpimittoja verrataan hakkuukoneen mittauksiin (Lindblad & Wall 2013, 40).

3.2 Puutavaran katkonta

Suomessa puunkorjuussa yleisin puun hinnoittelumenetelmä on puutavaralajihinnoittelumenetelmä. Siinä kustakin puutavaralajista sovitaan oma hinta. (Räsänen 2010.) Menetelmässä puu kaadetaan, karsitaan ja katkotaan tukeiksi ja kuitupuuksi (Puuhuolto.fi 2012). Katkonta puutavaraleihin suoritetaan käytössä olevia mitta- ja laatuvaatimuksia käyttäen siten, että rungon arvo saadaan maksimoitua (Malinen 2011, 4).

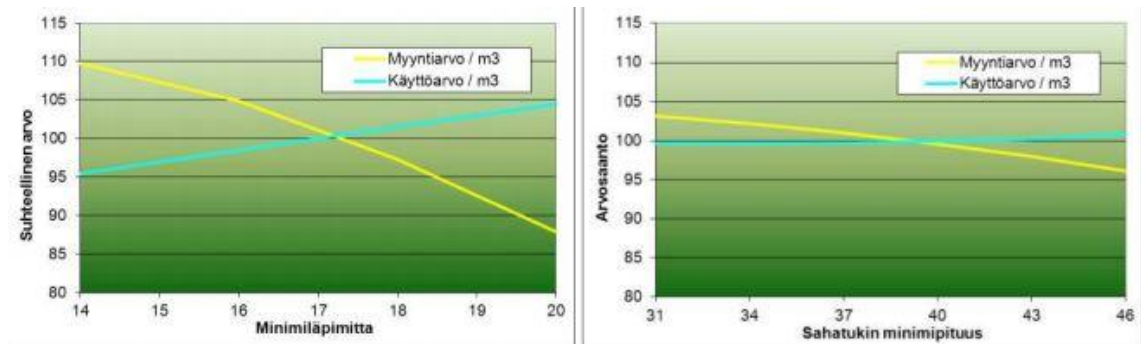
Katkongan periaatteet määritellään hakkuuoikeussopimuksessa. Käytettävät mitat voidaan ilmoittaa minimi- ja maksimimittoina, jolloin katkontaan käy kaikki pituudet kyseisten mittojen välistä. Toisena tapana käytetään tarkempaa määrittelyä, jossa käytettävät pituudet ja läpimitat on eritelty. Metsäalan kauppatapana on, että rungon tukkiosuus pyritään hyödyntämään mahdollisimman tarkkaan. Epäselvässä tilanteessa tämä tarkoittaa, että kaikkia sopimuksessa mainittuja mittoja on käytettävä. (Kiviniemi 2006, 283–284.)

Puunhankinnassa on kuitenkin tapahtunut voimakkaita muutoksia, jotka ovat muuttaneet metsä- ja puuteollisuutta yhä enemmän asiakaslähtöiseksi. Tämä on tuonut lisää haasteita puunhankintaorganisaatioille, sillä niiden on kyettävä vastaamaan yhä nopeammin tuotantolaitoksien määrällisiin ja laadullisiin vaatimuksiin puutavarasta. Tämä näkyy puukaupassa siten, että eri puutavaralajeja on tullut lisää, ja niiden mitta- ja joskus laatuvaatimuksetkin voivat vaihdella paljon. Puutavaralajeista maksettavan yksikköhinnan lisäksi erilaiset tukkipuun katkontaohjeet vaikuttavat merkittävästi hakkuutuloihin. (Piira, Kilpeläinen, Malinen, Wall & Verkasalo 2007, 20.)

Nykyään on alettu kiinnittää entistä enemmän huomiota katkongan puunmyyntiarvoon kohdistuviin vaikutuksiin. Vaikka erikoispuutavaralajit, runsas puutavaralajivalikoima ja väljemmät mittavaatimukset voivat nostaa puunmyyntituloja, niin puukaupparjosten vertailu on käytännössä hyvin vaikeaa. Tämä johtuu siitä, että eri ostajilla on käytössään toisistaan poikkeavat puutavaralajimääritelmät. Vertailua hankaloittaa myös se, että leimausselosteet laaditaan useimmiten metsäsuunnitelman tai silmämääräisen arvion perusteella, jolloin puuston rakenteesta harvoin saadaan riittävän tarkkaa kuvaa, jotta hakkuukertymän rakenne

voidaan ennustaa eri ostajille luotettavasti. (Malinen, Wall, Kilpeläinen & Verkasalo 2011, 7.)

Nykyisessä puutavaralajihinnoittelussa metsänomistajilla ja puunhankintaorganisaatioilla ovat toisistaan poikkeavat tavoitteet eli optimaalinen katkenta on eri näkökannoista katsoen erilainen. Puun myyjän tavoite pystykaupassa on maksimaallinen kantorahatulo, mikä toteutuu, kun rungon arvokkaimmat osat saadaan mahdollisimman tarkasti talteen. Puun ostajan tavoitteena taas on saada rungon käyttöarvo maksimoitua. Käyttöarvo tarkoittaa tuotteista saatavista tuotoista ja kaikista kustannuksista johdettua jäännösarvoa. Korkein käyttöarvo tarkoittaa monesti järeämpää puutavaraa, sillä järeämmästä tukista saadaan suhteessa enemmän sahatavaraa kuin juuri tukkimitat täyttävästä pölkystä. Lisäksi pituusmittavaatimuksia ohjaa sahatavaran markkinatilanne. Jos sahan asiakkaat tarvitsevat pitkää sahatavaraa, niin pitkät tukkimitat tuottavat ostajalle parhaan käyttöarvon. Parhaan käyttöarvon tuottava katkenta harvoin maksimoi tukkisaantoa, joten rungon katkonnassa joudutaan ristiriitaiseen tilanteeseen ostajan ja myyjän kesken. (Malinen ym. 2011, 7–9.) Tämä ristiriita ilmenee selvästi kuviossa 1, jossa on kuvattu minimiläpimitan ja -pituuden merkitystä rungon myynti ja käyttöarvoon.



Kuvio 1. Mittavaatimusten vaikutus arvoon (Malinen 2011, 9)

3.3 Katkonnin ohjaus

3.3.1 Katkontamatriisit

Katkonnin ohjaus on puunhankintaorganisaatiolle tärkeä osa puumäärien ja laadun hallintaa. Puutavaralle on tuote- ja asiakaskohtaisia vaatimuksia, jotka pyritään ottamaan huomioon puutavaran valmistuksessa. Katkonnin ohjauksella pyritään vastaamaan näihin vaatimuksiin. (Metsäteho 2005, 70.) Katkontaa ohjataan korjuuorganisaation metsäjärjestelmillä, joista ohjausparametrit lähetetään sähköisesti hakkuukoneiden katkontajärjestelmiin (Hämäläinen ym. 2014, 240). Parametrien ja optimointilaskennan avulla hakkuukone ennustaa ja ohjaa rungon jakoa eri puutavaralajeiksi tuotantolaitoksen pituus-läpimitta-jakauma-tavoitteen mukaan (Uusitalo 2003a, 155).

Ohjausparametrit lähetetään hakkuukoneeseen apt-tiedoston avulla. Tiedosto sisältää tiedot katkontaa ohjaaviin arvo- ja jakaumamatriiseihin. Arvomatriisi eli hintalista on kaksiulotteinen taulukko, joka määrittelee kunkin tietyn pituisen ja läpimittaisen pölkyn arvon suhteessa muihin pituus-läpimittayhdistelmiin (Taulukko 1). Jokaiselle puutavaralajille on oma hintalistansa, ja jokaiselle hintalistalle on oma arvonsa, jonka avulla saman puulajin eri puutavaralajien arvot suhteutetaan keskenään. Pituus-läpimittayhdistelmien arvot vaihtelevat yleensä matriisin perushinnan ympärillä ± 10 – 20 prosenttia. Saman puulajin eri puutavaralajien arvot eivät saisi olla päällekkäin. Arvot asetetaan niin, että arvokkaimmalle puutavaralle annetaan korkein arvo ja halvimmalle pienin. Näin varmistetaan, että hakkuukone pyrkii tekemään aina arvokkainta puutavaralajia. (Uusitalo 2003a, 156.) Taulukossa 1 on esitetty esimerkki arvomatriisista, jossa katkonnin painotus on lievästi pitempiä mittoja suosivaa. Kielletyille mitoille ei anneta arvoja, jolloin kone ei ehdota niitä tehtäväksi.

3.3.2 Runkoprofiilin ennustus ja optimointilaskenta

Ennen katkomista koneen on tiedettävä rungon muoto mahdollisimman tarkkaan. Rungon muodon kuvaamiseen voidaan käyttää runkokäyrää, jolla tarkoitetaan rungon kapenemista korkeuden funktiona. Hakkuukone muodostaa katkottavan rungon runkokäyrän omien mittaustensa ja ennusteen perusteella. Ennustamisen edellytyksenä on siis hakkuukonemittauksen toimivuus. Epätarkka hakkuukonemittaus aiheuttaa epätarkan runkokäyrän, mikä voi aiheuttaa pölkkyjen siirtymisen vääriin tukkiluokkiin. (Uusitalo 2003a, 158.) Ensimmäinen runkokäyrän ennuste tehdään 3–4 metrin etäisyydeltä kaatokohdasta ennen ensimmäistä katkontaa. Loppurungolle ennuste muuttuu mittauksen edetessä. Ennusteessa käytetään hyväksi myös edellisistä rungoista saatua mittaustietoa. (Uusitalo 2003b, 11.)

Runkoprofiilin määrittelyn jälkeen hakkuukone suorittaa optimointilaskelman eli laskennan siitä, kuinka runko katkotaan. Optimoinnin ydintavoitteena on maksimoida yksittäisen rungon arvo. Tätä kutsutaan arvoapteeraukseksi. Se ei kuitenkaan ota huomioon puutavaralajikohtaisia jakaumia, vaan katkonta tapahtuu pelkästään hintalistan antamien arvosuhteiden mukaan. Tämä voi johtaa tuotantolaitoksen kannalta epäedulliseen puutavaralajijakaumaan. (Uusitalo 2003a, 160.)

Yksittäisten runkojen arvon optimoinnin sijaan pyritään kokonaisuuden kannalta tuotantolaitokselle sopivaan tukkiluokkajakaumaan. Katkonnan sopeuttaminen leimikkokohtaisesti asetettuun tavoitejakaumaan on toteutettu mallilla, joka ottaa optimoinnissa huomioon jo kertyneet tukkimatat. Tätä mallia kutsutaan jakaumaapteeraus-periaatteeksi. Se voidaan toteuttaa kahdella tavalla: adaptiivisella hintalistalla tai lähioptimimenetelmällä. Adaptiivisessa hintalistassa tietokone päivittää arvomatriisin solujen arvoja sen mukaan, onko tukkiluokkaa kertynyt liikaa vai liian vähän. Lähioptimimenetelmässä ohjelma valitsee parhaiten jakaumatavoitetta vastaavan pölkkytyyhdistelmän siten, että sen arvo eroaa korkeintaan sallitun maksimimäärän arvoapteerauksen optimikatkonnan arvosta. Näistä adaptiivisen hintalistan menetelmä on yleisempi Suomessa. (Uusitalo 2003a, 160–162.)

4 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

4.1 Aineisto

Tutkimuksen aineisto on kerätty Metsänhoitoyhdistys Kittilän tekemistä valtakirjakaupoista. Kaupoista valikoin vuosina 2010–2017 päättyneet pystykaupat ja aineistoon hyväksyin vain päätehakkuukohteet, jotka oli toteuttanut jokin alueen puunostajista. Lisäksi kolmen hakkuukohteen tiedot sain yksityiseltä metsänomistajalta ja Länsirajan metsänhoitoyhdistykseltä sain neljän hakkuukohteen tiedot. Metsänhoitoyhdistyksen korjuupalvelun toteuttamia kohteita en hyväksynyt aineistoon. Jokaiselta kohteelta tuli olla mittalista. Leimausselosteen tarkkuuden arvioinnin kohteilla mukana tuli olla myös leimausseloste ja ostotarjous.

Mittaus tuli olla suoritettu hakkuukonemittauksena riittävän tarkkuuden saavuttamiseksi. Mittalistalla tuli myös olla eroteltuna päätehakkuulohkon puumäärät puulajeittain ja puutavaralajeittain sekä runkomäärät. Päätehakkuukohteiksi laskin avohakkuut, siemenpuuhakkuut, suojuspuuhakkuut ja ylispuidenpoistot. Hinnoittelutavoista mukana oli sekä puutavaralajiperustein että runkohinnoitteluperustein tehtyjä kauppvoja. Runkohinnoiteltuja leimikoita mukana oli kaksi kappaletta. Leimausselosteet olivat peräisin samoista päätehakkuukohteista kuin hakkuut. Selosteissa piti olla eriteltynä päätehakkuulohkon puumäärät puutavaralajeittain.

Tavoitteena oli, että saisin jokaiselta ostajalta mahdollisimman kattavasti eri järeysalueilta olevia päätehakkuukohteita vertailuun. Sopivia uudistushakkuukohteita tukkiprosenttien vertailuun kertyi yhteensä 74 kappaletta. Näiden kohteiden vertailussa tarkastelin vain männyn yhteiskertymää sekä mäntytukki ja -pikkutukkikertymää.

Leimausselosteen ja hakkuukertymän vertailuun käytin kaikkia hakattuja puulajeja. Leimausselosteen tarkkuuden arviointiin kertyi kohteita yhteensä 59 kappaletta. Työmaita oli mukana jokaiselta ostajalta ja kummaltakin suunnittelijalta. Suunnittelija 2 kohteita kertyi 32 kappaletta ja suunnittelija 3 kohteita 26 kappaletta.

Aineiston pystykaupat olivat viiden eri yhtiön tekemiä. Yhtiöistä käytän anonymiteetin säilyttämiseksi työssä nimiä B, C, D, E ja F. Ostajalta B vertailuun kertyi 37

työmaata, ostajalta C kertyi 16 kappaletta, ostajalta D 9 kappaletta. Ostajalta E kertyi 12 kappaletta. Ostajan F leimikoita kertyi vain kaksi kappaletta, ja ne eivät olleet mukana tukkiprosentin arvioinnissa.

4.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusta varten loin taulukko-ohjelmaan pohjan, johon keräsin jokaiselta hakkuukohteelta tiedot. Hakkuukohteilta kertyneet tiedot erittelin siten, että kohteesta oli nähtävissä kokonaiskertymä sekä puulaji- ja puutavaralajikohtainen kertymä. Arvioitujen puumäärien kertymän keräsin samaan taulukkoon vastaavanlaisella jaottelulla.

Arvioidut ja toteutuneet puumäärät jaoin leimikon pinta-alalla, jotta sain keskimääräiset hehtaarikohtaiset kertymät selville. Keskimääräisiä hehtaarikohtaisia kertymiä tarvitsin, jotta kuusen, koivun ja pikkutukin kertymän arvioinnin tarkkuuden laskenta olisi realistisempaa. Näiden puulajien ja puutavaran kertymässä käytin $3 \text{ m}^3/\text{ha}$ leikkuria. Tätä pienempää kertymää en huomionnut vertailussa, mikäli niitä ei oltu arvioitu. Päädyin tähän, sillä hakkuukohteelta voi kertyä muutama kuutiometri sivupuulajia, ja näiden ennustaminen on käytännössä mahdotonta. Kolmen kuutiometrin kertymää hehtaarilta määrittelin sellaiseksi rajaksi, että sitä suuremmat kertymät tulee pystyä arvioimaan.

Arvioiduista ja toteutuneista kertymistä laskin arviovirheille pinta-alalla painotetun RMSE:n eli keskineliön keskivirheen. RMSE on tunnus, joka kuvaa estimaattien tarkkuutta tietyssä havaintoaineistossa. Keskivirheen laskin siten, että arvioiduista puumääristä vähensin toteutuneet puumäärät. Tämän jälkeen kerroin erotuksen leimikon pinta-alalla. Tulon korotin toiseen potenssiin. Lopuksi laskin kaikki tulokset yhteen ja jaoin työmaiden kokonaisalalla. Tästä tuloksesta otin neliöjuuren, joka antaa absoluuttisen RMSE-arvon (Kaava 1). Tämä arvo kuvaa hehtaarikohtaisen puumäärän keskimääräistä virhettä. Suhteellisen RMSE-luvun laskin jakamalla absoluuttisen RMSE:n kertyneiden puumäärien keskiarvolla, ja osamäärän kerroin sadalla (Kaava 2). Keskivirheet on laskettu kokonaispuustolle ja jokaiselle puulajille sekä puutavaralajeista mäntytukille ja pikkutukille.

$$RMSE(absoluteinen) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_i (X_{arv} - X_{tot})^2}{\sum_{i=1}^n a_i}} \quad (1)$$

missä

a_i	on	leimikon pinta-ala
X_{arv}	on	arvioitu kertymä [m ³ /ha]
X_{tot}	on	toteutunut kertymä [m ³ /ha].

$$RMSE(suhteellinen) = \frac{RMSE(absoluteinen)}{\bar{X}} * 100\% \quad (2)$$

missä

\bar{X}	on	toteutuneen kertymän keskiarvo [m ³ /ha].
-----------	----	--

Laskin myös arvioille pinta-alalla painotetun absoluuttisen ja suhteellisen harhan. Harhalla tarkoitetaan näytteen systemaattista poikkeavuutta perusjoukosta. Harhan laskin tässä tutkimuksessa siten, että arvioidusta puumäärästä vähensin toteutuneen puumäärän ja erotuksen kerroin leimikon pinta-alalla. Tämän laskun tein jokaiselle leimikolle, ja sitten laskin tulot yhteen, jonka jälkeen jaoin summan leimikoiden pinta-alojen summalla. Näin sain kertymän absoluuttisen harhan, jonka etumerkki kertoo, onko absoluuttinen virhe yli- vai aliarviota (Kaava 3). Suhteellisen harhan sain jakamalla absoluuttisen harhan toteutuneen kertymän keskiarvolla ja kertomalla saadun osamäärän sadalla prosentilla (Kaava 4). Harha on laskettu kokonaiskertymälle, jokaiselle puulajille sekä puutavaralajeista männytukille ja -pikkutukille.

$$Harha(absoluteinen) = \frac{\sum_{i=1}^n a_i (X_{arv} - X_{tot})}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (3)$$

missä

a_i	on	leimikon pinta-ala
X_{arv}	on	arvioitu kertymä [m ³ /ha]
X_{tot}	on	toteutunut kertymä [m ³ /ha].

$$Harha(suhteellinen) = \frac{Harha(absoluteinen)}{\bar{X}} * 100\% \quad (4)$$

missä

\bar{X}	on	toteutuneen kertymän keskiarvo [m ³ /ha].
-----------	----	--

Virheille laskin keskihajonnan, josta voidaan päätellä arviovirheiden hajontaa. Mitä pienempi hajonta on, sitä tasaisempaa arviointi on ollut. Keskihajonta ei kuitenkaan ilmaise virheen suuruutta tai sitä, onko arviot yli- tai aliarvioita. Keskihajonnan laskin vähentämällä yksittäisestä arviovirheestä työmaiden virheiden keskiarvon. Erotuksen jälkeen korotin tuloksen toiseen potenssiin, ja laskin kaikkien työmaiden tulokset yhteen. Tämän jälkeen jaoin summan työmaiden lukumäärällä. Tämän tuloksen neliö antaa arviovirheiden keskihajonnan. (Kaava 5.) Suhteellisen virheen keskihajonnan laskin jakamalla virheen keskihajonnan (absoluuttinen) toteutuneiden puumäärien keskiarvolla ja kertomalla tulon sadalla (Kaava 6).

$$\text{Keskihajonta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \Delta \bar{X})^2}{n}} \quad (5)$$

missä

ΔX_i	on	yksittäisen työmaan arviovirhe [m^3/ha]
$\Delta \bar{X}$	on	arviovirheiden keskiarvo [m^3/ha]
n	on	työmaiden lukumäärä.

$$\text{Keskihajonta (suhteellinen)} = \frac{\text{Keskihajonta (absoluuttinen)}}{\bar{X}} * 100 \% \quad (6)$$

missä

\bar{X}	on	toteutuneiden puumäärien keskiarvo [m^3/ha].
-----------	----	--

Tukkiprosentit laskin jakamalla kertyneen tukkimäärän kertyneellä kokonaismäärällä ostajittain. Tukkiprosenteista johdin taulukko-ohjelmalla tukkiprosenttien keskiarvoja kuvaavan mallin. Mallin korrelaatiokertoimen määritin myös taulukko-ohjelmalla. Tukin osalta keskiarvomallin laskin logaritimuotoiseksi, koska tukkiprosentti ei koskaan tavoita 100 prosentin tasoa, ja se kasvaa keskijäreyden kasvaessa. Pikkutukin keskiarvomallit laskin polynomimuotoiseksi, koska pikkutukin kertymä nousee ensin keskijäreyden noustessa. Tämän jälkeen pikkutukin kertymä kuitenkin vähenee puun järeyden noustessa, kun rungosta aletaan saada tukkia. Malleista laskin mediaanikokoiselle leimikolle tukki- ja pikkutukkiprosentit sijoittamalla mallien kaavoihin 200 litran keskijäreyden.

5 TULOKSET

5.1 Kokonaiskertymän arviointi

Työssä vertasin aluksi, kuinka arvioidut puumäärät erosivat toteutuneista puumääristä. Arvioiden tarkkuuksia vertasin aiempiin Haaran ja Korhosen sekä Kankaan, Heikkisen ja Maltamon tekemiin tutkimuksiin. Lisäksi tarkkuuden arvioinnissa oli mukana 20 prosentin tarkkuusraja, joka on maastokäyntiin pohjautuvan leimausselosteen tavoitetarkkuus (Puukauppaohjeistukset 2013, 3).

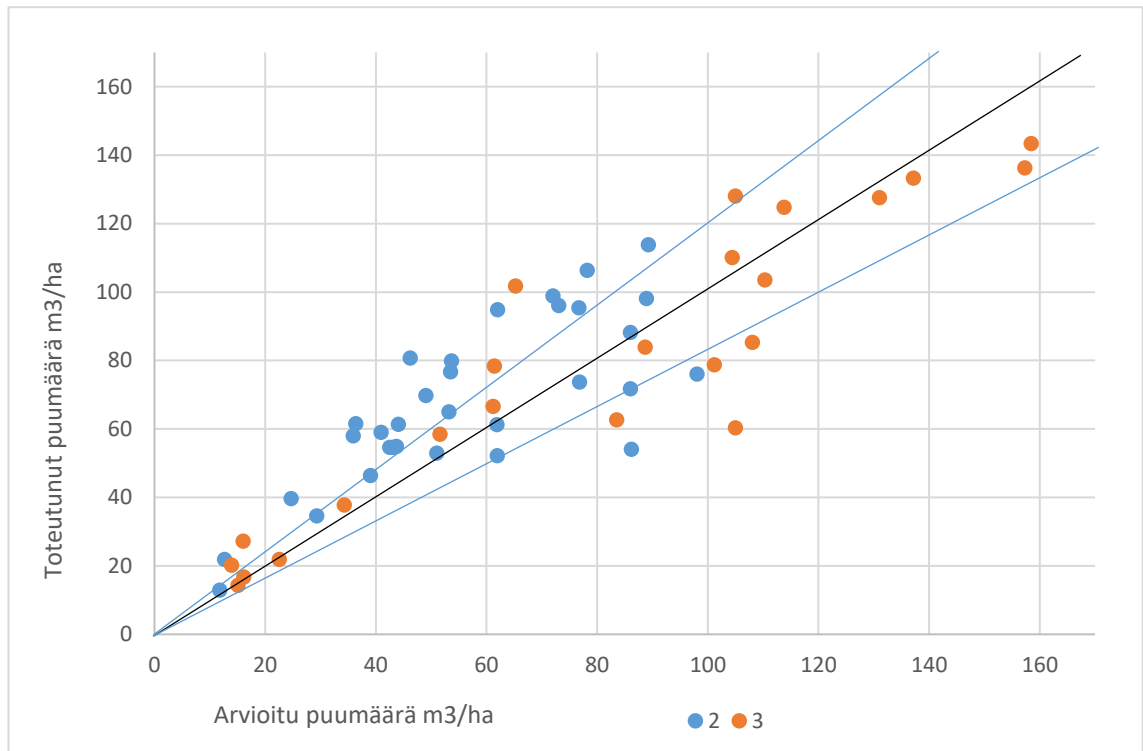
Kokonaispuuston arvioinnissa yhdistys oli onnistunut keskimäärin hyvin. Suunnittelijoiden keskivirheet olivat samaa kokoluokkaa. Suunnittelijoiden välillä ei ollut suurta eroa kokonaispuuston arvioinnissa. Kummatkin suunnittelijat aliarvioivat hieman puumääriä. Tosin suunnittelija 2 harha oli suhteellisesti enemmän aliarvion puolella (Taulukko 3). Arvioiden keskivirheet ovat saman suuntaiset kuin Haaran ja Korhosen tutkimuksessa, jossa suhteellinen keskivirhe oli 17,3–36,5 prosenttia (Haara & Korhonen 2004, 504).

Taulukko 3. Kokonaiskertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja vihreiden keskihajonta

Suunnittelija	Kokonaispuusto					
	Virheen keskihajonta		RSME		Harha	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
2	15,34	23,32	20,19	30,68	-13,38	-20,34
3	18,04	21,62	21,05	25,23	-4,65	-5,57
Yhdistys yht.	18,01	24,10	20,51	27,45	-8,59	-11,49

Arvioiden tarkkuutta tarkastelin myös graafisesti tekemällä kaavion, jossa vaakapalkin arvot kuvaavat arvioituja ja pystypalkin arvot toteutuneita puumääriä. Taulukkoon piirsin tulkinnan helpottamiseksi lävistäjän, joka kuvaa kohtaa, jossa arvioitu ja toteutunut puumäärä ovat yhtä suuria. Suhteellisen tarkkuuden arvioimiseksi taulukossa on myös 20 prosentin tarkkuutta kuvaavat siniset viivat. (Kuviot 2,3 & 4).

Kuviosta 2 käy ilmi varsinkin suunnittelija 2 osalta aikaisemmin todettu systemaattinen virhe. Arvioista puolet olivat 20 prosentin tarkkuuden sisällä. Suunnittelijoiden tekemissä arvioissa oli jonkin verran eroja. Suunnittelija 3 arvioista 68 prosenttia ja suunnittelija kahden arvioista 45 prosenttia olivat 20 prosentin tarkkuuden sisällä. (Kuvio 2.) Arvioiden tarkkuus vaihteli kokonaisuudessaan +45 – -36 m³/ha.



Kuvio 2. Arvioitu ja toteutunut kokonaiskertymä m³/ha

5.2 Puulajittainen arviointi

5.2.1 Männyn kertymän arviointi

Puulajittaisessa arvioinnissa männyn arviointi onnistui puulajeista parhaiten. Männyn osalta keskivirhe oli 26,1 prosenttia (Taulukko 4). Kuusen ja koivun osalta arviot oli laadittu alakanttiin. Kuusen kertymä oli arvioitu heikoiten ja arvioiden keskivirhe oli 49,5 prosenttia.

Männyn osalta tulokset olivat hyvin samankaltaiset kuin kokonaispuuston osalta. Tämä johtui osaltaan männyn suuresta osuudesta hakkuissa. Yhdistyksen osalta

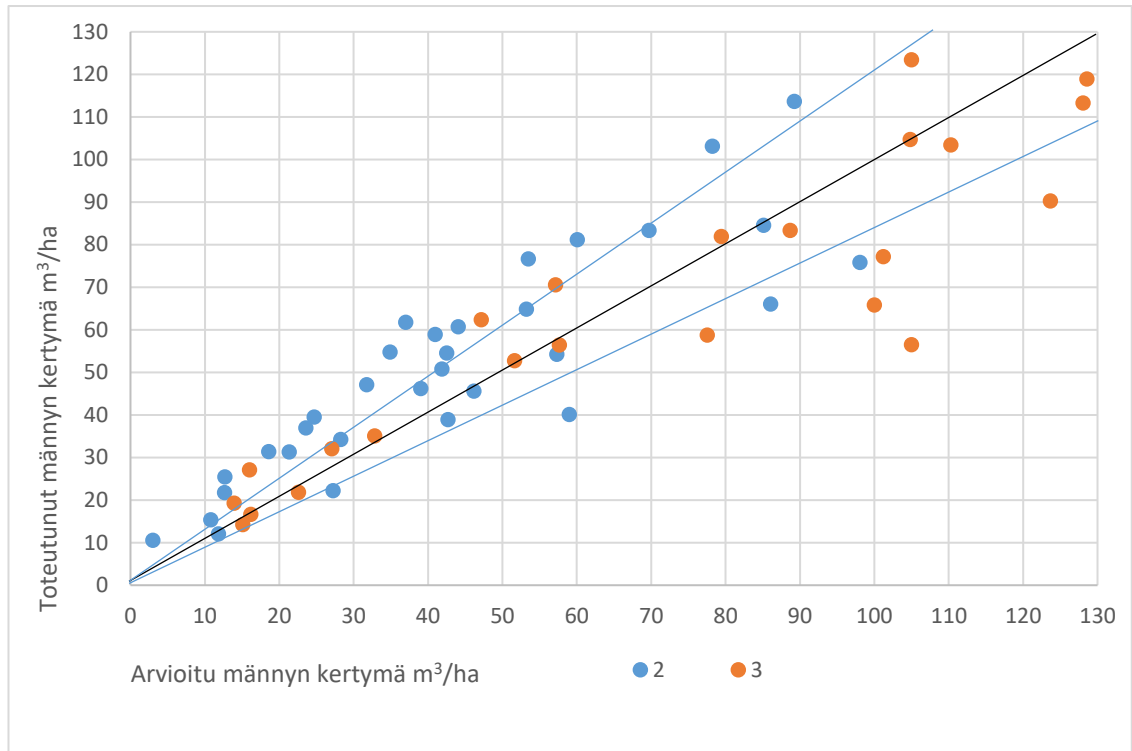
keskimäärin mäntyarvioiden harha oli hyvin lähellä nollaa eli systemaattista virhettä ei juuri syntynyt. Kummankin suunnittelija keskivirhe ja virheiden keskihajonta olivat samaa suuruusluokkaa. Merkittävin ero syntyi systemaattisessa virheessä, jonka osalta toinen suunnittelija arvioi puuston systemaattisesti hieman liian suureksi ja toinen liian pieneksi.

Taulukko 4. Männyn kertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja virheiden keskihajonta

Suunnittelija	Mänty					
	Harha		RMSE		Virheen keskihajonta	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
2	-10,00	-19,46	15,87	30,89	12,34	24,01
3	2,99	4,40	14,48	21,28	16,54	24,31
Yhdistys yht.	-5,26	-8,94	15,38	26,13	16,16	27,46

Männyn arvioiden tarkkuuden vaihteluväli oli -71 – +85 prosenttia. Puumäärällisesti männyn arvioiden virheen vaihteluväli oli -25 – +48 m³/h. Kuvioista 3 käy ilmi aiemmin mainitut systemaattiset virheet. Suunnittelija 3 arvioissa systemaattisen virheen ovat aiheuttaneet suuremmilla kertymillä tehdyt yliarviot. Suunnittelija 2 osalta systemaattinen virhe on jakautunut tasaisemmin. Näyttäisi siltä, että iso osa arvioista jää juuri 20 prosentin tarkkuuden ulkopuolelle, ja arviot ovat suhteelliselta tarkkuudeltaan -25 – -35 prosenttia (Kuvio 3). Virheen tasaisesta jakautumasta päätellen tämä voisi johtua tarkoituksellisesta ”pelivarasta”. Tällä tarkoitetaan tarkoituksellista aliarviota, jolla varmistellaan, että metsänomistaja säästyy tilanteelta, jossa kertymä ja näin ollen hakkuutulot ovatkin arviota pienempiä. Systemaattinen virhe voi kuitenkin johtua myös systemaattisesta mittausvirheestä.

Kaikista vertailussa olleista leimausselosteissa 48 prosenttia ylsi männyn osalta yhdistyksen tavoitetarkkuuteen. Suunnittelijan 3 tekemistä arvioista 67 prosenttia ja suunnittelija 2 tekemistä noin 34 prosenttia pääsi tavoiteltuun 20 prosentin tarkkuuden.



Kuvio 3. Arvioitu ja toteutunut männyn kertymä m³/ha

5.2.2 Kuusen kertymän arviointi

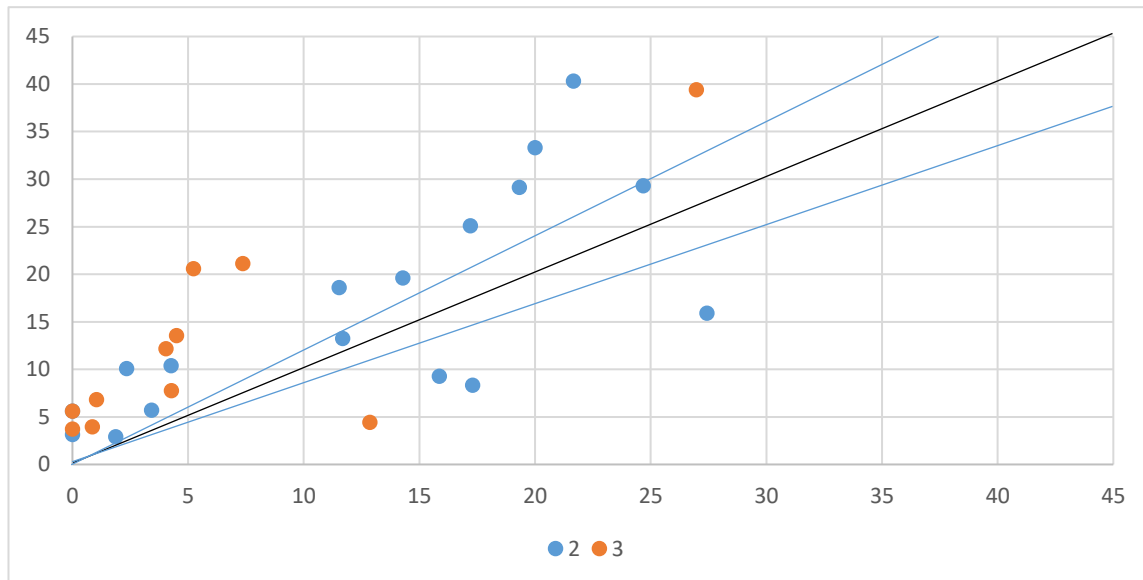
Kuusen arvioissa oli huomattavaa hajontaa niin eri kohteiden kuin suunnittelijoidenkin välillä. Virheiden vaihteluväli oli +11,6 – -37,2 m³/ha, ja tähän nähden keskihajonta ±9,1 m³/ha oli suuri. Arviot oli tehty alakanttiin kummankin suunnittelija osalta (Taulukko 5).

Taulukko 5. Kuusen kertymän arvioiden keskivirhe (RSME), harha ja virheiden keskihajonta

Suunnittelija	Kuusi					
	Virheen keskihajonta		RSME		Harha	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
2	7,38	47,41	6,25	40,15	-3,72	-23,92
3	10,18	59,61	11,53	67,50	-8,16	-47,82
Yhdistysyht.	9,12	56,31	8,01	49,45	-4,91	-30,33

Kuusen arvioissa suhteellisesti suurimmat arviovirheet sattuivat pienissä kertymissä. Pieniä kertymiä ei välttämättä oltu arvioitu kertyväksi ollenkaan, ja näin olleen niistä muodostuu suhteellisesti suuri kertymävirhe. Kuvioista 4 nähdään

arvi virheiden rakenne kuusen osalta. Kuusen osalta mukana oli yhteensä 28 kohdetta, joista kahdella päästiin 20 prosentin arviotarkkuuteen. Kummatkin kohdet olivat suunnittelija 2 arvioimia, eli 1/8 suunnittelijan työmaista ylsi kuusen osalta tavoiteltuun tarkkuuteen.



Kuvio 4. Arvioitu ja toteutunut kuusen kertymä m³/ha

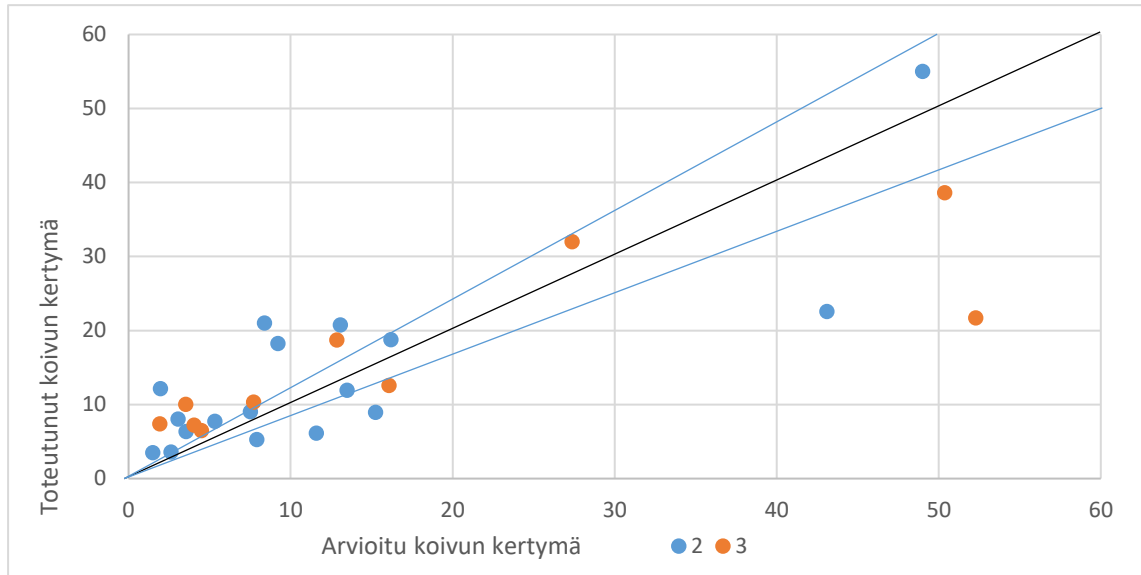
5.2.3 Koivun kertymän arviointi

Koivun kertymän arvioinnissa oli onnistuttu kuusta paremmin. Myös koivun osalta arviot olivat pääasiassa aliarvioita, vaikkakin leimausselosteiden harha koivulla oli vain -1,75 prosenttia. Keski virhe ja virheiden keskihajonta olivat kuitenkin suhteellisesti varsin suuria. Suurin suunnittelijoiden välinen ero syntyi jälleen harhan osalta. Suunnittelija 3 harha oli etumerkiltään positiivinen ja suunnittelija 2 negatiivinen (Taulukko 6). Koivun arvi virheiden vaihteluväli oli +30 – -13 (m³/ha).

Taulukko 6. Koivun kertymän arvioiden keski virhe (RSME), harha ja virheiden keskihajonta

Suunnittelija	Koivu					
	Virheen keskihajonta		RSME		Harha	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
2	7,29	54,75	5,55	41,69	-1,11	-8,33
3	10,09	72,35	8,78	62,98	1,89	13,58
Yhdistys yht.	8,66	63,81	6,51	47,99	-0,36	-1,75

Koivun arviot täyttivät myös kuusta paremmin yhdistyksen tavoitteen. Suunnittelija 2 arvioista 3/17 ylisi tavoitteeseen ja suunnittelija 3 arvioista 1/10. Myös koivun osalta suhteellisesti suurimmat virheet syntyivät pienissä kertymissä.



Kuvio 5. Koivun arvioitu ja toteutunut kertymä

Puulajittaisessa vertailussa arvion paikkansapitävydessä ilmeni paljon eroja paitsi puulajien myös suunnittelijoiden välillä. Vähiten kertyneissä puulajeissa kuusessa ja koivussa ilmeni suurimmat erot. Kummatkin puulajit olivat suurimassa osassa kohteita sivupuulajeja, mikä vaikuttaa niiden arvioinnin tarkkuuteen. Aiemmista tutkimuksista Haara ja Korhonen ovat saaneet saman suuntaisen tuloksen, jossa kuusen ja koivun kertymää aliarvioitiin. Tosin kuusen osalta tutkimuksessani systemaattinen aliarviointi oli huomattavasti suurempaa. Keski-
virhe kuusen osalta tutkimuksessani oli taas lähellä Haaran ja Korhosen tutkimukseen tulosta. Koivun osalta keski-
virhe oli noin 17 prosenttiyksikköä pienempi. (Haara & Korhonen 2004, 496)

Aikaisemmin tutkimuksissa on todettu myös, että pienempien puumäärien arvioinnissa tapahtuu suhteellisesti suurimmat virheet (Kangas, Heikkinen & Maltamo 2002, 433). Opinnäytetyöni tuloksista käy ilmi sama ilmiö kuusen ja koivun osalta, joiden kummankin kertymät olivat pääasiassa alle 15 m³/ha.

Männyn osalta Haaran ja Korhosen tutkimuksessa ilmeni yliarviointia. Vertailussa vain suunnittelija 3 arvioissa männyn kertymä oli lievästi yliarvioitu. Suunnittelija 2 arviot olivat tässä suhteessa poikkeukselliset. Kesquivirhe kummallakin suunnittelijalla oli kuitenkin saman suuruinen kuin Haaralla ja Korhosella.

5.3 Männyn kertymä rakenteen arviointi

Männyn kertymän arvioinnissa tarkastelin myös tukki- ja pikkutukkikertymän arvioinnin onnistumista suunnittelijoittain ja ostajittain. Molemmat suunnittelijat arvioivat tukin kertymän systemaattisesti alakanttiin. Suunnittelija 3 osalta systemaattinen virhe ei ollut niin suurta ja kesquivirhe oli myös pienempi (Taulukko 7).

Taulukko 7. Arvioidun tukkikertymän kesquivirhe (RMSE), harha ja virheiden keskihajonta

Mäntytukki						
Suunnittelija	RMSE		Harha		Keskihajonta	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
2	14,71	52,54	-10,53	-37,60	11,03	39,41
3	10,97	29,01	-6,48	-17,15	13,03	34,44
Yhdistys	13,47	41,47	-6,48	-19,97	13,62	41,94

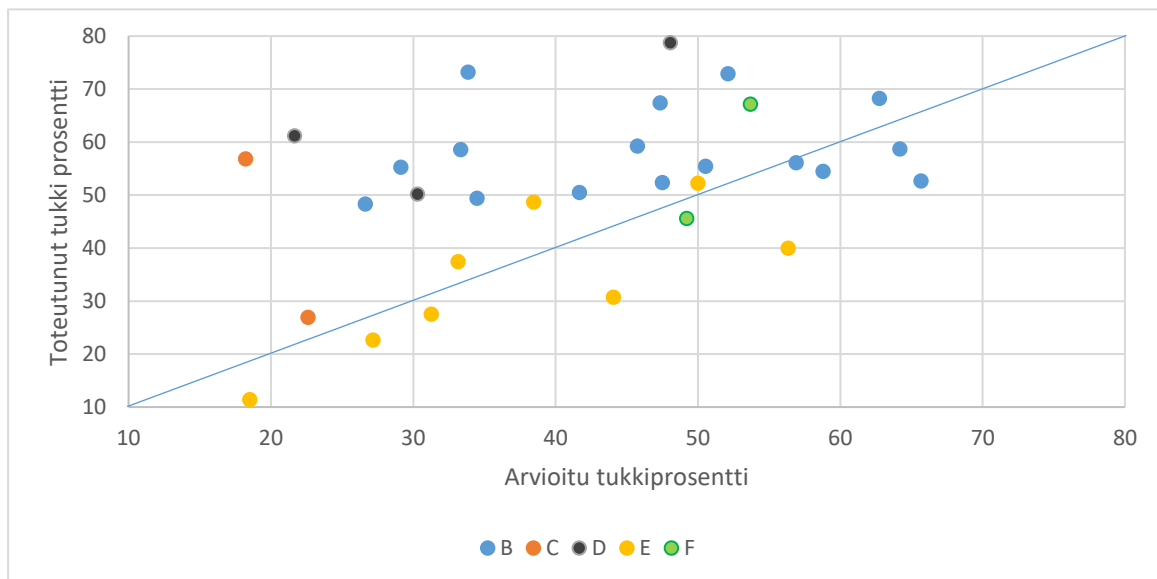
Suunnittelijoiden tukkikertymän arvioissa kesquivirhe oli keskimäärin hieman pienempi kuin aiemmissa tutkimuksissa. Harha kuitenkin oli jostain syystä huomattavasti suurempi, sillä harhassa oli noin 23 prosenttiyksikön ero. Harha oli myös eri suuntainen. Haara ja Korhonen totesivat, että mäntytukin kertymä arvioitiin systemaattisesti kolme prosenttia yläkanttiin, kun tutkimuksessani se oli arvioitu -20 prosenttia alakanttiin. (Haara & Korhonen 2004, 496.)

Pikkutukin osalta tulos poikkesi huomattavasti tukin kertymän arvioinnista. Pikkutukin määrä arvioitiin keskimäärin 25 prosenttia pienemmäksi kuin toteutunut määrä. Pikkutukin arvioissa kummatkin suunnittelijat arvioivat kertymän alakanttiin. Suunnittelija 2 arvioi pikkutukin kertymän keskimäärin paremmin. Kesquivirhe ja keskihajonta olivat myös suhteessa suuria. Pikkutukin osalta aineisto oli kuitenkin varsin suppea, mikä osaltaan selittää suurta kesquivirhettä ja keskihajontaa (Taulukko 8).

Taulukko 8. Arvioidun pikkutukkikertymän keskivirhe (RMSE), harha ja virheiden keskihajonta

Suunnittelija	Pikkutukki					
	RMSE		Harha		Keskihajonta	
	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
2	4,60	66,63	-1,65	-23,88	5,05	73,14
3	6,08	49,40	-5,05	-41,01	6,14	16,23
Yhdistys	5,36	55,34	-2,43	-25,10	5,78	59,63

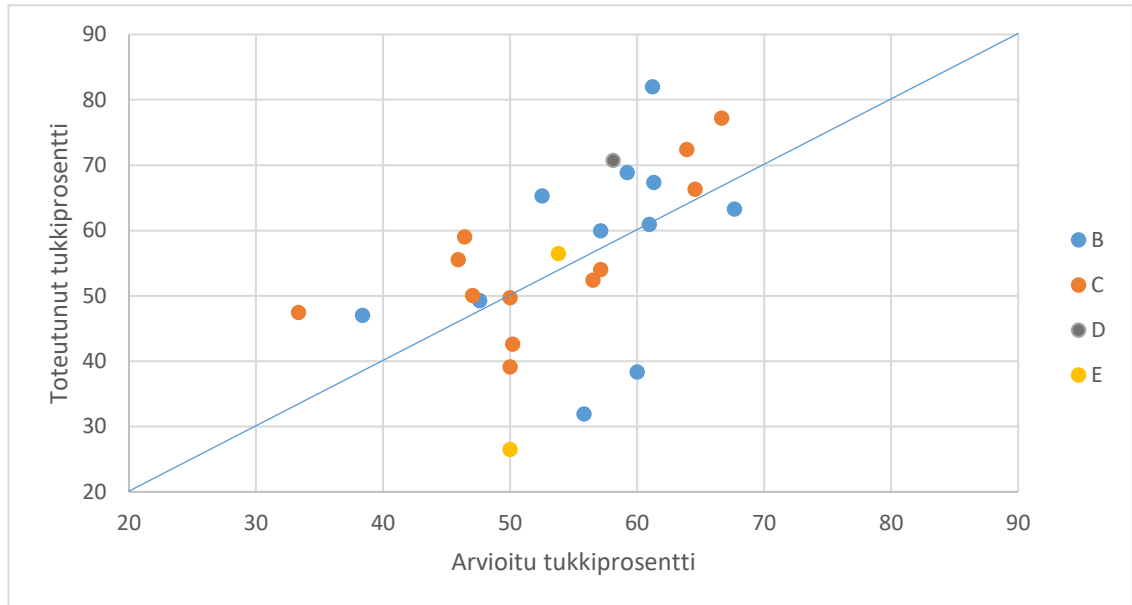
Myös ostajittain tukkiprosentin arvioinnissa oli eroja. Kuvioista 6 käy ilmi, että suunnittelija 2 oli arvioinut ostajan E tukkiprosentin parhaiten. Ostajilta C ja varsinkin D tukkiprosentit oli arvioitu pienemmiksi kuin toteutuneet tukkiprosentit. D:n kohdalla ero oli 20 prosentin luokkaa. Ostajilta C ja D mukana oli kuitenkin vain vähän työmaita. Myös ostajan F kohdalla tukkiprosentti oli hieman korkeampi kuin arvioitu. Ostajan B kohdalla arvio ja toteutuma eivät näyttäneet kohtaavaan kovin hyvin, sillä toteutunut tukkiprosentti vaihteli 50–70 prosentin välillä arviosta riippumatta (Kuvio 6).



Kuvio 6. Arvioitu ja toteutunut suhteellinen tukkikertymä ostajittain suunnittelija 2 tekemissä kaupoissa

Myös suunnittelija 3 kohdalla tukkiprosentit vaihtelivat ostajittain. Parhaiten tukkiprosentin arvioinnissa suunnittelija 3 onnistui ostajan C hakuilla. Myös ostajan B hakuukohteilla arvio oli keskimäärin samansuuntainen toteutuneen kanssa, mutta hajonta oli suurempaa kuin ostajan C hakuilla. Ostajan E tukkiprosentti oli

arvioitu suuremmaksi kuin toteutunut ja ostajan D hakkuilla pienemmäksi kuin toteutunut (Kuvio 7). Näiltä ostajilta vertailussa oli kuitenkin mukana vain vähän hakkuukohteita.

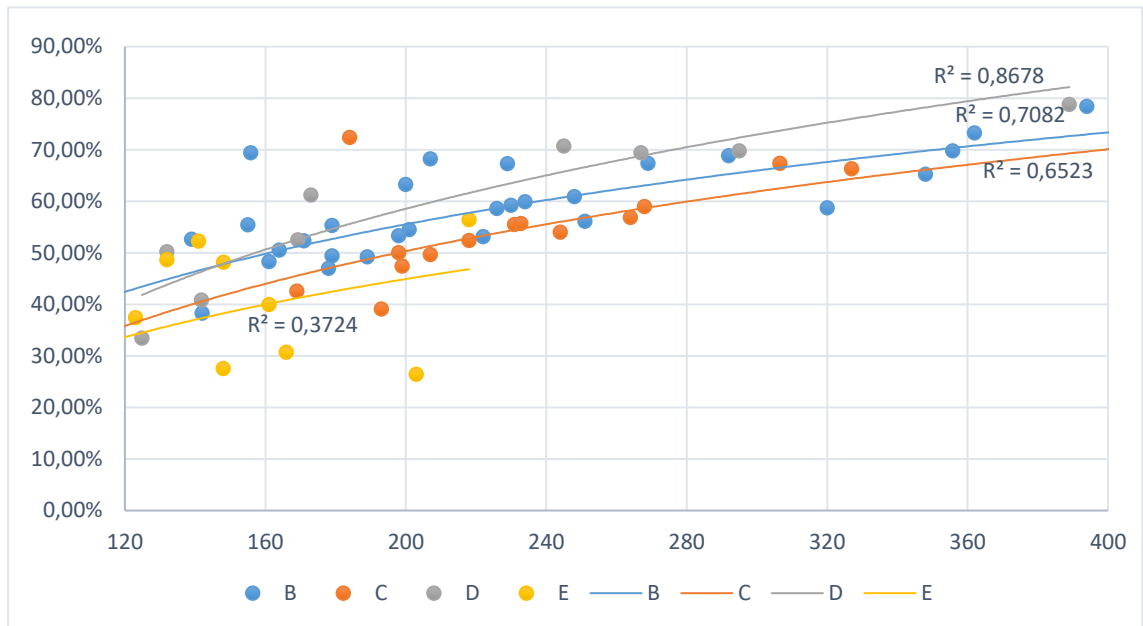


Kuvio 7. Arvioitu ja toteutunut suhteellinen tukkikertymä ostajittain suunnittelija 3 tekemissä kaupoissa

5.4 Mäntytukin kertymä ostajittain

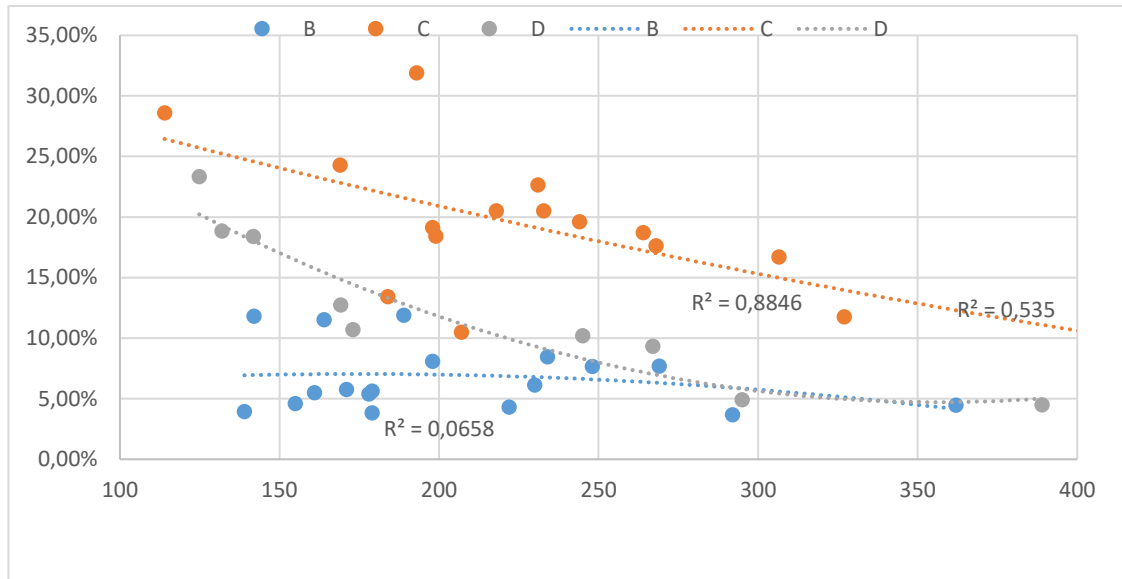
Hakkuukohteilla tehdyissä hakkuissa kaikilla ostajilla tukin minimiläpimittana oli 15 cm. Hakkuukohteiden mediaani rungon keskijäreys oli 203 litraa. Tukkiprosentit vaihtelivat sekä ostajittain että ostajakohtaisesti. Ostajan E hakkuissa vaihteluväli oli suurin 11–56 prosenttia ja hakkuiden keskijäreysten vaihteluvälit olivat 51–218 litraa. Tukkiprosentti vaihteli suuresti keskijäreystä riippumatta ostajalla E, minkä takia sille lasketun mallin korrelaatiokerroin oli pieni 0,37. Ostajalla D tukkiprosenttien vaihteluväli oli 33–78 prosenttia ja hakkuiden keskijäreysien vaihteluväli 124–389 litraa. Ostajalle lasketun mallin korrelaatiokerroin oli 0,87. Ostajan C hakkuiden tukkiprosenttien vaihteluväli oli 27–77 prosenttia ja männyn keskijäreysten vaihteluväli 114–612 litraa. Tukkiprosentti kasvoi ostajan C hakkuukohteilla tasaisesti keskijäreysten mukaan, ja mallin korrelaatio kerroin oli 0,64. Ostajan B hakkuukohteita oli eniten ja niiden tukkiprosentin vaihteluväli oli 22–78 prosenttia ja hakkuukohteiden männyn keskijäreysdet vaihtelivat välillä 82–

619 litraa. Ostajan B tukkiprosentille lasketun mallin korrelaatiokerroin oli 0,71 (Kuvio 8).



Kuvio 8. Mäntytukin suhteellinen kertymä keskijäreyden mukaan eri ostajilla

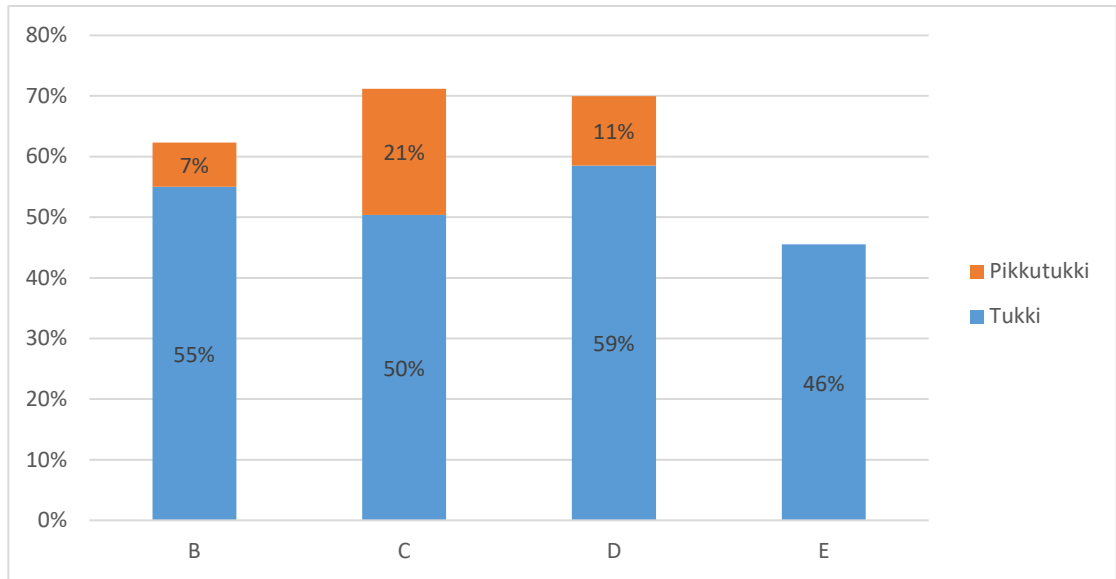
Osa ostajista katkoi myös pikkutukkia, mutta pikkutukin osalta mitat vaihtelivat paljon ostajittain ja jopa ostajan eri leimikoittain. Pikkutukin kertymissä oli kuitenkin niin selvästi havaittavia eroja, että niistä voidaan päätellä jotain. Ostajalla B pikkutukin kertymä vaihteli jostain syystä vain vähän keskijäreydestä riippumatta. Ostajan C hakkuukohteilla pikkutukkia kertyi eniten, ja sen määrä laski tasaisesti järeyden kasvaessa. Ostajan D kohteilla pikkutukin määrä taas laski rajusti järeyden kasvaessa (Kuvio 9).



Kuvio 9. Mäntypikkutukin suhteellinen kertymä keskijäreysden mukaan eri ostajilla

Myös pikkutukin kertymille laskettiin keskiarvomallit. Mallien korrelaatiokertoimet olivat kuitenkin huomattavasti heikommät kuin tukkikertymille lasketulla mallilla. Poikkeuksena olivat ostajan D kertymät, jotka toteuttivat niille laskettua mallia hyvin. Tämä voi kuitenkin johtua pienestä joukosta, jolle laskin mallin. Ostajan B malli taas korreloi erittäin huonosti sille lasketun mallin kanssa. Siitä kuitenkin käy ilmi sama kuin graaffisesti todettuna eli pikkutukin kertymä ei nouse eikä laske merkittävästi keskijäreysden kasvaessa.

Johdettujen mallien avulla laskin mediaanileimikolle eli keskijäreydeltään 200 litraiselle männyn päätehakkuukohteelle ennustetun hakkuukertymäarakenteen. Lasketulla leimikolla ostaja D katkoi eniten tukkia eli 59 prosenttia ja 11 prosenttia pikkutukkia. Ostaja C katkoi 21 prosenttia pikkutukkia, mikä oli suurin pikkutukkiprocentti, tukkia ostaja taas katkoin 50 prosenttia. Yhteenlaskettu tukkikertymä oli C:n ja D:n kohteilla lähes yhtä iso. Ostaja B teki toiseksi eniten tukkia, mutta vähiten pikkutukkia. Ostajalle E tehdyissä laskelmissa tukkikertymä oli 46 prosenttia, ja ostaja ei katkonut pikkutukkia. Ostajalle E laskettu malli ei kuitenkaan korreloinut kovin hyvin (Kuvio 10).



Kuvio 10. Suhteellinen mäntytukin ja pikkutukin kertymä mediaanikohteella

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Leimausselosteen tarkkuus

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka hyvin Kittilän Metsänhoitoyhdistyksen tekemät leimausselosteet pitävät paikkansa. Tulosten perusteella leimausseloste pitää männyn ja kokonaiskertymän osalta paikkansa. Näiden arvioiden tarkkuus on suurella osalla työmaita 20 prosentin tarkkuusvaatimuksen sisällä. Arvioinnin tarkkuus kokonaiskertymän ja männyn osalta ei poikkea myöskään aikaisempien kuvioittaisen arvioinnin tutkimustuloksista. Tältä osin arviointivirheitä voidaan pitää puumäärän arvioinnissa normaalina ja leimausselosteen tarkkuutta hyvänä.

Kuusen ja koivun arvioinnin osalta leimausselosteen tarkkuus oli huomattavasti heikompi kuin männyn osalta ja arviot virheet olivat huomattavastikin suurempia. Leimausselostetta ei siis voida pitää koivun ja kuusen osalta riittävän tarkkana. Arviot virheeseen näiden puulajien osalta vaikutti se, että kuusi- ja koivuvaltaisia kohteita oli vertailussa vain vähän, jolloin puulajit olivat sivupuulajeina mäntyvaltaisessa metsässä. Näin myös kuusen ja koivun kertymät jäivät pieniksi, jolloin tilavuuden arvioinnin virheet olivat suhteellisesti suuremmat kuin suuremmilla kertymillä (Kangas, Heikkinen & Maltamo 2002, 433).

Leimausselosteen suunnittelijalla oli merkittävä vaikutus leimausselosteen tarkkuuteen. Tutkimuksessa selvisi, että kummankin suunnittelijan osalta leimausselosteet olivat männyn ja kokonaispuuston osalta riittävän tarkkoja. Suurimmat erot suunnittelijoiden välillä olivat systemaattisen virheen ja keskivirheen osalta. Lisäksi eri puulajien arvioinnissa oli suunnittelijoittain eroja. Suunnittelija 2 arvioi kuusen ja koivun määrän paremmin. Männyn ja kokonaispuuston määrän taas arvioi paremmin suunnittelija 3. Systemaattista arviot virhettä esiintyi suunnittelija 2 tekemistä leimausselosteista männyn ja kokonaispuuston osalta, mikä myös laski hieman niiden tarkkuutta. Yksiselitteistä syytä systemaattiselle virheelle ei tutkimuksessa käynyt ilmi.

Leimausselosteen tarkkuutta arvioidessa tavoitteena oli myös selvittää, kuinka hyvin männyn kertymärakennetta oli arvioitu. Kertymän arviointia tarkastelin suunnittelijoittain. Tutkimuksessa kävi ilmi, että arvioinnin tarkkuuteen vaikutti

olennaisesti arvion tekijä ja ostajaorganisaatio, joka puut katkoi. Tukin kertymän arvioinnissa oli leimausselosteessa onnistuttu hyvin. Pikkutukin osalta aikaisempaa arvioinnin tarkkuuteen kohdistuvaa tutkimusta ei löytynyt, joten vertailupintaa ei ollut. Pikkutukin kertymän arvioiden keskivirhe oli noin 10 prosenttiyksikköä suurempi kuin tukin, ja arviot olivat myös hieman enemmän alakanttiin arvioituja kuin tukin osalta.

Vertailllessani toteutunutta ja arvioitua tukkiprosenttia suunnittelijoittain ja ostajittain kävi ilmi, että ei ollut yhtä ainoaa ostajaa, jonka tukkiprosentti osattiin arvioida parhaiten. Ostaja, jonka tukkiprosentti osattiin arvioida parhaiten, näytti riippuvan suunnittelijasta. Tuloksista kävi myös ilmi, että kaikkien ostajien toteutuneet tukkiprosentit olivat suunnilleen yhtä suuret tai suuremmat kuin arvioidut. Poikkeuksena oli ostaja D, jonka tukkiprosentti oli systemaattisesti huomattavasti korkeampi kuin arvioitu tukkiprosentti. Tukkiprosenttien arvioissa oli kuitenkin suuresti hajontaa. Voitaneen siis todeta, että leimikon puuston ominaisuuksia ei kaikissa kohteissa tunnettu tarpeeksi hyvin. Puuston ominaisuuksien tunteminen ja riittävän tarkka arvioiminen ovat tärkeä osa arviointia, jotta ostajien katkonnan vertailu todellisuudessa onnistuu.

6.2 Ostajien tukkiprosentit

Tutkimuksen tavoitteena oli myös tutkia, kuinka kertymärakenne vaihtelee eri ostajaorganisaatioiden kesken. Tuloksista selvisi, että kertymä ja tukkisaanto vaihtelevat organisaatioittain jonkin verran. Tukkisaannon osalta eniten ja vähiten tukkia katkovan ero oli 13 prosenttiyksikköä. Pikkutukin osalta ero oli hieman suurempi 14 prosenttiyksikköä. Tukkiprosentteja vertailllessani kävi ilmi, että kaikilla ostajilla tukkiprosentit kasvoivat suhteessa toisiinsa samansuuntaisesti keskijäreyden kasvaessa. Tulosten perusteella suurinta hajontaa tukkiprosenteissa tapahtui 160 litran keskikoossa.

Pikkutukin katkonnan osalta erot olivat huomattavasti suuremmat kuin tukin katkonnassa. Eri ostajien väliset katkontaprosentit korreloivat keskijäreyden kasvun kanssa poiketen toisistaan huomattavasti. Ostaja C katkoi eniten pikkutukkia ja sen kertymä laski hitaasti järeyden kasvaessa, kun taas ostaja B näytti katkovan

saman verran pikkutukkia järeydestä riippumatta. Pikkutukin ja tukin kertymäprosentteja verrattaessa näyttäisi, että ostajalla C tukkia "valuu" jonkin verran pikkutukiksi.

Tutkimuksen aikana kävi kuitenkin ilmi myös se, että tukin kertymän vertailua helpottaisi huomattavasti, mikäli yhdistys saisi ja keräisi tukkilistat ostajilta. Tämä helpottaisi ostajien välistä vertailua ja antaisi paljon tarkemman pohjan vertailuun. Myös metsänhoitoyhdistyksen ohjelmistoa voisi kehittää siten, että kauppojen yhteydessä ostajien mitta- ja laatuvaatimukset kirjattaisiin myös ohjelmistoon. Lisäksi yhdistysten yhteistyö katkotietojen jaon osalta voisi olla järkevää. Tämä mahdollistaisi sen, että ohjelmistosta voitaisiin hakea samalta ostajalta myös naapurikunnan puolelta katkontatietoja. Tämä lisäisi huomattavasti vertailuaineiston laajuutta ja helpottaisi puukauppatarjousten vertailua.

6.3 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimus pohjautui valmiisiin aineistoihin, joten mahdollisia virheitä on voinut syntyä aineiston analysoinnissa ja kirjaamisessa. Tulosten analysointiin liittyviä virheitä olen pyrkinyt vähentämään toistamalla tulosten analysointia. Verratessani leimausselosteissa arvioituja puumääriä toteutuneisiin haastetta aiheutti se, että osassa kohteista hakattu alue on voinut muuttua leimausselosteesta. Tämän kuitenkin pyrin ottamaan huomioon tarkastamalla toimihenkilöiltä niiden kohteiden tiedot, joissa kertymän osalta oli selviä poikkeamia. Mikäli löysin tällaisen kohteen, enkä saanut poikkeavuutta selittävää tietoa, poistin kohteen leimausselosteen vertailusta.

Kuusen ja koivun arvioinnin tulokset kertyivät pääosin kohteista, joissa nämä puulajit olivat sivupuulajeina männyn ohessa. Tämä vaikuttaa kuusen ja koivun osalta tulokseen siten, että niiden arvioissa oli poikkeuksellisesti epätarkkuutta. Kuusen ja koivun osalta kohteita oli myös vähän, jolloin tuloksesta ei saada todellista kuvaa arvioinnin tarkkuudesta. Mielestäni koivun ja kuusen tulokset kertovatkin enemmän sivupuulajin arvioinnin tarkkuudesta. Kuusi- tai koivuvaltaisessa metsässä arvioiden tarkkuudet näistä puulajeista tuskin olisivat vastaavat. Männyn osalta vertailtava aineisto oli laaja, ja se antaa hyvän kuvan siitä, kuinka männyn arvioinnissa onnistuttiin.

Männyn kertymärakenteen arvioinnissa eri ostajilta oli vaihtelevat määrät aineistoa, ja ne jakautuivat suunnittelijoittain epätasaisesti, jolloin tietyltä ostajalta saattoi mukana olla vain pari kohdetta suunnittelijaa kohden. Tällaisia ostaja-suunnittelijayhdistelmiä olivat suunnittelija 2 osalta ostajien C, D ja F kohteet sekä suunnittelijan 3 osalta ostajien E ja D työmaat. Näissä yhdistelmissä vertailujoukko oli niin pieni, että niistä tuskin saa todellista kuvaa näiden ostajien kertymän arvoinnista. Ostajan D kohdalla tulkintoja voidaan kuitenkin tehdä koko yhdistyksen tasolla, sillä tulokset olivat yhdistystasolla saman kaltaiset. Myös pikkutukin osalta vertailtavat työmaat jäivät hieman suppeiksi, mikä voi aiheuttaa virhettä kertymän arvioiden tuloksissa. Tukin osalta yleisesti, ilman ostajakohtaisia arvioita, vertailun aineisto oli laaja, ja tulokset tältä osin kuvaavat hyvin niin koko yhdistyksen kuin suunnittelijakohtaisestikin arvioinnin tarkkuutta.

Ostajien välistä katkontaa verrattaessa on monia virhelähteitä, joita ei voida ottaa huomioon. Tukkiprosentti riippuu suurelta osin puuston laadusta. Tätä tekijää on mahdoton ottaa jälkeensä huomioon, joten se aiheuttaa virheitä tukkiprosentteja verrattaessa. Myös ostajien ostokäyttäytyminen aiheuttaa virhettä, jonka suuruutta ei pystytä toteamaan. Ostajan ostokäyttäytymisestä johtuva virhe syntyy, kun eri ostajien tavoiteleimikot ovat erilaisia. Osalle ostajista voi olla kannattavaa maksaa enemmän erittäin hyvälaatuisista leimikoista ja osa voi maksaa enemmän huonompilaatuisesta ja kuituvoittoisesta leimikosta. Tällöin heikompi-laatuiset leimikot ohjautuvat toiselle ja hyvälaatuiset toiselle. Näin on hankala arvioida, kumman ostajan tukkiprosentti olisi parempi samanlaisella leimikolla.

Ostajalta E oli suppein aineisto, ja siinä oli eniten hajontaa, joten sille laskettu malli sisältää eniten virhettä. Ostajilta B ja C oli puolestaan edustavat aineistot, ja ne jakautuivat tasaisesti. Ostajan D kohteita ei ollut monia, mutta ne jakautuivat hyvin tasaisesti.

Pikkutukin kertymäprosenttien vertailussa ostajittain aineisto oli hieman suppea, ja siihen kohdistuvat samat virhelähteet kuin tukin kertymän kanssa. Lisäksi kertymille lasketut keskiarvot pitävät itsessään sisällä virheen. Pikkutukin ja tukin osalta kertymät voivat siis vaihdella käytännössä paljonkin tutkimukseni tulok-

sista. Tutkimukseni tulokset ovat kuitenkin useammalta vuodelta kertyneitä tuloksia eri ostajien katkonnoista erilaisilta kohteilta ja puustoista, joten niitä voidaan tulkita suuntaa antavina.

6.4 Työn hyödyt

Opinnäytetyöni kehitti osaamistani puun katkonnassa, siihen liittyvissä seikoissa sekä puuston arviointiin liittyvissä virhelähteissä. Erityisesti opin katkonnan ohjauksesta, sen vaikutuksista kertymäarakenteeseen ja tämän merkityksestä ostoorganisaatioille ja metsänomistajille. Tutkimusta tehdessäni opin paljon tutkimuksen suunnittelun merkityksestä ja tutkimuksen toteuttamisesta. Tulosten analysoinnin yhteydessä kehityin paljon suurten tietomäärien käsittelyssä ja analysoinnissa. Opin myös paljon taulukko-ohjelman käytöstä ja sen sisältämistä ominaisuuksista.

Työn tilaajana oli Kittilän metsänhoitoyhdistys, ja heille tutkimus tuotti tietoa alueen ostajien katkonnasta. Tämä auttaa yhdistystä suosittelemaan metsikköön sopivaa ostajaa kilpailutuksen jälkeen metsänomistajalle valtakirjakauppojen yhteydessä. Tutkimus tuotti myös Kittilän metsänhoitoyhdistykselle tietoa heidän tekemiensä leimausselosteiden tarkkuudesta ja siitä, minkä puulajin kohdalla suurimmat arviovirheet syntyvät. Lisäksi tutkimus tuotti tietoa männyn kertymäarakenteen arvioinnin tarkkuudesta metsänhoitoyhdistykselle. Näillä tiedoilla yhdistys ja sen toimihenkilöt voivat tunnistaa tarkkuuden suhteen kehitettävät osa-alueet ja parantaa näin omaa toimintaansa.

Tutkimuksesta on myös hyötyä alueen metsänomistajille, sillä metsänhoitoyhdistys neuvoo kaikkia alueen metsänomistajia tarvittaessa. Tutkimus osoittaa, että katkontaan kannattaa edelleen kiinnittää huomiota leimikkoa myydessä. Lisäksi tutkimus osoittaa, että metsänhoitoyhdistysten suorittamalle hakkuutietojen keräämiselle on edelleen tarvetta.

LÄHTEET

Haara, A. & Korhonen K. T. 2004. Kuvioittaisen arvioinnin luotettavuus. Metsätieteen aikakauskirja 4/2004: 289–508 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016111628797>

Hyvönen, P., Malinen, J., Rämö, A-K., Nuutinen, T. & Järvinen, E. 2010. Vastaa-
vatko suunnittelupalvelut puukaupan haasteisiin? Metsätieteen aikakauskirja
4/2010: 504–509. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016111428371>

Hämäläinen, J., Holopainen, M., Hynynen, J., Jyrkilä, J., Rajala, P.T., Ritala, R.,
Räsänen, T. & Visala A. 2014. Perusteita seuraavan sukupolven metsävarajär-
jestelmälle – Forest Big Data -hanke. Metsätieteen aikakauskirja 4/2014 235–
241. Viitattu 25.01.2017 <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016102425523>

Juutinen, H., Kiviniemi, M., Sahi, A. & Toro, J. 2001. Päätöksentekijänä Metsän-
hoitoyhdistyksessä. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

Kangas, A., Heikkinen, E. & Maltamo, M. 2002. Puustotunnusten maastoarvioin-
nin luotettavuus ja ajanmenekki. Metsätieteen aikakauskirja 3/2002: 425–440.
<http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2016111729067>

Kiviniemi, M. 2006. Puukauppa – valmistelu, sopimus ja puutavaran mittaus. Hä-
meenlinna: Metsäkustannus Oy

Kärhä, K. & Aarnio, J. 2001. Metsänhoitoyhdistysten puukaupallinen toiminta.
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 2001:797. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1767-6>

Laki metsänhoitoyhdistyksistä 10.7.1998/534

Lindblad, J. & Wall, T. 2013. Puutavaran mittaukselle, mittausmenetelmille ja -
laitteille asetetut vaatimukset. Viitattu 20.01.2017 <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/mittaukselle-ja-menetelmille-asetettavat-vaatimukset-metla.pdf>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus puutavaran mittausmenelmäryhmien ja
mittausmenetelmien tarkemmasta sisällöstä sekä mittauslaitteiden käytöstä
17.06.2013/1323

Malinen, J. 2011. Katkonta- ensimmäinen jalostuspäätös vai raaka-aineen hin-
nan määrittäminen?. Viitattu 20.01.2017 <http://2011.puupaiva.com/sites/default/files/slides/C%20Malinen%20Jukka.pdf>

Malinen, J., Wall, T., Kilpeläinen, H. & Verkasalo, E. 2011. Leimikon arvonmuo-
dostus vaihtoehtoisissa loppukäyttökohteissa. Metlan työraportteja 206 Viitattu
23.01.2017 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-40-2315-6>

Melkas, T. 2016. Puutavaran mittausmenetelmien osuudet vuonna 2015. Metsä-
tehon tulosalvosarja 2016:10a. Viitattu 22.4.2017 http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tulosalvosarja_2016_10a_Puutavaran_mittausmenetelmien_osuudet_2015.pdf

Metsäkeskus 2017. Metsäsanasto. Viitattu 12.1.2017 <http://www.metsakeskus.fi/metsasanasto#H>

Metsänhoitoyhdistys 2017. Metsänomistajan edunvalvonta. Viitattu 11.1.2017 <http://www.mhy.fi/metsanomistaminen/metsanomistajien-edunvalvonta>

Metsänhoitoyhdistys Kittilä. 2017. Toimintasuunnitelma 2016.

Metsäteho 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus -opas. Helsinki: Metsäteho Oy

Metsäteho. 2015. Hakkuukoneen mittaustarkkuuden ylläpito -ohje. Viitattu 12.1.2017 http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Ohje_Hakkuukoneen_mittaustarkkuuden_yllapito_07_05_2015.pdf

MTK 2017. Metsänomistajien edunvalvonta. Viitattu 11.1.2017 https://www.mtk.fi/metsa/metsanomistajalle/metsanomistajan_edunvalvonta/fi_FI/metsanomistajan_edunvalvonta/

Piira, T., Kilpelä, H., Malinen, J., Wall, T. & Verkasalo E. 2007. Leimikon puutavaralajikertymän ja myyntiarvon vaihtelu erilaisilla katkontaohjeilla. Metsätieteen aikakauskirja. 1/2007 19–37. Viitattu 23.01.2017 <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ELE-1348416>

Puuhuolto.fi 2012. Koneellinen puuhuolto-opas. Viitattu 23.01.2017 <http://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/koneellinen-puutavaran-valmistus/yleista-valmistus/>

Puukauppaohjeistukset. 2015. Metsänhoitoyhdistysten palvelu Oy.

Räsänen, T. 2010. Korjuun suunnittelu opas. Puuhuolto.fi. Viitattu 23.01.2017. http://puuhuolto.info/korjuun_suunnittelu/start.html

Uusitalo, J. 2003a. Metsäteknologian perusteet. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti

Uusitalo, J. 2003b. Voidaanko laatu huomioida männyn katkonnassa? Joensuun yliopisto. Viitattu 26.01.2017 http://www.sis.uta.fi/tilasto/puuprojekti2001/seminar03/Jori_Uusitalo.pdf

Viitala, J. 2006, Metsänhoitoyhdistysten 100 vuotta — miljoonan ihmisen metsäpalvelijaksi. Helsinki: Tietosanoma Oy