

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Metsätalouden koulutus

Arttu Hirvonen

ENNAKKORAIVAUSKARTAN LUOTETTAVUUS  
ENNAKKORAIVAUSTARPEEN MÄÄRITYKSESSÄ

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2020



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2020**  
**Metsätalouden koulutus**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
SUOMI  
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä  
Arttu Hirvonen

Nimeke  
Ennakkoraivauskartan luotettavuus ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä

Toimeksiantaja  
UPM-Kymmene Oyj

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkittiin Arbonaut Oy:n tuottaman ennakkoraivauskartan luotettavuutta ennakkoraivaustarpeen tulkinnassa. Ennakkoraivauskartta on toteutettu avointa laserkeilausaineistoa hyödyntämällä, ja se ennustaa maastossa nähtävää etäisyyttä metreinä 16 x 16 m:n hilaruudulle.

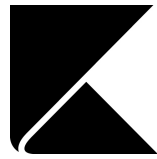
Tutkimuksen aineisto saatiin toimeksiantajalta. Aineisto sisälsi kuviotiedot sekä ennakkoraivauskartan, joka oli rajattu kuviogeometrioiden mukaisesti. Kuviotiedot sisälsivät tiedon hakkuutavasta sekä tiedon toteutuneista ennakkoraivauksista. Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmin, laskemalla kuvioiden näkemän arvoista tunnuslukuja, joita olivat keskiarvo, keskihajonta, moodi sekä hilaruutujen suhteellisia osuuksia kuvioilla valituilla näkemän arvoilla. Tarkoituksena oli löytää sellainen tunnusluku, joka kuvaisi parhaiten ennakkoraivaustarvetta. Tunnusluvusta etsittiin kynnyсарvoja, joilla ennakkoraivaatut ja ennakkoraivaamattomat kuviot voisi erottaa toisistaan. Kynnyсарvojen toimivuutta testattiin vertaamalla kynnyсарvoilla tehtyä ennakkoraivauspäätöstä todellisuudessa toteutettuihin ennakkoraivauksiin.

Saatujen kynnyсарvojen mukaan tehty ennakkoraivaustarvetulkinta jäi vaillinaiseksi, koska tulkintaa pystyi tekemään vain ennakkoraivaamatta jättämisen tai ennakkoraivaamisen osalta. Millään tunnusluvulla ei löydetty sellaista kynnyсарvoa, jolla tulkintaa olisi voinut tehdä molempien vaihtoehtojen osalta. Parhaimmillaan päästiin noin 60 %:n tarkkuuteen. Tulokset osoittavat, että maastotyö on edelleen aiheellista, koska ennakkoraivauskartalla ei päästy riittävään tarkkuuteen.

Kieli  
suomi

Sivuja 42  
Liitteet 0  
Liitesivumäärä 0

Asiasanat  
ennakkoraivauskartta, ennakkoraivaus, laserkeilaus, alikasvos



**Karelia**  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**May 2020**  
**Degree Programme in Forestry**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+358 13 260 600

Author  
Arttu Hirvonen

Title  
Reliability of Lidar-based Pre-Clearing Map in Determining the Need for Pre-Clearing of a Forest Stand

Commissioned by  
UPM-Kymmene Oyj

Abstract

The aim of this thesis was to examine the reliability of the pre-clearing map in determining the need for pre-clearing. The pre-clearing map is developed by Arbonaut Oy. Pre-clearing map has been implemented by using the laser scanning data and it predicts the distance seen in the forest in meters on a 16 x 16-meter grid square.

The material was received from UPM-Kymmene Oyj. The material included forest stand information and a pre-clearing map which was delimited according to forest stand geometrics. Forest stand data included information of logging method and information about actual pre-clearings done on the forest stands. The study was made by using methods of quantitative research. Key figures were calculated from the pre-clearing map sight values. Key figures were average, standard deviation, mode and grid squares proportional amounts at the forest stand by using selected values of sight. The aim was to visually look for thresholds for the key figures calculated from values of the sight, at which the pre-cleared and non-pre-cleared stands could be separated from each other. Founded thresholds were used to make decision of pre-clearing needs and the correctness was compared to actually done pre-clearings.

By using these thresholds about 60 % accuracy was achieved. The results of this research showed that pre-clearing map is not accurate enough for defining pre-clearing needs. Fieldwork is still an important stage of the wood sourcing operations.

Language  
Finnish

Pages 42  
Appendices 0  
Pages of Appendices 0

Keywords

pre-clearing map, pre-clearing, laser scanning, undergrowth

# Sisältö

1	Johdanto .....	5
2	Ennakkoraivauskartta.....	6
3	Ennakkoraivaus.....	6
3.1	Ennakkoraivauksen ajoitus ja kustannukset .....	7
3.2	Luonto- ja ympäristöarvojen huomiointi ennakkoraivauksessa.....	8
4	Metsien lentolaserkeilaus.....	9
4.1	Lentolaserkeilaus .....	9
4.2	Puustotietojen tuottamismenetelmät.....	11
4.3	Pintamallit .....	12
4.4	Kansallinen ilmakeilaus- ja laserkeilausohjelma.....	12
4.5	Kansallisen kuvausohjelman tulevaisuus.....	13
5	Tutkimuksen tavoitteet .....	14
6	Aineisto ja menetelmät.....	14
6.1	Aineisto .....	14
6.2	Tutkimuksen kulku .....	15
6.3	Analyysimenetelmät.....	17
7	Tulokset.....	18
7.1	Ensiharvennuskuvioiden moodi .....	19
7.1.1	Ensiharvennuskuvioiden keskiarvo.....	20
7.1.2	Ensiharvennuskuvioiden keskihajonta .....	23
7.1.3	Ensiharvennuskuvioiden hilaruutujen osuudet.....	23
7.2	Harvennuskuvioiden moodi.....	28
7.2.1	Harvennuskuvioiden keskiarvo .....	30
7.2.2	Harvennuskuvioiden keskihajonta .....	31
7.2.3	Harvennuskuvioiden hilaruutujen osuudet .....	33
8	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	35
9	Pohdinta.....	37
9.1	Tuloksiin vaikuttavat seikat .....	37
9.2	Jatkotutkimustarve ja tulevaisuus .....	39
	Lähteet .....	41

# 1 Johdanto

Ennakkoraivaus on yleinen toimenpide, joka tehdään ennen koneellista puunkorjuuta, ja sen tarpeellisuuden määrittäminen on usein kiinni yhden ihmisen mielipiteestä. Ennakkoraivaustarve arvioidaan perinteisesti maastokäynnillä, mutta laajan avoimen laserkeilausaineiston avulla on toteutettu ennakkoraivaustarpeen määrittämiseen luotu ennakkoraivauskartta. Ennakkoraivauskartta ennustaa metsässä nähtävää etäisyyttä, ja sen on suunnitellut Arbonaut Oy.

Nykyaikainen metsätalous hyödyntää toiminnassaan erilaisia tukimateriaaleja, joita ennakkoraivauskartan ohella ovat muun muassa korjuukelpoisuuskartat sekä avoin metsävaratieto. Jotta tukimateriaalien käyttö olisi sujuvaa ja tarkkaa, on niiden käyttökelpoisuutta tutkittava ennen laajamittaista käyttöä. Maastotyö on yleensä aikaa vievää, ja siksi tukimateriaalit ovatkin hyviä apuvälineitä päätöksentekoa varten. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ennakkoraivauskartan luotettavuutta ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä.

Ennakkoraivauskartta on suhteellisen uusi innovaatio, ja siksi sen toimivuudesta käytännön työssä ei ole juurikaan kokemuksia. Tämän vuoksi ennakkoraivauskarttaa on testattava, jotta saadaan tietoa sen toimivuudesta ja hyödynnettävyydestä. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli pyrkiä etsimään oikeanlainen tulkin-tatapa ennakkoraivauskartan hyödyntämiseen ja samalla testata sen toimivuutta. Toimiva ennakkoraivauskartta olisi erittäin hyödyllinen apuväline metsäalan toimihenkilöille, ja se tehostaisi puunhankinnan suunnittelu- ja toteutusprosessia.

Opinnäytetyö tehtiin UPM-Kymmene Oyj:n toimeksiantona, ja tarkoituksena oli tuottaa toimeksiantajalle tarpeellista tietoa ennakkoraivauskartan toiminnasta. Tuloksien pohjalta toimeksiantajan on helppo arvioida ennakkoraivauskartan käyttöönottoa ja hyödyllisyyttä omassa toiminnassaan.

## 2 Ennakkoraivauskartta

Ennakkoraivauskartta on Arbonaut Oy:n kehittämä malli, joka ennustaa maastossa nähtävää etäisyyttä metreinä. Näkyvyyttä ennustetaan pistepilvialgoritmillä, joka huomioi kasvillisuuden kolmesta metristä alaspäin (Puumalainen 2020). Karttaa on kehitetty viimeisen kolmen vuoden aikana, ja vuosina 2017 - 2018 karttaa on alettu tuottamaan laajemmin. Kartta on toteutettu Maanmittauslaitoksen avoimesta pistepilvestä. Aineiston pistetiheys on hieman alle 1 pistettä neliömetrillä. Lisäksi Arbonaut Oy suorittanut koealamittauksia Lieksan alueella Pohjois-Karjalassa. (Torppa 2019.)

Pistepilvestä on ennustettu näkyvyyttä maastossa noin silmäkorkeudelta. Näkyvyys ennustetaan metreinä 16 x 16 m:n hilaruudulle. Ennakkoraivauskartta kattaa noin 75 % Suomen pinta-alasta. Eniten aukkoisuutta on Lapin alueella, koska avointa aineistoa ei ole ollut saatavilla. Osa kartassa olevista aukoista johtuu puolustusvoimien määrittämistä turvallisuusluokitelluista alueista, joille pistepilveä ei ole saatavilla tai joissa pistetiheys on liian harva, alle puoli pistettä neliömetrillä. (Torppa 2019.)

Kartta on tällä hetkellä käytettävissä Arbonaut Oy:n ProSMobile mobiilisovelluksessa. Ennakkoraivauskartan näkemäluokat saa näkyviin sovelluksesta maksullisena karttatasona. Sovelluksen näkemäluokat ovat 0 - 10 m, 10 - 20 m, 20 - 35 m, 35 - 80 m ja yli 80 m. (Torppa 2019.)

## 3 Ennakkoraivaus

Ennakkoraivaus tarkoittaa alikasvoksen poistamista ainespuurunkojen tyviltä sekä haittaavan alikasvoksen poistamista hakkuualueen välialueilta. Työ suoritetaan raivaussahalla tai moottorisahalla, mikäli pienempiä puita kaadetaan manuaalisesti ennen koneellista hakkuuta. (Immonen, Nissinen, Roininen, Soikkeli,

Taipalus, Gustafsson, Standstörn, Säteri & Örn 2002, 7.) Alikasvos on valtapuuston alla kasvavaa erikokoista taimikko-riukuvaiheen puustoa, ja sen syntymiseen ja kasvuun vaikuttavat valon määrä sekä kasvupaikan ravinteisuus ja vesitalous (Moilanen & Saksa 1998, 14).

Ennakkoraivauksen tarkoituksena on parantaa leimikon arvoa, helpottaa puunkorjuuta, vähentää korjuuvaurioita ja parantaa tuottavuutta sekä kuljettajan työn mielekkyyttä. Poistettu alikasvos helpottaa puulajivalintaa ja parantaa puutavaran laatua etenkin harvennushakkuilla. (Immonen ym. 2001, 3.) Alikasvoksen ennakkoraivaamisella on merkittävä vaikutus nuorten metsien aines- ja energiapuunkorjuun kustannustehokkuuteen (Oikari, Kärhä, Palander, Pajujoja & Ovaskainen 2008, 4).

Ennakkoraivaus on tarpeellinen suorittaa, kun alikasvos on runsasta ja haittaa näkyvyyttä vaikeuttaen puulajivalintaa ja ajourien sijoittelua. Hakkuukoneen työskentelyä haittaa eniten kaadettavien puiden tyvillä oleva alikasvos, joka aiheuttaa häiriöitä ja rikkoja teräketjuille, laipoille sekä hydraulikkaletkuille. Alikasvos vaikeuttaa myös hakkuukoneen kouran vientiä tyvelle. (Immonen ym. 2001, 3 - 4.) Uudistushakkuilla poistetaan näkyvyyttä ja hakkuukoneen työskentelyä haittaava alikasvos. Lisäksi poistetaan metsän uudistamista haittaava alikasvos. Alikasvos, joka ei haittaa hakkuukoneen työskentelyä tai metsän uudistamista on tarpeetonta poistaa. (Hokajärvi, Jylhä, Lehesvirta, Lehtiniemi, Linden, Pigg, Ågren, Rairio, Soimasuo, Standström, Virkkala & Väisänen 2002, 14.)

### **3.1 Ennakkoraivauksen ajoitus ja kustannukset**

Ennakkoraivaus on suositeltavaa tehdä 1 - 3 vuotta ennen hakkuuta, jolloin kaadettu puusto ehtii painua maata vasten, jolloin se haittaa vähemmän puunkorjuuta. Turvemaidilla ennakkoraivaus on järkevää tehdä juuri ennen koneellista puunkorjuuta, koska koivualikasvos vesoo turvemaidilla nopeasti. Lisäksi kaadettu alikasvos parantaa maapohjan kantavuutta paremmin tuoreena. (Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 151.)

Vuonna 2018 kasvatushakuilla tehtiin ennakkoraivauksia 73 420 hehtaarilla, ja yksikkökustannus oli 288 euroa ja kokonaiskustannukset olivat 21 061 00 euroa (taulukko 1). Kasvatushakkuita vuonna 2018 tehtiin koko Suomen alueella yhteensä 542 979 hehtaaria, joista 152 457 hehtaaria ensiharvennuksia ja 390 522 hehtaaria muuta harvennusta (Luonnonvarakeskus, Tilastotietokanta 2020a). Ennakkoraivaus tehtiin siis 13,5 %:lla kaikista vuoden 2018 kasvatushakuista.

Taulukko 1. Vuonna 2018 tehtyjen kasvatushakkuiden ennakkoraivauksien työmäärä, yksikkökustannukset sekä kokonaiskustannukset. (Luonnonvarakeskus, Tilastotietokanta 2020b).

Työmäärä	73 420 hehtaaria
Yksikkökustannus / hehtaari	288 €
Kokonaiskustannus	21 061 000 €

Ennakkoraivauksen kustannukset voivat kuitenkin vaihdella riippuen raivattavan kohteen ominaisuuksista. Vaikuttavia tekijöitä ovat poistettavien puiden määrä, järeys ja maastonmuodot. (Metsälehti, 2019.)

### 3.2 Luonto- ja ympäristöarvojen huomiointi ennakkoraivauksessa

Ennakkoraivauksessa jätetään raivaamatta haittaamaton alikasvusto, metsälain 10. §:n alaiset kohteet, sekä jokien ja luonnon purojen ranta-alueet. Leimikon säästöpuuryhmän alus ja reuna-alueet jätetään myös raivaamatta. Monimuotoisuutta edistävät puulajit, kuten raita ja pihlaja, jätetään raivaamatta, mikäli raivaamatta jättäminen ei aiheuta ongelmia puunkorjuulle. Kataja- ja pajupensaita jätetään riistalle. (Immonen ym. 2001, 7.) Haittaamattoman alikasvoksen poisto heikentää luonnon monimuotoisuutta ja riistan elinolosuhteita (Äijälä ym. 2014, 151).

## 4 Metsien lentolaserkeilaus

Maastotyö ja koealamittaukset ovat aikaa vievää työtä metsieninventoinnissa, mutta nykyisin metsävaratietoa voidaan hankkia myös kaukokartoitusmenetelmillä. Kaukokartoitusmenetelmiä hyödyntämällä aikaa vievän maastotyön osuutta voidaan vähentää. Kaukokartoitusmenetelmät perustuvat säteilyfysiikkaan, jolloin kohteen heijastamaa ominaissäteilyä käytetään hyväksi tunnistettaessa ja hankittaessa tietoa niiden ominaisuuksista. Ominaissäteily perustuu siihen, että jokaisella kohteella on ominainen tapa heijastaa, emittoida ja absorboida säteilyä. (Tokola, Hyppänen, Miina, Vesa & Anttila 1998, 1.)

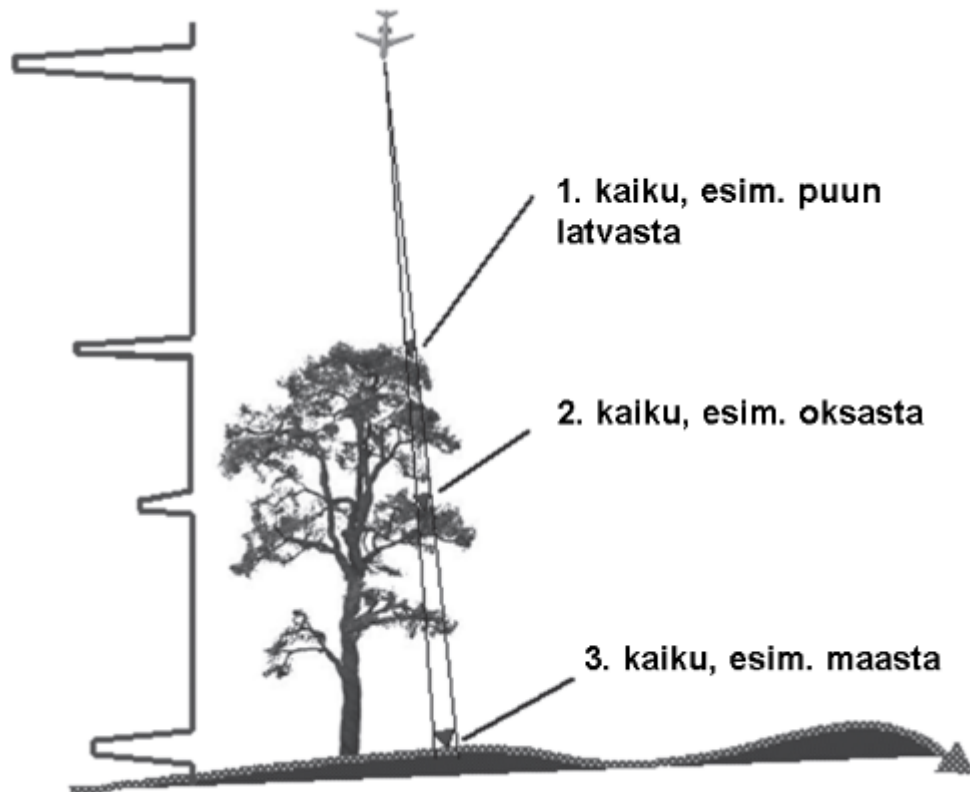
Kaukokartoitusmenetelmät voidaan jakaa passiivisiin ja aktiivisiin menetelmiin (Holopainen, Hyppä & Vastaranta 2013, 13). Esimerkiksi laserkeilaus on aktiivinen kaukokartoitusmenetelmä, joka hyödyntää kohteen mittaamisessa lasertykin lähettämää energiaa, kun taas satelliitin ottamat kaukokuvat perustuvat auringon tuottamaan sähkömagneettiseen säteilyyn (Tokola ym. 1998, 1).

### 4.1 Lentolaserkeilaus

Lentolaserkeilaus (ALS, Airborne Laser Scanning) on kaukokartoitustekniikka, jonka avulla voidaan mallintaa pinnanmuotoja, kasvillisuutta sekä infrastruktuuria. Lentolaserkeilaus toteutetaan lentokoneella tai helikopterilla, johon on kiinnitetty laserkeilauslaitteisto. Laserkeilauksen tekniikka perustuu kohteen ja lasertykin lähettämän laserpulssin välisen etäisyyden kulkuajan mittaamiseen. Laserkeilain lähettää laserpulsseja kohtisuoraan lentosuuntaa vastaan, ja kun laserkeilaimen asento ja paikka tunnetaan, mitattu etäisyys pystytään muuttamaan korkeudeksi. Laserpulssin etenemisnopeus tunnetaan, joten etäisyys voidaan määrittää lähetetyn ja vastaanotetun laserpulssin aikaerosta. GPS-paikannuksen ja inertiajärjestelmien avulla jokaiselle pisteelle saadaan sijaintitieto: x- ja y-koordinaatit sekä korkeus merenpinnasta (z). (Holopainen ym. 2013, 11 - 12, 14, 20.)

Lentolaserkeilauksen tuloksena saadaan pistepilvi, jonka jokaisella pisteellä on sijaintitieto. Pistepilven tiheydellä on suuri merkitys siihen, kuinka tarkkaa tulkin-taa pistepilvestä voidaan tehdä. Laserkeilaimen pulssitiheyden kasvaessa, koh-teiden piirteiden hahmottaminen helpottuu. Nykyaikaisten lentolaserkeilainten korkea pulssintoistotaajuus mahdollistaa yksittäisten kohteiden ominaisuuksien mittaamisen. Pistetiheyteen vaikuttavat myös lentokorkeus, lentonopeus, kei-lauskulma ja keilauslinjojen sivupeitto. Keilattavan kohteen ominaisuudet vaikut-tavat myös pistetiheyteen. Esimerkiksi keilattavan kohteen maastonmuodot, peit-teisyys ja heijastusominaisuudet voivat aiheuttaa katvealueita. (Holopainen ym. 2013, 17.) Aktiivisena kaukokartoitusmenetelmänä lentolaserkeilaus ei ole riippu-vainen auringon sähkömagneettisesta säteilystä toisin kuin passiiviset kaukokar-toitusmenetelmät. Tämän vuoksi lentolaserkeilaus voidaan toteuttaa riippumatta vuoden- tai vuorokaudenajasta. (Holopainen, Hyyppä & Vastaranta 2013, 13 - 14.)

Metsien laserkeilaus tehdään siis lentolaserkeilaamalla, jonka tuloksena saadaan kolmiulotteinen pistepilvi. Pistepilvestä luodaan erilaisia malleja, joita hyödynne-tään eri menetelmin puuston tulkinnassa. Lentokorkeus vaihtelee 400 m - 4 000 m välillä ja pulssitiheytenä käytetään 0,5 - 20 pulssia neliömetrille. Lähetetty la-serpulssi aiheuttaa joko yhden tai useamman paluukaiun. Useammat paluukaiut johtuvat metsikön latvustoissa olevista aukoista, joiden kautta laserpulssi pääsee läpäisemään latvuston. Laserpulssi voi osua puunrunkoihin, oksiin sekä pensas-kerraston kasvillisuuteen saavuttaen lopulta maanpinnan (kuva 1). Yleensä en-simmäiset kaiut tulevat latvustosta ja viimeiset kaiut maanpinnasta. Tämän vuoksi maanpinnan tason arvioiminen on mahdollista. (Holopainen ym. 2013, 20 - 21.)



Kuva 1. Laserpulssin ja puuston vuorovaikutus. (Hyyppä ym. 2013, 21).

#### 4.2 Puustotietojen tuottamismenetelmät

Aluepohjainen menetelmä (ABA, Area based approach) perustuu laserkeilaus piirteiden ja maastokoealojen väliseen tilastolliseen riippuvuuteen. Koealat mitataan siten, että ne kuvaavat mahdollisimman hyvin inventoitavan alueen puuston vaihtelua. Menetelmän tarkkuus riippuu mitattavien koealojen mittaustarkkuudesta sekä lukumäärästä. Puusto ennustetaan laserpiirteiden ja koealojen avulla yleensä 16 x 16 m:n kokoiselle hilaruudulle. Tulkinnessa voidaan hyödyntää myös ilmakuvia. Aluepohjaiseen menetelmään riittää harvapulssinen laserkeilausaineisto, puolesta pulssista kahteen pulssiin neliömetrillä. (Holopainen ym. 2013, 21, 27.)

Yksinpuintulkinnassa (ITD, Individual tree detection) etsitään latvuston pintamallista lokaaleja maksimeja, jotka ovat metsäympäristössä puiden latvoja. Lokaalin

maksimilla avulla määritetään myös puun sijainti. Aineistoa suodatetaan ennen tulkintaa, jotta virheelliset tulkinnot saadaan minimoitua. Suodattamattoman latvuston pintamallin tulkinnassa virhearvioita aiheuttavat suurten puiden oksat, jotka voidaan tulkita virheellisesti puiksi. Yksinpuintulkinta vaatii tiheämpää pisteitiheyttä kuin aluepohjainen menetelmä, yleensä noin 5 - 6 pulssia neliömetrille. Korkeampi pulssitiheys nostaa menetelmän kustannuksia. (Holopainen ym. 2013, 28.)

### **4.3 Pintamallit**

Pistepilvestä saadaan tuotettua erilaisia pintamalleja, joita ovat maanpinnan maastomalli (DTM, Digital Terrain Model), korkeimpien kohteiden pintamalli (DSM, Digital Surface Model) sekä puuston pituusmalli (CHM, Canopy Height Model) (Hyyppä ym. 2013, 13). DTM lasketaan viimeisten paluukaikujen perusteella, kun taas DSM lasketaan ensimmäisten paluukaikujen avulla. Puuston pituusmalli CHM lasketaan DTM:n ja DSM:n erotuksena. (Hyyppä, Hyyppä, Yu, Kaartinen, Kukko & Holopainen 2008, 343.) Pistepilvestä tuotettuja pintamalleja hyödynnetään muun muassa vesienhoidon suunnitteluun, metsätalouden sovellyksiin sekä maaston näkyvyysanalyysiin (Maanmittauslaitos 2020a).

### **4.4 Kansallinen ilmakeiäus- ja laserkeiäusohjelma**

Kansallisen ilmakeiäusohjelman tarkoituksena on yhdistää eri toimijoiden kuvaustarpeet yhdeksi kokonaisuudeksi. Mukana ilmakeiäusohjelmassa ovat Maanmittauslaitos, Suomen metsäkeskus sekä Ruokavirasto. Ilmakeiäusohjelman ansiosta ilmakeiä on saatavilla kattavasti koko maan alueilta eri toimijoiden tarpeisiin. Ohjelman kuvauskierto on viisi vuotta, ja ilmakeiät ovat saatavilla maksutta Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta. (Maanmittauslaitos 2020b.)

Maanmittauslaitoksen vuonna 2008 aloittama valtakunnan laserkeiäus saatiin päätökseen vuonna 2019. Maanmittauslaitoksen lisäksi keiäukseen osallistui

vuodesta 2013 alkaen Suomen metsäkeskus. Laserkeilaus aineiston pistetiheys on puoli pistettä neliömetrillä. Laserkeilausaineistoa kerätään muun muassa maastomallien muodostamiseen, metsävaratiedon tuottamiseen sekä vesien valuntaa ja maanpinnan muotoja tutkiviin sovelluksiin. Aineistoa päivitetään laserkeilaustoteuman mukaisesti, ja se on saatavilla Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta. (Maanmittauslaitos 2020c.)

#### **4.5 Kansallisen kuvausohjelman tulevaisuus**

Uusi kansallinen laserkeilaus- ja ilmakuvausohjelma käynnistyy vuoden 2020 keväällä, jonka myötä käyttöön saadaan entistäkin ajantasaisemmat laserkeilaus- ja ilmakuvausaineistot. Uutta laserkeilaus- ja ilmakuvausohjelmaa varten on luotu yhteistyöelin KALLIO, jonka tarkoituksena on vastata uuden ohjelman rahoituksesta ja hallinnasta. Ohjelmassa ovat mukana Maanmittauslaitos, Suomen metsäkeskus, Metsähallitus, Ruokavirasto, Suomen ympäristökeskus, maa- ja metsätalousministeriö, puolustusministeriö ja ympäristöministeriö. (Maanmittauslaitos 2019b.)

Muutoksena aikaisempaan kymmenen vuotta kestäneeseen laserkeilausohjelmaan uudessa ohjelmassa Suomi keilataan kuuden vuoden sykleissä. Myös pistetiheys kasvaa nykyisestä noin puolesta pisteestä neliömetrille viiteen pisteeseen neliömetrillä. Ilmakuvauksen sykli tihenee nykyisestä viidestä vuodesta kolmeen vuoteen. Pohjois-Lapissa laserkeilauksen ja ilmakuvauksen sykli on 12 vuotta. Syklin muutoksen vuoksi laserkeilauksen ja ilmakuvien keruuajankohta on sama. (Maanmittauslaitos 2019c.) Keruuajankohdan yhteneväisyys on tärkeää, sillä moniin aineistojen käyttötarkoituksiin tarvitaan saman keruuajankohdan aineistoa (Maanmittauslaitos 2019b).

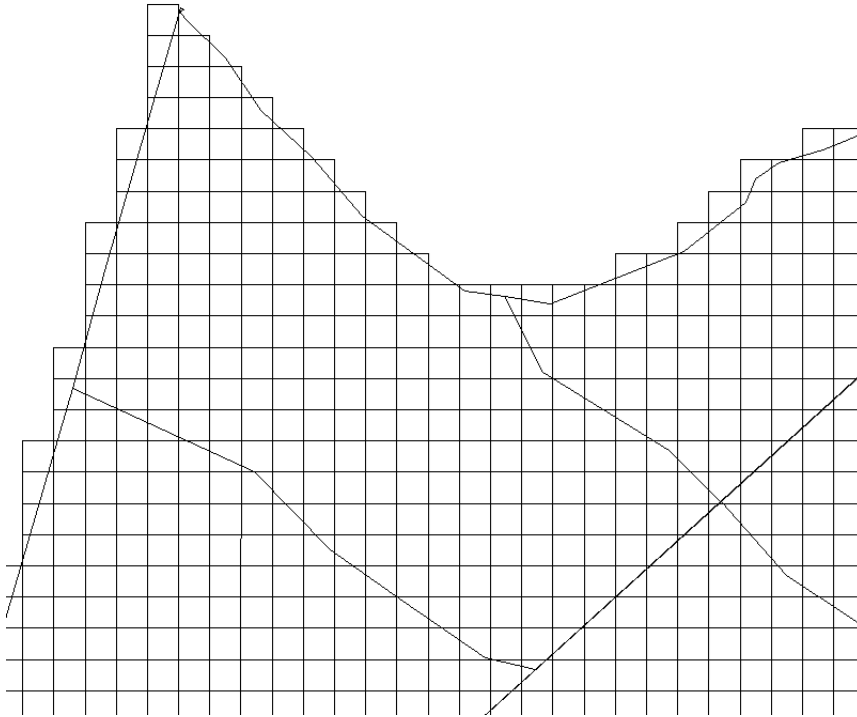
## **5 Tutkimuksen tavoitteet**

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ennakkoraivauskartan luotettavuutta ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä. Koska ennakkoraivauskartta on suhteellisen uusi sovellus ei sen oikeanlaisesta tulkinnasta ja toimivuudesta ole tietoa. Tavoitteena oli pyrkiä luomaan ennakkoraivauskartalle tulkinta-avain, jonka avulla ennakkoraivaustarpeen voisi määrittää ennakkoraivauskartasta. Toimivalla ennakkoraivauskartalla voitaisiin tehostaa puunhankinnan suunnittelu- ja toteutusprosessia (Uuttera 2019).

## **6 Aineisto ja menetelmät**

### **6.1 Aineisto**

Aineistona käytettiin vektorimuotoista ennakkoraivauskarttaa, joka kertoo maastossa nähtävän etäisyyden metreinä. Näkemä on ennustettu 16 x 16 m:n hilaruuduille. Suomen operatiivinen metsäsuunnittelun laserinventointijärjestelmä käyttää piirteiden irrotusyksikkönä samankokoista hilaruutua (Holopainen ym. 2013, 25). UPM on toimittanut Arbonaut Oy:lle korjuugeometriat, joiden mukaan aineisto on rajattu (kuva 2). Laserkeilaus on tehty noin vuosi ennen toteutuneita ennakkoraivauksia ja hakkuita. Ennakkoraivauskartan teossa hyödynnetty laserkeilausaineisto on keilattu Jämsän kaupungin alueella touko- kesäkuussa vuonna 2018. Toinen laserkeilausalue sijaitsee Perhon ja Kivijärven kuntien alueella, ja keilausajankohta on kesäkuu 2016.



Kuva 2. Ennakkoraivauskartan rajautuminen korjuugeometrioiden mukaisesti. Jokaisella hilaruudulla on tieto näkemästä metreinä.

Ennakkoraivauskartan lisäksi aineistona käytettiin tietoa toteutuneiden hakkuiden hakkuutavasta sekä tietoa toteutuneista ennakkoraivauksista korjuukuviolla. Hakkuutapoja ovat ensiharvennus, harvennus ja uudistushakkuu. Ennakkoraivauskartta, korjuukuvioiden rajat, tieto hakkuutavasta sekä tieto toteutuneista ennakkoraivauksista yhdistettiin samaksi aineistoksi MapInfo-paikkatietojärjestelmässä.

## 6.2 Tutkimuksen kulku

MapInfo-paikkatietojärjestelmässä kuvioille annettiin yksilölliset kuvionumerot, jotta saatiin varmistettua se, ettei kuviot sekoitu keskenään missään vaiheessa. Ennakkoraivauskartta rajattiin kuviogeometrioiden mukaisesti ja näin saatiin taulukoitua jokaisen korjuukuvion sisältämät näkemän arvot. Näkemän arvot yhdistettyinä kuvion numeroon siirrettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaan laskentoja varten.

Excelissä aineistosta laskettiin jokaisen kuvion näkemän arvoista moodi, keskiarvo sekä keskihajonta. Moodilla tarkoitetaan kuvioiden sisällä yleisimmin esiintyvää näkemän arvoa (Tilastokeskus 2020a.) Keskihajonta puolestaan kertoo kuinka kaukana kuvioiden näkemän arvot ovat kuvion näkemän keskiarvosta (Tilastokeskus 2020b.) Edellä mainittujen tunnuslukujen lisäksi laskettiin myös korjuukuvioiden sisältämien näkemän arvojen suhteellisia osuuksia verrattuna kuvion kaikkiin hilaruutuihin. Hilaruutujen näkemän arvoina näissä laskemissa käytettiin pienempi tai yhtä suuri kuin 20 metriä, pienempi tai yhtä suuri kuin 30 metriä ja pienempi tai yhtä suuri kuin 40 metriä.

Aineisto jaettiin hakkuutapojen mukaan, joita olivat ensiharvennus, harvennus sekä uudistushakkuu. Uudistushakkuukuvioiden kuitenkin vain yhdellä oli tehty ennakkoraivaus, joten uudistushakkuu jouduttiin jättämään pois tutkimuksesta. Ensiharvennus ja harvennuskuviot jaettiin siten, että molemmista hakkuutavoista luotiin kaksi eri aineistoa: tutkimusalue ja testialue. Molempiin alueisiin valittiin kaikki hakkuutavan ennakkoraivatut kuviot sekä saman verran ennakkoraivaamattomia kuvioita yksinkertaisella satunnaisotannalla. Ensiharvennuskuvioiden tutkimus- ja testialueissa on molemmissa 27 ennakkoraivattua ja 27 ennakkoraivaamatonta kuviota. Harvennuskuvioiden tutkimus- ja testialueissa on molemmissa 22 ennakkoraivattua ja 22 ennakkoraivaamatonta kuviota.

Tutkimusaineiston avulla pyrittiin etsimään lasketuista tunnusluvuista visuaalisesti kynnyсарvoa, jonka avulla ennakkoraivatut ja ennakkoraivaamattomat kuviot voitaisiin erottaa toisistaan. Saatuja kynnyсарvoja sovellettiin testialueilla, tehden niiden avulla ennakkoraivaustarpeen määrittäminen testialueen kuviolle. Kynnyсарvojen avulla tehtyjä ennakkoraivauspäätöksiä verrattiin kuvion todelliseen ennakkoraivaustietoon. Näin saatiin tieto kynnyсарvon tarkkuudesta ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä.

Kynnyсарvon etsimisen lisäksi kuviot jaettiin myös moodiluokkiin, jotka Arbonaut Oy oli aiemmin määrittänyt. Valmiita moodiluokkia oli kolme kappaletta: moodiluokka 1 (raivataan, moodi 0 - 35), moodiluokka 2 (ehkä-raivataan, moodi 36 – 50) ja moodiluokka 3 (ei-raivata, moodi >50). Moodiluokat on määritetty avohakkuukuvioiden pohjalta siten, että ne ennustaisivat mahdollisimman hyvin

ennakkoraivattavat ja ei-ennakkoraivattavat kuviot. Samalla on pyritty siihen, että moodiluokka kaksi jäisi mahdollisimman pieneksi. (Puumalainen, 2020.)

Kynnysarvojen etsimisen lisäksi aineistosta haluttiin tietää eroavatko ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvot tilastollisesti toisistaan. Tätä varten selvitettiin ensiharvennus- ja harvennuskuvioiden näkemän arvojen jakauman normaalisuus tutkimusaineistoissa, jotta osattiin valita oikea tilastollinen testausmenetelmä.

### **6.3 Analyysimenetelmät**

Tutkimus toteutettiin kokonaistutkimuksena, eli tutkimuksen kohteena on koko perusjoukko (Koppa 2015a). Tutkimuksessa käytettiin myös yksinkertaista satunnaisotantaa, kun muodostettiin tutkimus- ja testialueet tutkimuksen toteutusta varten, ja näin ollen jokaisella kuviolla oli sama todennäköisyys tulla valituksi (KvantiMOTV 2003). Yksinkertaista satunnaisotantaa jouduttiin käyttämään, koska perusjoukko, eli ensiharvennus- ja harvennuskuviot, sisälsivät huomattavasti enemmän ennakkoraivaamattomia kuvioita. Tutkimus- ja testialueisiin valittiin kaikki perusjoukon ennakkoraivatut kuviot ja saman verran ennakkoraivaamattomia kuvioita yksinkertaisella satunnaisotannalla. Moodiluokkiin jaettiin kaikki aineiston kuviot kokonaistutkimuksena.

Tutkimus toteutettiin kvantitatiivisena tutkimuksena. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa pyritään ymmärtämään asioiden syy- ja seuraussuhteita numeerisesta aineistosta. Usein siihen sisältyy myös luokittelua sekä vertailua. Kvantitatiivinen tutkimus toteutetaan laskennallisia sekä tilastollisia analyysimenetelmiä hyödyntäen. (Koppa 2015b.)

Nollahypoteesi tarkoittaa ennakko-olettamusta, joka tehdään ennen tilastollista testausta. Nollahypoteesin vastakkainen olettaus on vastahypoteesi. Ennen tilastollista testausta kumpikaan hypoteeseista ei ole voimassa, mutta oletuksena pidetään, että nollahypoteesi pitää paikkansa. Tilastollisen testauksen tuloksena

saadaan p-arvo, joka joko tukee nollahypoteesia tai vastaavasti tukee nollahypoteesin hylkäämistä. Riskitasolla tarkoitetaan todennäköisyyden tasoa, jolla ollaan valmiita hylkäämään nollahypoteesi, vaikka se voisikin pitää paikkansa perusjoukossa. Jos p-arvo on pienempi kuin valittu riskitaso, nollahypoteesi hylätään. (Jyväskylän yliopisto 2020) Tässä opinnäytetyössä käytettiin riskitasoa 0,05.

Ennakkoraivauskartan näkemän arvojen normaalijakautuneisuutta testattiin SPSS-ohjelmalla käyttäen Kolmogorov-Smirnov testiä. Taulukosta 2 nähdään testauksen tulokset. Nollahypoteesi hylättiin p-arvon ollessa 0,000. Vastahypoteesi astui voimaan, eli aineiston näkemän arvot eivät ole normaalijakautuneet.

Taulukko 2. Normaalijakautuneisuuden testaus.

Nollahypoteesi	Testi	p-arvo	Tulos
Aineisto on normaalijakautunut ensiharvennuskuvioilla	Kolmogorov-Smirnov	0,000	Nollahypoteesi hylätään
Aineisto on normaalijakautunut harvennuskuvioilla	Kolmogorov-Smirnov	0,000	Nollahypoteesi hylätään

Keskiarvojen testaukseen valittiin Mann-Whitneyn U-testi, koska se ei vaadi aineiston normaalijakautuneisuutta. Mann-Whitneyn U-testi perustuu sijalukuihin ja testauksen tuloksena saadaan p-arvo. Kun oletetaan nollahypoteesin pitävän paikkansa, p-arvo kertoo todennäköisyyden sille, että sijalukujen summa poikkeaa otoksessa havaitun verran tai odotettua enemmän. Mitä pienempi p-arvo on, sitä enemmän vastahypoteesi saa tukea. (Taanila 2013.)

## 7 Tulokset

Tulososiossa käydään läpi tutkimuksen tulokset. Kaikki näkemästä lasketut tunnusluvut esitetään box-plot-kuvioina, joiden avulla tunnusluvuista etsittiin kynns-

arvoja ennakkoraivaustarvetulkintaa varten. Saatujen kynnsarvojen avulla tehtyjen ennakkoraivauspäätöksien tulokset on taulukoitu. Ensin käydään läpi ensiharvennuskuvioiden tulokset ja sitten harvennuskuvioiden tulokset. Saatuja tuloksia tarkastellaan myöhemmissä luvuissa, ja pohdintaosiossa käydään läpi tuloksiin mahdollisesti vaikuttaneita seikkoja.

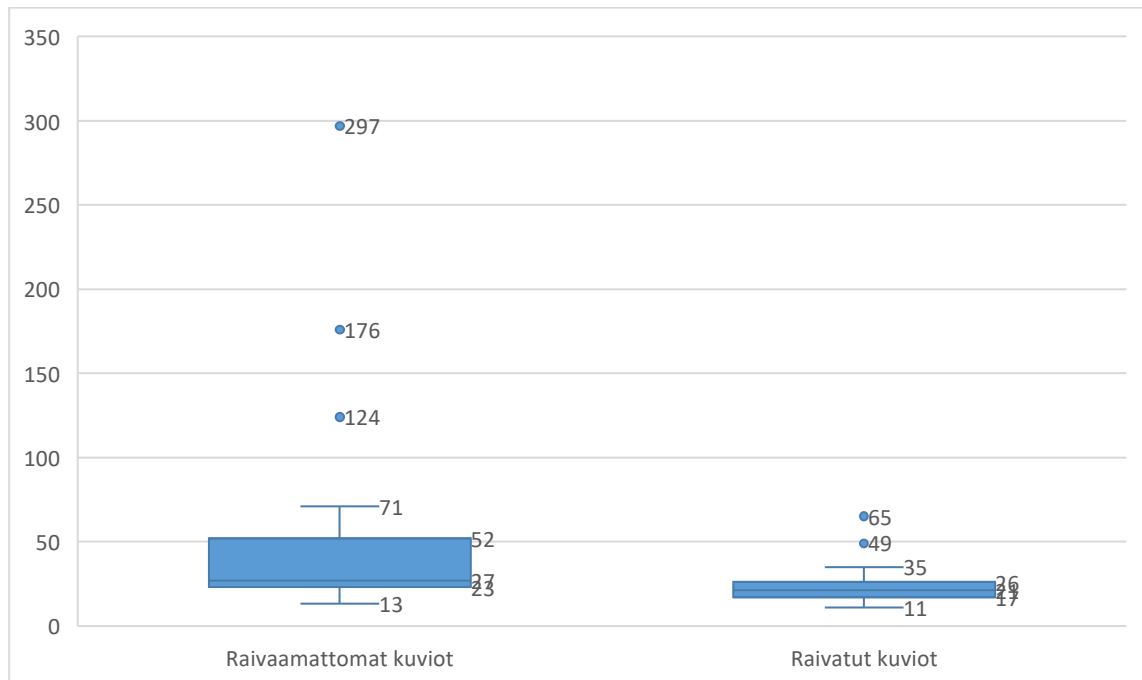
## 7.1 Ensiharvennuskuvioiden moodi

Kaikki aineiston ensiharvennuskuviot jaettiin valmiiksi määritelyihin moodiluokkiin kuvioiden näkemästä laskettujen moodien mukaisesti (taulukko 3). Moodiluokkaan yksi (raivataan) osui 131 kuviota, moodiluokkaan kaksi (ehkä-raivataan) 24 kuviota ja moodiluokkaan kolme (ei-raivata) 21 kuviota. Moodiluokan yksi kuvioista 33,6 % oli ennakkoraivattuja ja 66,4 % ennakkoraivaamattomia. Moodiluokassa kaksi ennakkoraivattuja kuvioita oli 25,0 % ja ennakkoraivaamattomia 75,0 %. Moodiluokassa kolme 19,0 % kuvioista oli ennakkoraivattuja ja 81,0 % ennakkoraivaamattomia (taulukko 3). Moodiluokassa kolme tarkkuus oli huomattavasti muita luokkia parempaa.

Taulukko 3. Ensiharvennuskuvioiden jakautuminen moodiluokkiin.

	<b>Kuvioiden määrä</b>	<b>Raivatut kuviot</b>		<b>Raivaamattomat kuviot</b>	
<b>Moodiluokka 1 (0-35)</b>	131	44	33,6 %	87	66,4 %
<b>Moodiluokka 2 (36-50)</b>	24	6	25,0 %	18	75,0 %
<b>Moodiluokka 3 (&gt;50)</b>	21	4	19,0 %	17	81,0 %

Moodin suhteen yritettiin löytää kynnyksarvoa ensiharvennuskuvioiden tutkimusalueella, mutta ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemästä lasketut moodit eivät juurikaan eronneet toisistaan. Kolmella ennakkoraivaamattomalla kuviolla moodi oli selkeästi korkeampi verrattuna muihin kuvioihin (kuvio 1). Kuitenkin suurin osa kuvioista sijoittui samoihin moodin arvoihin, jonka vuoksi kynnyksarvoa ei voitu määrittää. Tämän vuoksi myös oma tulkinta kynnyksarvon avulla jäi tekemättä.



Kuvio 1. Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän arvojen moodit.

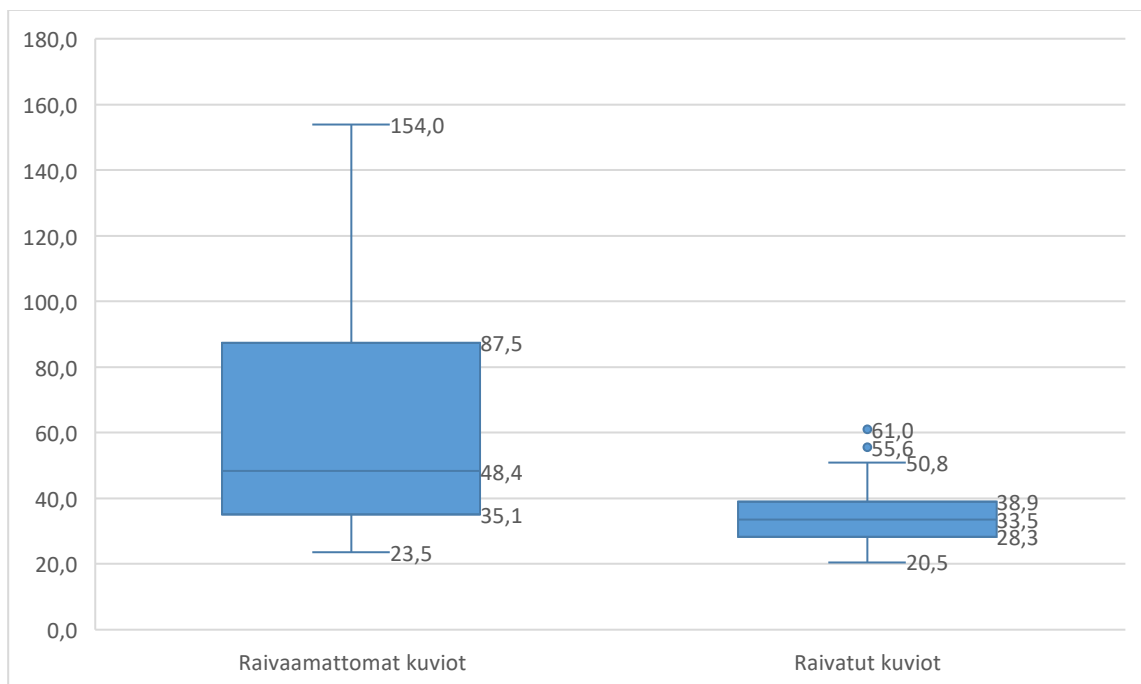
### 7.1.1 Ensiharvennuskuvioiden keskiarvo

Ensiharvennuskuvioiden keskiarvojen tilastollista eroavaisuutta testattiin Mann-Whitneyn U-testillä. Nollahypoteesiksi asetettiin se, ettei ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvoissa ole merkitsevää eroavaisuutta. Nollahypoteesi hylättiin p-arvon ollessa 0,005, joten vastahypoteesi astui voimaan (taulukko 4). Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvot eroavat siis toisistaan.

Taulukko 4. Ensiharvennuskuvioiden näkemän keskiarvotestaus.

Nollahypoteesi	Testi	p-arvo	Tulos
Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvot eivät eroa toisistaan	Mann-Whitney U-testi	0,005	Nollahypoteesi hylätään

Tutkimusalueen keskiarvojen box-plot-kuvaajasta (kuvio 2) havaitaan, että kun kuvion näkemän keskiarvo ylittää 61 metriä, ei kuviolla ole tehty ennakkoraivausta. Tämän avulla voitiin saatua kynnyksarvoa kokeilla vain raivaamatta jättämisen osalta, koska kuvioiden keskiarvot jakautuvat muuten selkeästi päällekkäin. Korjuukuvioiden näkemän keskiarvoista saadulla kynnyksarvolla tehtiin oma tulkinta ennakkoraivaustarpeesta testialueella.



Kuvio 2. Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvot.

Testialueen kuvioista 19:llä keskiarvo oli suurempi kuin 61 metriä. Tutkimusalueelta saadun kynnyksarvon perusteella pystyttiin ennakkoraivaustarvetulkintaa tekemään vain ennakkoraivaamatta jättämisen osalta, jolloin oma tulkinta jokaiselle

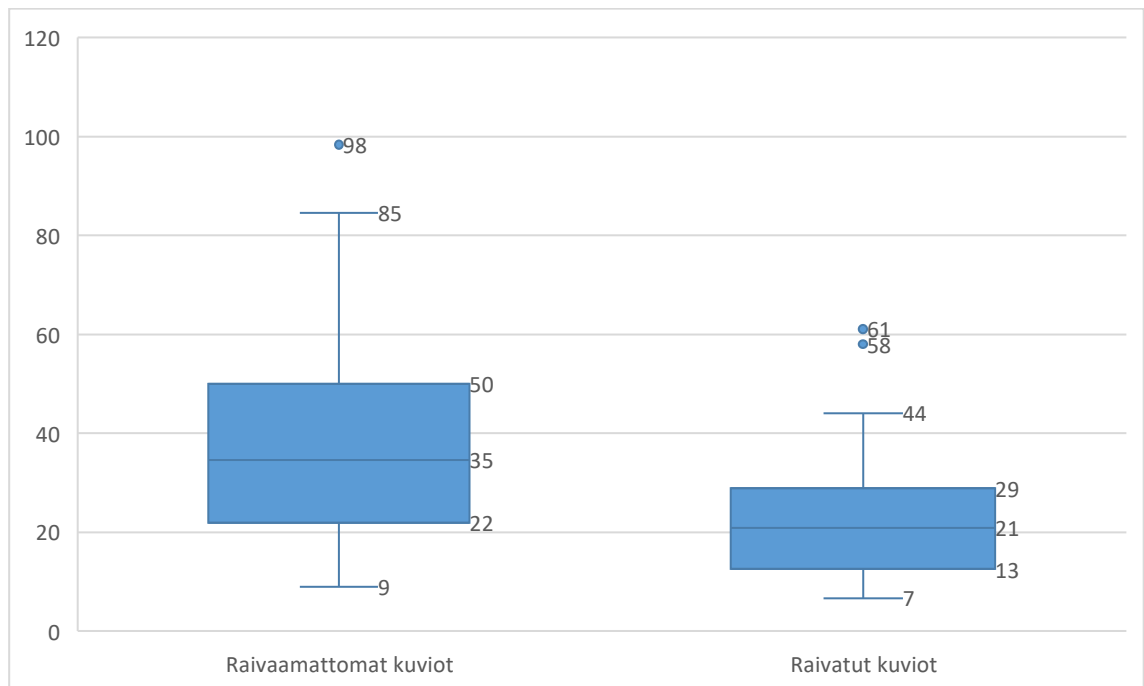
kuviolle oli ennakkoraivaamatta jättäminen. Taulukosta 5 nähdään oman tulkin-  
nan oikeellisuus verrattuna todellisuudessa kuvioilla tehtyihin ennakkoraivaauk-  
siin. Kynnysarvon perusteella tehty ennakkoraivaustarpeen määrittäminen onnistui  
57,9 %:lla kuvioista ja epäonnistui 42,1 %:lla kuvioista. Näkemän keskiarvojen  
kynnysarvolla tehty ennakkoraivauspäätös ei ollut kovinkaan tarkkaa.

Taulukko 5. Ennakkoraivaustarpeen määrittäminen saadulla kynnysarvolla verrat-  
tuna todellisuudessa toteutettuihin ennakkoraivaauksiin.

<b>ID</b>	<b>Keskiarvo</b>	<b>Oma tulkinta</b>	<b>Oikea tieto</b>	<b>Osuvuus</b>
108	69,9	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
257	74,4	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
289	62,6	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
294	88,3	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
313	100,8	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
314	70,1	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
316	95,8	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
317	70,1	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
344	72,1	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
356	65,3	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
358	66,8	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
362	68,5	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
374	66,9	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
377	101,6	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
474	66,5	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
479	63,3	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
481	66,0	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
534	71,7	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
637	65,1	Ei-raivata	Raivattu	Väärin

### 7.1.2 Ensiharvennuskuvioiden keskihajonta

Kuviosta 3 havaitaan, etteivät ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden keskihajonnat eroa niin selkeästi toisistaan, että kynnyksarvoa voitaisiin löytää. Vain muutaman kuvion keskihajonta eroaa huomattavasti muista, mutta muuten kuvioiden keskihajonnat ovat jakautuneet hyvinkin samoihin arvoihin riippumatta siitä, onko kuviota ennakkoraivattu. Koska kynnyksarvoa oli mahdotonta määrittää, ei omaa tulkintaakaan voitu keskihajonnan suhteen tehdä.

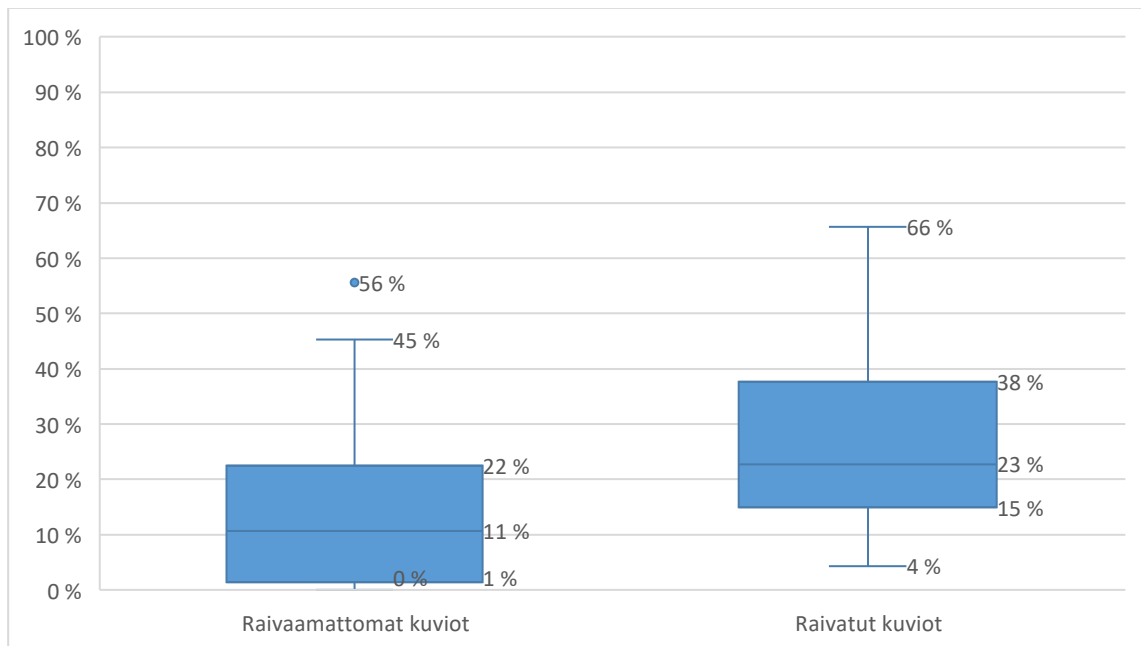


Kuvio 3. Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien korjuukuvioiden näkemän keskihajonnat.

### 7.1.3 Ensiharvennuskuvioiden hilaruutujen osuudet

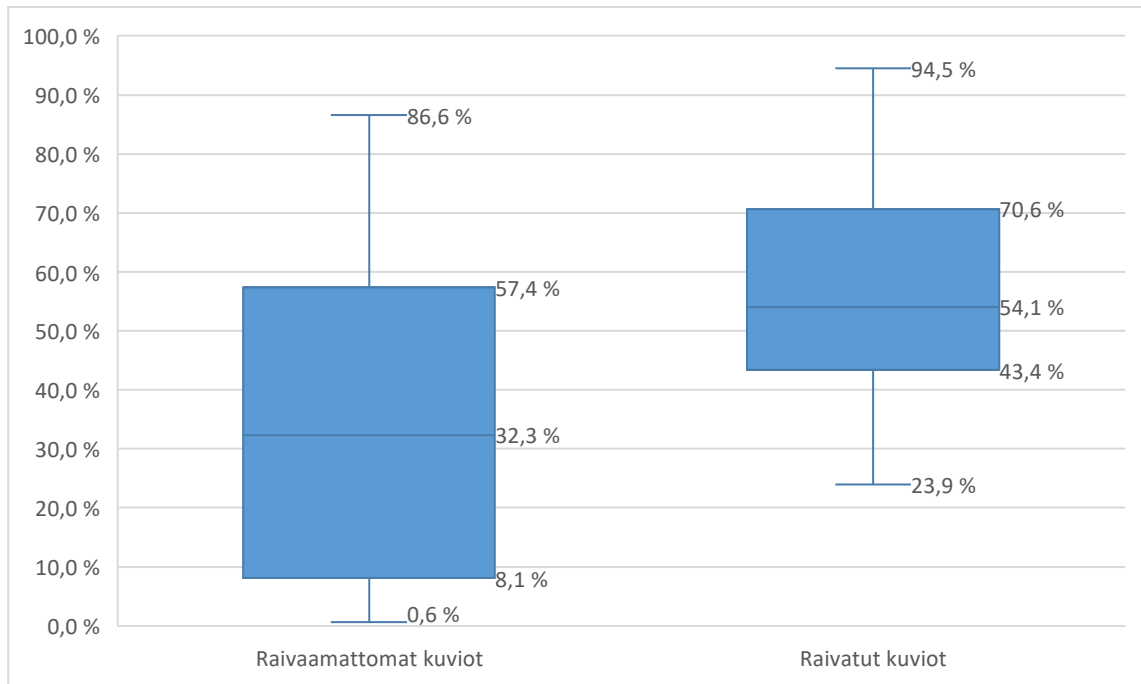
Aineistosta laskettiin hilaruutujen osuuksia kuvioilla, joiden arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 20, 30 ja 40 metriä. Näiden hilaruutujen suhteellinen osuus laskettiin verrattuna kaikkiin kuvion hilaruutuihin ja pyrittiin löytämään kynnyksarvoa omaa ennakkoraivaustarvetulkintaa varten.

Kun laskenta tehtiin 20 metrin arvolla, niin kuviosta 4 voidaan havaita, ettei ennakkoraivatuilla ja ennakkoraivaamattomilla kuviolla ole suurtakaan eroavaisuutta hilaruutujen osuuksien suhteen. Eroavaisuutta on kuitenkin jonkin verran, muttei tarpeeksi, jotta olisi voitu löytää järkevää kynnyksisarvoa ennakkoraivaus tarpeen määrittystä varten. Koska kynnyksisarvoa ei pystynyt määrittämään, myös ennakkoraivaustulkinta kynnyksisarvon avulla jäi tekemättä.



Kuvio 4. Ensiharvennuskuvioiden hilaruutujen suhteellinen osuus kuviolla, kun hilaruudun näkemän arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 20 metriä.

Kolmenkymmenen metrin ja sitä pienempien hilaruutujen näkemän arvojen suhteellisten osuuksien mukaan ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden välillä oli tarpeeksi eroavaisuutta, jotta kynnyksisarvo voitiin määrittää kuviosta visuaalisesti (kuvio 5). Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden välillä ei ollut kuitenkaan niin suurta eroavaisuutta, että kuviot olisivat jakautuneet selkeästi erilleen. Kuvion 5 perusteella kynnyksisarvoksi määritettiin, että kun hilaruutujen osuus kuviolla on 23,9 % tai vähemmän, ei kuviota tarvitse ennakkoraivata. Tämän mukaan ennakkoraivaustarve määritettiin testialueen kuviolle.



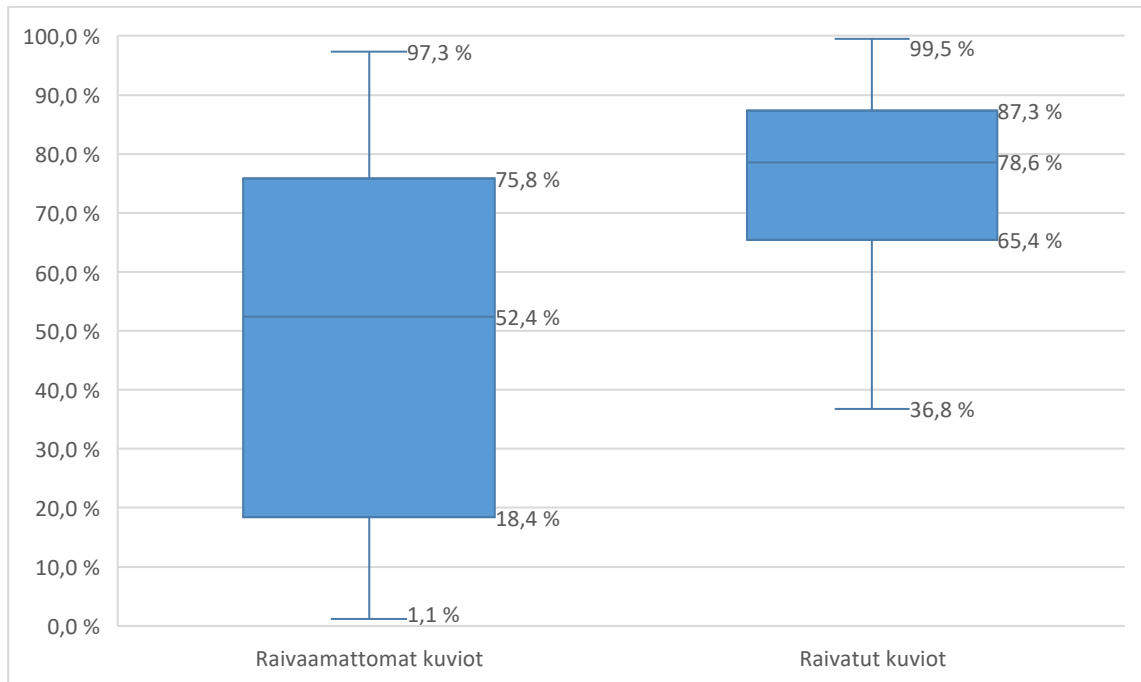
Kuvio 5. Ensiharvennuskuvioiden hilaruutujen suhteellinen osuus kuvioilla, kun hilaruudun näkemän arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 30 metriä.

Saadun kynnsarvon avulla tehtiin oma tulkinta ennakkoraivaustarpeesta, jonka tulokset nähdään taulukosta 6. Testialueella oli 14 kuvioita, joilla hilaruutujen osuus oli pienempi kuin 23,9 %. Näille kuvioille tehtiin ennakkoraivaustarpeen määrittäminen. Ennakkoraivaustarve voitiin määrittää vain ennakkoraivaamatta jättämisen osalta, koska saadulla kynnsarvolla ei pystynyt muunlaiseen tulkintaan. Kynnsarvolla tehty tulkinta onnistui 57,1 %:lla kuvioista ja epäonnistui 42,9 %:lla kuvioista. Kynnsarvon tarkkuus ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä ei ollut kovinkaan tarkkaa, kun tehtyä ennakkoraivauspäätöstä verrattiin todellisuudessa tehtyihin ennakkoraivauksiin.

Taulukko 6. Ennakkoraivaustarpeen määrittäminen saadulla kynnysarvolla verrattuna todellisuudessa toteutettuihin ennakkoraivauksiin.

ID	%-osuus kuvion hilaruuduista, joiden näkemän arvo on <= kuin 30 metriä.	Oma tulkinta	Oikea tieto	Tulkinta verrattuna oikeaan
108	14,6 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
293	7,9 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
294	20,4 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
313	7,6 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
316	15,3 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
344	17,2 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
356	21,2 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
362	20,4 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
374	17,8 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
377	13,9 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
474	11,7 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
479	15,9 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
481	11,4 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
534	7,2 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein

Hilaruutujen osuus laskettiin kuvioilla myös 40 metrin ja sitä pienempien näkemän arvojen osalta. Ennakkoraivatut ja ennakkoraivaamattomat kuviot erosivat toisistaan sen verran, että kynnysarvoa voitiin etsiä visuaalisesti. Ennakkoraivaatuilla kuvioilla näiden hilaruutujen osuus oli korkeampi verrattuna ennakkoraivaamattomiin kuvioihin. Kuvioiden välillä ei ollut kuitenkaan niin suurta eroavaisuutta, että ne olisivat jakautuneet täysin eri arvoihin. Kuvioista 6 pystyttiin kuitenkin löytämään sellainen kynnysarvo, jolla voitiin tehdä päätös kuvioiden ennakkoraivaamatta jättämisestä. Kynnysarvo osoittaa että, kun 40 metrin tai sitä pienempien hilaruutujen arvojen osuus on kuviolla alle 36,8 %, ei kuviota tarvitse ennakkoraivata. Tämän mukaan tehtiin ennakkoraivaustarvetulkinta testialueen kuvioille.



Kuvio 6. Ensiharvennuskuvioiden hilaruutujen suhteellinen osuus kuvioilla, kun hilaruudun näkemän arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 40 metriä.

Testialueella oli 14 kuviota, joilla 40 metrin tai sitä pienempien hilaruutujen arvojen suhteellinen osuus oli alle 36,8 %. Näille kuvioille tehtiin päätös ennakkoraivaamatta jättämisestä, koska saadun kynnsarvon avulla ei muunlaiseen tulokintaan pystynyt. Taulukosta 7 nähdään ennakkoraivaus päätöksen oikeellisuus verrattuna todelliseen tietoon ennakkoraivauksista. Kynnsarvon avulla tehty tulokinta meni oikein 57,1 %:lla kuvioista ja väärin 42,9 %:lla kuvioista. Kynnsarvolla ei päästy niin hyvään tarkkuuteen, että sen avulla voitaisiin tehdä luotettava ennakkoraivauspäätös.

Taulukko 7. Ennakkoraivaustarpeen määrittäminen saadulla kynnyksellä verrattuna todellisuudessa toteutettuihin ennakkoraivauksiin.

ID	%-osuus kuvion hila-ruuduista, joiden näkemän arvo on <= kuin 40 metriä.	Oma tulkinta	Oikea tieto	Tulkinta verrattuna oikeaan tietoon
108	28,8 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
293	30,3 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
294	32,9 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
313	14,7 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
315	28,0 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
344	30,9 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
356	36,4 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
362	36,5 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein
374	30,5 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
377	23,3 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
474	31,0 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
479	30,6 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
481	18,1 %	Ei-raivata	Raivattu	Väärin
534	22,4 %	Ei-raivata	Raivaamaton	Oikein

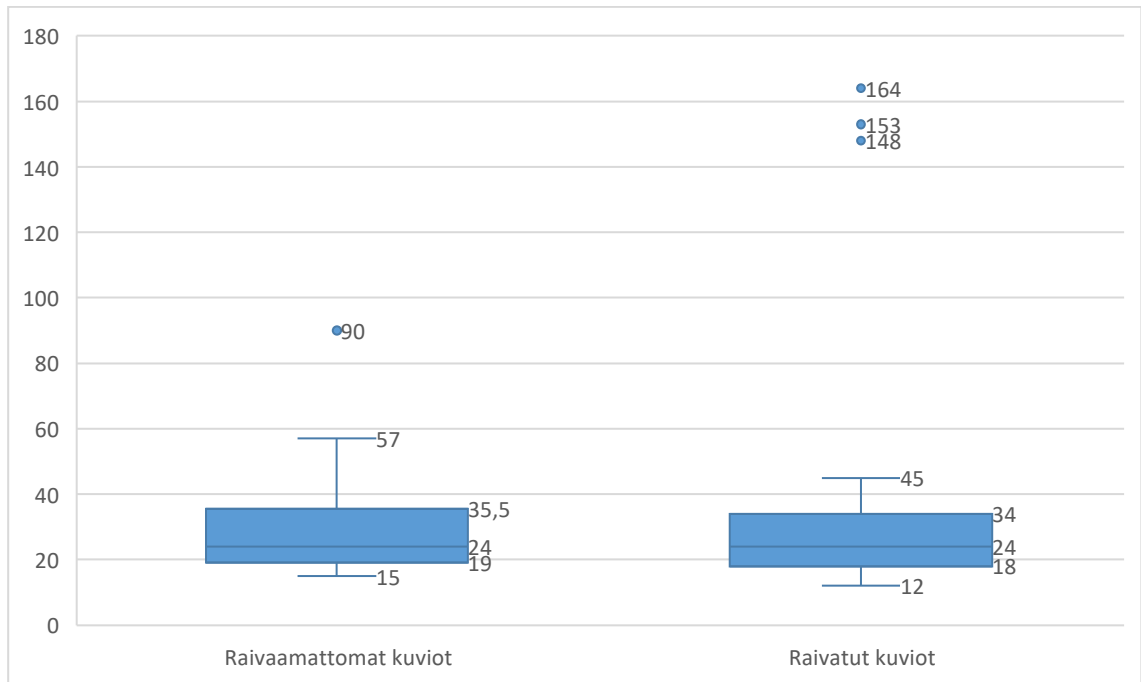
## 7.2 Harvennuskuvioiden moodi

Aineiston kaikki harvennuskuviot jaettiin moodiluokkiin kuvioiden näkemän arvoista laskettujen moodien mukaisesti (taulukko 8). Yhteensä kuvioita oli 398, joista 298 osui moodiluokkaan yksi (raivataan), 54 moodiluokkaan kaksi (ehkä-raivataan) ja 46 moodiluokkaan kolme (ei-raivata). Moodiluokassa yksi kuvioista ennakkoraivattuja oli 13,4 % ja ennakkoraivaamattomia 86,6 %. Moodiluokassa kaksi kuvioista ennakkoraivattuja oli 11,1 % ja ennakkoraivaamattomia 88,9 %. Moodiluokassa kolme ennakkoraivattuja kuvioita oli 6,5 % ja ennakkoraivaamattomia kuvioita 93,5 %. Moodiluokassa kolme osumatarkkuus oli huomattavasti tarkempaa verrattuna moodiluokkaan yksi.

Taulukko 8. Harvennuskuvioiden jakautuminen moodiluokkiin.

	<b>Kuvioiden määrä</b>	<b>Raivatut kuviot</b>		<b>Raivaamattomat kuviot</b>	
<b>Moodiluokka 1 (0-35)</b>	298	36	13,4 %	232	86,6 %
<b>Moodiluokka 2 (36-50)</b>	54	6	11,1 %	48	88,9 %
<b>Moodiluokka 3 (&gt;50)</b>	46	3	6,5 %	43	93,5 %

Harvennuskuvioiden tutkimusalueella pyrittiin löytämään kuvioiden näkemän arvoista laskettujen moodien avulla myös kynnyksarvoa, jolla ennakkoraivatut ja ennakkoraivaamattomat kuviot olisi voinut erottaa toisistaan. Kuviosta 7 havaitaan kuitenkin, etteivät kuvioiden moodit eroa juuri toisistaan, riippumatta onko kuviota ennakkoraivattu vai ei. Kolmella ennakkoraivatulla kuviolla ja yhdellä ennakkoraivaamattomalla kuviolla näkemän moodi poikkesi muista kuvioista. Moodin suhteen kynnyksarvon etsintä ei onnistunut ja näin ollen myös kynnyksarvon avulla tehtävä ennakkoraivaustarvetulkinta jäi tekemättä.



Kuvio 7. Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän arvojen moodit.

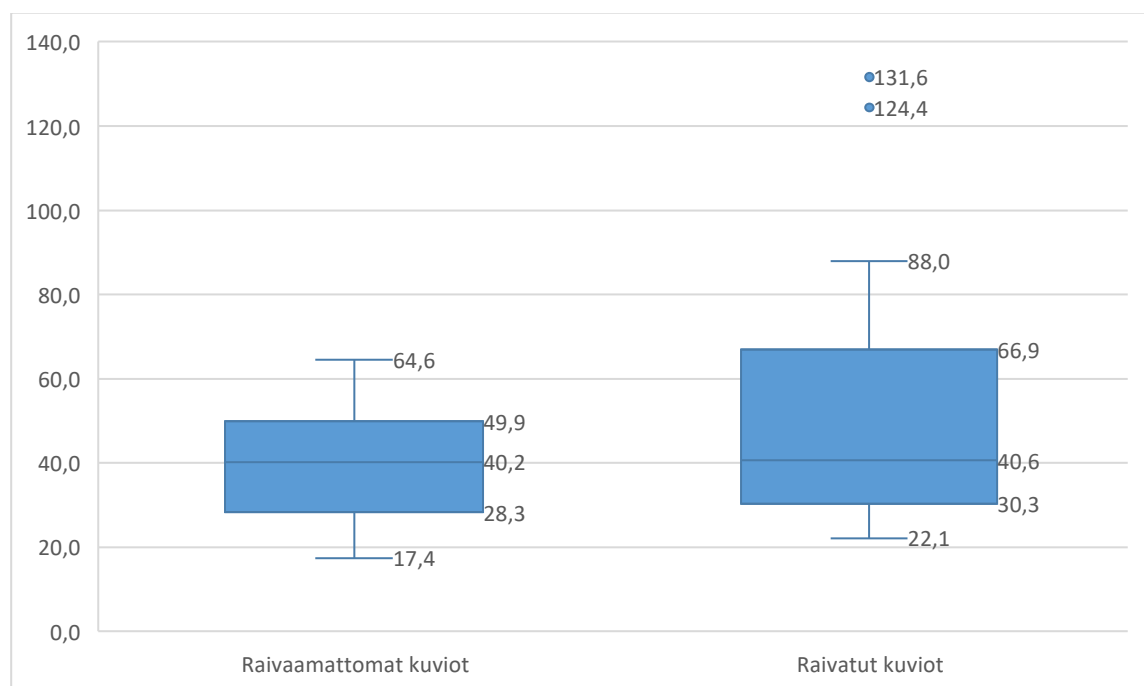
### 7.2.1 Harvennuskuvioiden keskiarvo

Harvennuskuvioiden keskiarvojen eroavaisuutta testattiin Mann-Whitneyn U-testillä. Nollahypoteesiksi asetettiin, ettei ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvoissa ole merkitsevää eroa. Nollahypoteesi jää voimaan p-arvon ollessa 0,082 (taulukko 9). Näkemän keskiarvot eivät siis eroa toisistaan ennakkoraivatuilla ja ennakkoraivaamattomilla harvennuskuvioilla.

Taulukko 9. Harvennuskuvioiden näkemän keskiarvotestaus.

Nollahypoteesi	Testi	p-arvo	Tulos
Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvot eivät eroa toisistaan	Mann-Whitney U	0,082	Nollahypoteesi jää voimaan

Harvennuskuvioiden näkemän keskiarvot antoivat mielenkiintoisen tuloksen. Kuvio 8 havaitaan, että ennakkoraivaatuilla kuvioilla näkemän keskiarvo on hie- man suurempi kuin ennakkoraivaamattomilla kuvioilla. Oletuksena pidettiin kui- tenkin sitä, että pieni näkemän keskiarvo kuvaisi ennakkoraivaustarvetta. Ennakkoraivatut ja ennakkoraivaamattomat kuviot jakautuivat kuitenkin melko samoihin näkemän keskiarvoihin. Kynnysarvoa oli mahdotonta löytää visuaali- sesti ja siksi myös kynnysarvon avulla tehtävä ennakkoraivaustarvetulkinta jäi te- kemättä.

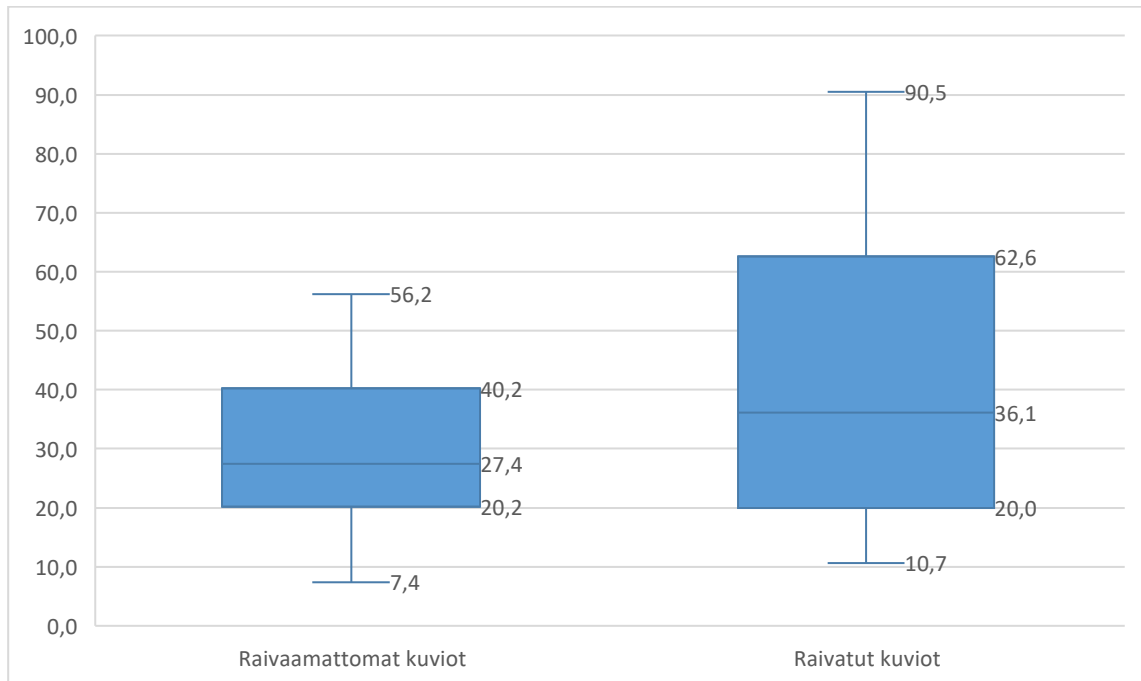


Kuvio 8. Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskiarvot.

### 7.2.2 Harvennuskuvioiden keskihajonta

Harvennuskuvioiden näkemän keskihajonnat olivat suurempia ennakkoraivaatuilla kuvioilla kuin ennakkoraivaamattomilla kuvioilla (kuvio 9). Kuviot eivät kuitenkaan eronneet toisistaan siten, että olisi voitu löytää kynnysarvo, jolla ennakkoraivaus- päätöksen olisi voinut tehdä ennakkoraivaamisen sekä ennakkoraivaamatta jät-

tämisen osalta. Kuvion näkemän keskihajonnan ollessa yli 56,2 ei ennakkoraivausta ollut tehty tutkimusalueen kuvioilla. Tällä kynnyksarvolla tehtiin ennakkoraivaustarvetulkinta testialueen kuvioille.



Kuvio 9. Ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemän keskihajonnat.

Testialueella oli vain viisi kuviota, joiden keskihajonta oli suurempi kuin 56,2. Kynnyksarvon perusteella tehtiin oma tulkinta kuvioiden ennakkoraivaamisesta (taulukko 10). Kynnyksarvon perusteella tehty ennakkoraivauspäätös onnistui 60 %:lla kuvioista ja epäonnistui 40 %:lla kuvioista verrattuna todellisiin kuvioilla tehtyihin ennakkoraivauksiin. Kynnyksarvolla tehdyn ennakkoraivauspäätöksen tarkkuus ei ollut riittävää luotettavaan ennakkoraivaustarpeen määrittämiseen.

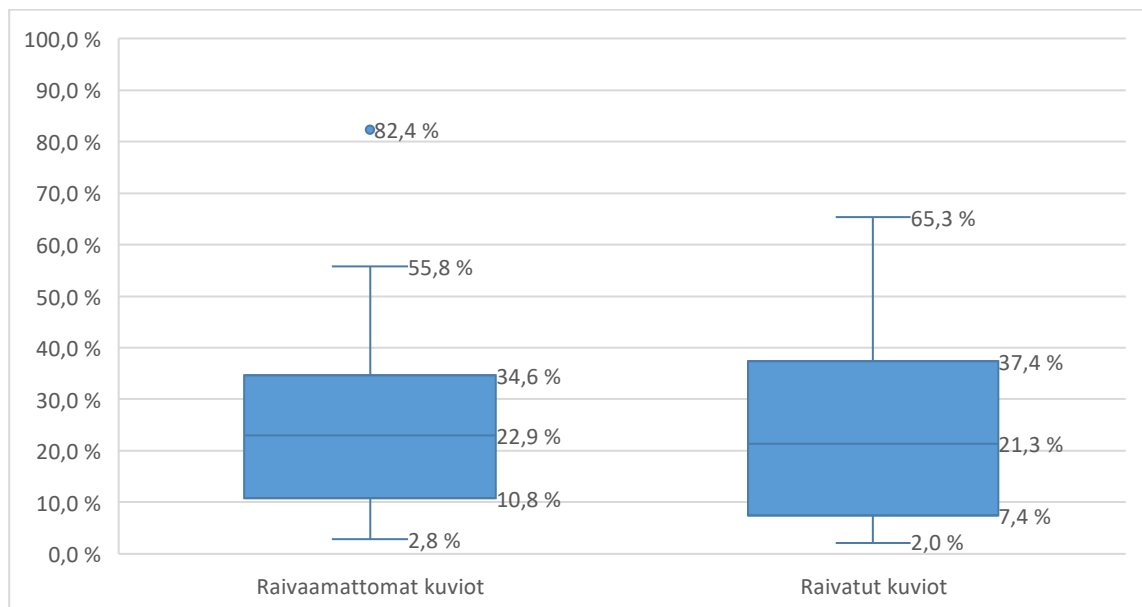
Taulukko 10. Ennakkoraivaustarpeen määrittäminen saadulla kynnyksarvolla verrattuna todellisuudessa toteutettuihin ennakkoraivauksiin.

ID	Keskihajonta	Oma tulkinta	Oikea tieto	Osuuus
285	77,9	Raivataan	Raivaamaton	Väärin
308	62,7	Raivataan	Raivattu	Oikein
326	62,2	Raivataan	Raivattu	Oikein
592	68,5	Raivataan	Raivaamaton	Väärin
605	66,5	Raivataan	Raivattu	Oikein

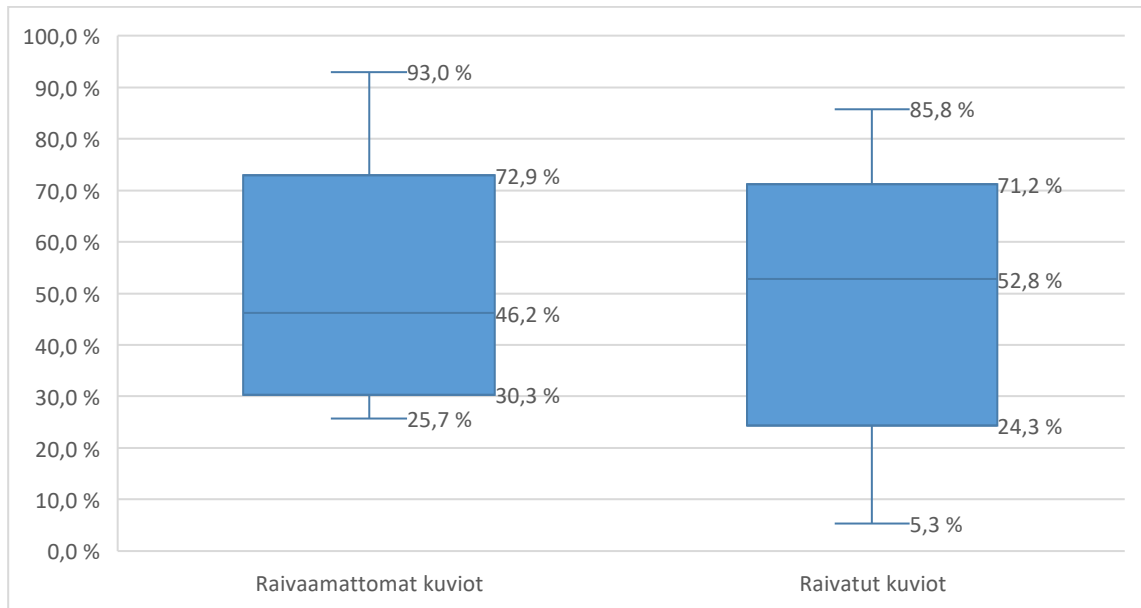
### 7.2.3 Harvennuskuvioiden hilaruutujen osuudet

Harvennuskuvioiden hilaruutujen suhteellisista osuuksista ei voinut määrittää kynnyksarvoa millään lasketulla arvolla. Arvoina käytettiin 20:n, 30:n ja 40:n metrin ja sitä pienempien hilaruutujen näkemän arvojen osuuksia kuvioilla. Kuvioista 10, 11 ja 12 havaitaan, ettei ennakkoraivaatuilla ja ennakkoraivaamattomilla kuvioilla ole juurikaan eroavaisuuksia hilaruutujen suhteellisissa osuuksissa. Hilaruutujen osuuksien mukaan oma ennakkoraivaustarvetulkinta jäi kokonaan tekemättä.

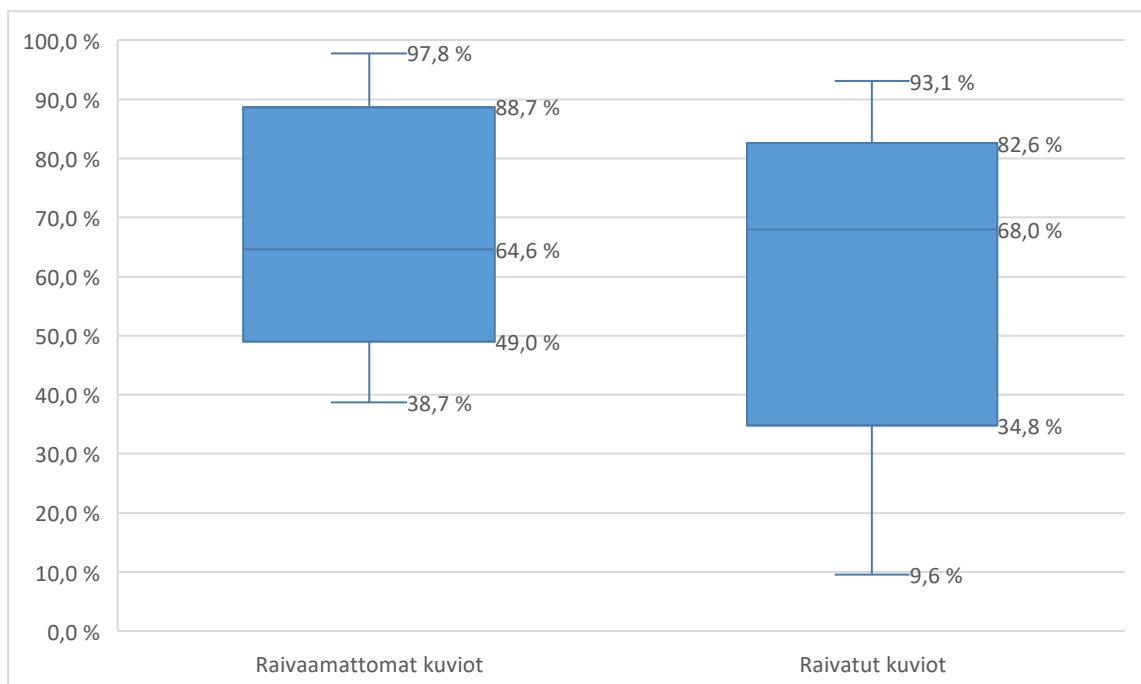
20:n ja 30:n metrin ja niitä pienempien hilaruutujen näkemän arvojen suhteellisten osuuksien osalta eroavuuksia ei ollut juuri ollenkaan ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden välillä. 40:n metrin ja sitä pienempien hilaruutujen näkemän arvojen suhteellisissa osuuksissa oli hieman enemmän eroavuutta ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden välillä. Eroavuutta ei ollut kuitenkaan riittävästi, jotta kynnyksarvoa olisi voinut määrittää.



Kuvio 10. Harvennuskuvioiden hilaruutujen suhteellinen osuus, kun hilaruudun näkemän arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 20 metriä.



Kuvio 11. Harvenuskuvioiden hilaruutujen suhteellinen osuus, kun hilaruudun näkemän arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 30 metriä.



Kuvio 12. Harvenuskuvioiden hilaruutujen suhteellinen osuus, kun hilaruudun näkemän arvo on pienempi tai yhtä suuri kuin 40 metriä.

## 8 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Riippumatta lasketusta tunnusluvusta tai hakkuutavasta, ei ennakkoraivattujen ja ennakkoraivaamattomien kuvioiden näkemät poikenneet toisistaan siten, että kynnyksisarvoilla tehty tulkinta olisi ollut tarkkaa ja kokonaisvaltaista. Oletuksena ennen tutkimuksen tekoa oli, että kuviot jakautuisivat laskettavien tunnuslukujen mukaan erilleen, ja että tunnuslukujen välimaastoon olisi jäänyt epäselvä ehkä-raivataan alue. Näin ei kuitenkaan käynyt, vaan tulokset olivat kokonaisuudessaan hyvin vaihtelevia. Kaikista tunnusluvuista ei voitu löytää kynnyksisarvoa ja siksi kynnyksisarvoilla tehty tulkinta jäi odotettua vähäisemmäksi.

Saatujen kynnyksisarvojen mukaan tehty tulkinta jäi vaillinaiseksi, koska tulkintaa pystyi tekemään vain ennakkoraivaamatta jättämisen tai ennakkoraivaamisen osalta. Yhdelläkään lasketulla tunnusluvulla ei saatu sellaista kynnyksisarvoa, jolla tulkintaa olisi voinut tehdä molempien vaihtoehtojen osalta. Siksi tulkinta ei ollut kovinkaan kattavaa.

Ensiharvennuskuvioilla omaa ennakkoraivaustarvetulkintaa voitiin tehdä keskiarvon sekä 30:n ja 40:n metrin tai niitä pienempien hilaruutujen näkemän arvojen suhteellisten osuuksien mukaan kuvioilla. Näiden tunnuslukujen kynnyksisarvoilla tehty tulkinta osui oikein noin 57 %:lla kuvioista. Täytyy kuitenkin huomata, että tulkintaa voitiin tehdä vain ennakkoraivaamatta jättämisen osalta. Kun tämän seikan ottaa huomioon ei tulkinta ole riittävän tarkkaa, jotta sen avulla voitaisiin luotettavasti määrittää ennakkoraivaustarve ilman maastokäyntiä.

Valmiisiin moodiluokkiin jaetut ensiharvennuskuviot antoivat nekin suhteellisen epätarkkoja tuloksia. Moodiluokassa yksi, jossa kuvioiden kuuluisi olla ennakkoraivauksen tarpeessa ei tällä aineistolla raivattuja kuvioita ollut kuin 34 %. Moodiluokka kolme oli tarkkuudeltaan huomattavasti parempi. Moodiluokassa kolme pitäisi olla kuvioita, jotka eivät tarvitse ennakkoraivausta. Moodiluokan kolme kuvioista 81 % oli ennakkoraivaamattomia. Tätä tulosta voi kuitenkin osaltaan selittää ennakkoraivaamattomien kuvioiden huomattavasti suurempi lukumäärä.

Moodiluokan kaksi tuloksiin ei voinut ottaa kantaa, koska luokka kuvaa mahdollisesti ennakkoraivauksen tarpeessa olevia kuvioita.

Harvennuskuvioilla omaa tulkintaa ennakkoraivaustarpeesta pystyttiin tekemään vain kuvioiden näkemän arvojen keskihajonnan suhteen. Tämänkin tulkinta jäi kuitenkin hyvin vaillinaiseksi, koska tulkintaa voitiin tehdä vain ennakkoraivaamisen osalta. Ennakkoraivaamatta jättämisen suhteen tulkintaa ei pystynyt tekemään. Keskihajonnan mukaan tehdyllä tulkinalla osui oikein 60 %:lla kuvioista. Kuvioita, joille tulkinta voitiin tehdä, oli kuitenkin vain viisi kappaletta, ja siksi tulos ei anna kovinkaan laajaa informaatiota tulkinnan todellisesta tarkkuudesta. Kuvioiden näkemän keskiarvon suhteen ei harvennuskuvioilla löydetty kynnsarvoa, jota tukee myös tehty tilastollinen testaus.

Harvennuskuvioiden moodiluokkien tulokset olivat hyvin samansuuntaiset kuin ensiharvennuskuvioillakin. Moodiluokassa kolme päästiin parhaimpaan, yli 90 %:n tarkkuuteen. Aineisto sisälsi kuitenkin huomattavasti enemmän ennakkoraivaamattomia kuvioita ja voidaan olettaa sen vaikuttavan moodiluokan kolme tuloksiin positiivisesti. Moodiluokassa yksi tarkkuus jäi alle 15 %:iin. Moodiluokkien epätarkkuuden syynä voi olla se, että moodiluokat on luotu avohakkuukuvioiden näkemän perusteella. Moodin suhteen ei voitu kuitenkaan löytää kynnsarvoa ennakkoraivaustarpeen määrittämistä varten.

Moodiluokkien tarkkuutta on tutkittu aikaisemmin maastotutkimuksella, jonka tutkimustulokset ovat päinvastaisia verrattuna nyt tehtyyn tutkimukseen. Tehdyssä maastotutkimuksessa moodiluokka yksi oli moodiluokista tarkin. Moodiluokassa yksi kuvioista 87 % oli ennakkoraivattuja, kun taas moodiluokassa kolme kuvioista ennakkoraivaamattomia oli 59 %. Tehdyssä maastotutkimuksessa ennakkoraivauskartan näkemän arvoja hyödynnettiin ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä maastokäynnin yhteydessä. Maastotutkimuksen toteutustapa on siis ollut täysin erilainen verrattuna tähän tutkimukseen. (UPM-Kymmene Oyj 2019.) Maastotutkimuksessa moodiluokka yksi oli siis tarkin moodiluokka, kun taas tässä tutkimuksessa moodiluokka kolme oli huomattavasti moodiluokkaa yksi tarkempi. Moodiluokkien tarkkuus ei ole siis yhtenevää tehtyjen tutkimuksien välillä.

Tässä tutkimuksessa käytetyn aineiston perusteella ennakkoraivauskarttaan ei voi luottaa sokeasti ja maastokäynti on edelleen tarpeellista tehdä. Tutkimuksessa laskettiin monenlaisia tunnuslukuja, mutta mikään niistä ei kuvannut ennakkoraivaustarvetta riittävän tarkasti. Pohdinta osiossa käydään vielä läpi mahdollisia syitä siihen, miksi ennakkoraivauskartta ei toiminut käytetyllä aineistolla odotetulla tavalla.

## **9 Pohdinta**

Lähtökohta tälle opinnäytetyölle oli pyrkiä löytämään sellaisia tunnuslukuja näkemän arvoista kuvioilla, jotka kuvaisivat mahdollisimman hyvin ennakkoraivaustarvetta. Laskentojen edetessä kuitenkin ilmeni, etteivät näkemän arvoista lasketut tunnusluvut kertoneetkaan kovin hyvin kuvioiden ennakkoraivaustarpeesta. Syitä näille epätarkoille tuloksille voi olla useita.

### **9.1 Tuloksiin vaikuttavat seikat**

Aineiston sisältämien kuvioiden ennakkoraivauspäätöksen on tehnyt alueella toiminut toimihenkilö. Eri toimihenkilöiden välillä voi mahdollisesti olla erilaisia tulokintoja ennakkoraivaustarpeesta. Joillakin kuvioilla ennakkoraivaus on voitu tehdä turhaan tai vastaavasti joillakin kuvioilla tarpeellinen ennakkoraivaus on voinut jäädä toteuttamatta. Mahdollista on sekin, että ennakkoraivaukset olivat määritetty oikein, mutta asia on otettava kuitenkin huomioon mahdollisena vaikuttavana tekijänä. Asiaa ei ollut enää mahdollista selvittääkään, koska kuviot on ennakkoraivattu ja todennäköisesti myös hakattu. Aika ei olisi myöskään riittänyt laajoihin maastokäynteihin pitkän välimatkan vuoksi.

Alikasvoksen sijoittuminen kuvioilla voi osaltaan myös selittää heikkoja tuloksia. Ennakkoraivauskartasta ei nimittäin käy ilmi, miten alikasvos sijoittuu kuviolla. Kaikkein haittaavin alikasvos on tyvellä kasvava alikasvos, joka vaikeuttaa moton

kouran toimintaa ja aiheuttaa epätarkkuutta puun läpimitan mittauksessa. Hakkuualueen välialueilla kasvava alikasvos ei aiheuta vastaavia ongelmia, mutta haittaa näkyvyyttä etenkin kesäisin. Välialueilla kasvava alikasvos ei siis välttämättä haittaa työskentelyä yhtä paljon kuin tyvellä kasvava alikasvos, joten ennakkoraivaus voi jäädä helpommin toteuttamatta. Tämän asian vaikutus on todennäköisesti suhteellisen pieni, mutta mahdollinen.

Myös metsikön rakenteella voi olla osansa saatuihin tuloksiin. Esimerkiksi nuorissa tiheissä kuusikoissa, joissa oksat jatkuvat liki tyvelle asti, näkyvyys voi olla todella heikkoa ennakkoraivauskartasta katsottuna. Tämä johtuu todella peitteisestä latvustosta, joka haittaa näkyvyyttä, ja näin ollen ennakkoraivauskartasta voidaan olettaa kuvion olevan ennakkoraivaustarpeessa. Kuitenkaan näin ei ole, koska tiheän metsikön sisällä ei valo-olosuhteet anna kummoisia edellytyksiä alikasvoksen syntymiselle.

Hovi (2011, 65-66) toteaa pro gradu-tutkielmassaan, että aluepohjaisista laserpiirteistä alikasvoksen runkoluku ja keskipituus voitiin tunnistaa kohtalaisella tarkkuudella, mutta tarkkaan kuvaukseen ei pystytty. Alikasvoksen tunnistamisen tarkkuuden vaikuttavana tekijänä hän esittää vallitsevan latvuskerraston tiheyden vaihtelun. Pro gradussa ei käsitellä maastossa nähtävää etäisyyttä, mutta alikasvoksen tunnistamisen tarkkuus vaikuttaa kuitenkin maastossa nähtävän etäisyyden ennustamiseen.

Metsikkökuvioiden sisällä on yleensä jonkinlaista vaihtelua, vaikka ne usein ovatkin mahdollisimman homogeenisia. Vaihtelua voi olla alikasvoksen määrässä kuvioiden eri kohdissa. Tässä tutkimuksessa käsiteltiin kokonaisia kuvioita, eikä kuvioiden sisäistä vaihtelua otettu huomioon. Varsinkin isoilla kuvioilla, jokainen kuvion kohta ei välttämättä vaadi ennakkoraivausta. Tällä asialla voi olla suurikin merkitys tuloksiin, kun tarkastellaan esimerkiksi kuvioiden näkemän keskiarvoja. Kun ennakkoraivauskartan toimintaa tutkitaan tulevaisuudessa lisää, on kuviot syytä jakaa vielä pienempiin osiin. Ennakkoraivauskartan käytön kannalta tulokset kuvioittaisen tulkinnan epätarkkuudesta ovat kuitenkin hyödyllisiä, vaikeivat ne olleetkaan odotetun kaltaisia.

Laserkeilauksen ajankohta voi myös vaikuttaa maastossa nähtävän etäisyyden ennustamisen tarkkuuteen. Laserkeilaukset suoritetaan kevät- ja kesäkauden aikana, jolloin lehtipuiden lehdet voivat olla vasta aluillaan tai jo täysikasvuisia. Kesällä laserkeilatun aineiston avulla tehty näkemän ennustaminen voi poiketa alkukevään laserkeilausaineistolla tehtyyn näkyvyyden ennustamiseen. Tässä tutkimuksessa käytetyn ennakkoraivauskartan laserkeilaukset on tehty touko-kesäkuussa. Näkemän ennustamisessa on voinut olla siis vaihtelua johtuen keilausajan eriaikaisuudesta. Täyttä varmuutta asian vaikutuksesta tutkimustuloksiin ei kuitenkaan ole.

## **9.2 Jatkotutkimustarve ja tulevaisuus**

Tulevaisuudessa ennakkoraivauskartan toimivuutta olisi syytä tutkia laajemmalla maastotutkimuksella. Ennakkoraivaustarve olisi hyvä määrittää maastossa esimerkiksi valmiiksi laaditun ennakkoraivaustarpeen mittausohjeen mukaisesti ja vertailla päätöksiä ennakkoraivauskartan näkemän arvoihin. Mittausohjeella ennakkoraivaustarpeen saisi määritettyä siten, ettei päätöksentekijöiden ennakkoraivaustarpeen määrittämisessä olisi tulkintaeroja. Maastotyön ansiosta saataisiin myös tarkkaa tietoa kuvioiden sisäisestä vaihtelusta haittaavan alikasvoksen osalta.

Tulevaisuus tuo varmasti lisää tarkkuutta ennakkoraivauskartan ja muidenkin tukimateriaalien toimintaan uuden tiheämmän pistepilven ansiosta. Tiheämmällä pistepilvellä kohteiden piirteiden hahmottaminen helpottuu ja näin ollen myös vaikuttaa tuotettujen sovellutuksien tarkkuuteen ja toimivuuteen. Haasteena voi kuitenkin olla joillekin toimijoille uuden laserkeilausaineiston hinta ja saatavuus. Tarkka aineisto ei nimittäin ole yleisessä jaossa, vaan tulevaisuudessakin kansalaisten käytössä on vanhaa aineistoa vastaava pistetiheys. Alan toimijoilla ja kehittäjillä on kuitenkin todennäköisesti mahdollisuus päästä käsiksi uuteen tarkempaan laserkeilausaineistoon, ja sen siivittämänä metsätalouden päätöksenteon tukimateriaalit kehittyvät todennäköisesti yhä tarkemmiksi.

Tämä opinnäytetyö on ajankohtainen ja tarpeellinen ennakkoraivauskartan kehityksen ja käyttöönoton kannalta. Vaikka tulokset eivät olleetkaan odotettuja, tutkimuksen ansiosta saatiin silti hyödyllistä tietoa ennakkoraivauskartan soveltuvuudesta käytännön työhön. Tuloksien pohjalta on nyt hyvä alkaa etsimään mahdollisia syitä toimimattomuudelle ja kehittää karttaa parempaan suuntaan.

## Lähteet

- Hokajärvi, T., Jylhä, L., Lehesvirta, T., Lehtiniemi, T., Linden, H., Pigg, J., Ågren, P., Raivio, S., Soimasuo, J., Strandström, M., Virkkala, R. & Väisänen, R. 2002. Metsänkäsittely ja linnusto. Metsätehon opas.
- Holopainen, M., Hyyppä, J. & Vastaranta, M. 2013. Laserkeilaus metsävarojen hallinnassa. Helsingin yliopiston metsätieteiden laitoksen julkaisuja 5.
- Hovi, A. 2011. Alikasvoksen mittaus ja kartoitus laserkeilauksella. Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Pro gradu-tutkielma.  
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201507211822>. 19.5.2020.
- Hyyppä, J., Hyyppä, H., Yu, X., Kaartinen, H., Kukko, A. & Holopainen, M. 2009. Forest inventory using small-footprint airborne LiDAR.
- Immonen, K., Nissinen, S., Roininen, K., Taipalus, M., Gustafsson, M., Strandström, M., Säteri, L. & Örn, J. 2001. Hakkuukonetyön ennakkoraivaus. Metsätehon opas.
- Jyväskylän yliopisto. 2020. Luento 7. Hypoteesien testaus.  
[http://users.jyu.fi/~tatima/TER/Luento7\(ht\).pdf](http://users.jyu.fi/~tatima/TER/Luento7(ht).pdf). 27.4.2020.
- Karppinen, S. 2019. 6 kysymystä ennakkoraivauksesta. Metsälehti.  
<https://www.metsalehti.fi/artikkelit/6-kysymysta-ennakkoraivauksesta/#51386280>. 20.4.2020.
- Koppa. 2015a. Kokonaistutkimus, otanta ja harkinnanvarainennäyte.  
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/aineistonhankintamenetelmat/kokonaistutkimus-otanta-ja-harkinnanvarainen-naeyte>. 11.1.2020.
- Koppa. 2015b. Määrällinen tutkimus.  
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/maarallinen-tutkimus>. 11.1.2020.
- KvantiMOTV. 2003. Otos ja otantamenetelmät.  
<https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/otos/otantamenetelmat.html>. 27.4.2020.
- Kärhä K. 2015. Alikasvoksen ennakkoraivaus ja ensiharvennuspuun korjuu. TTS:n tiedote, Metsätyö, -energia ja yrittäjyys 1/2015 (781).
- Luonnonvarakeskus. 2020a. Tilastotietokanta.  
[https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_\\_04%20Metsa\\_\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_\\_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/07\\_Hakkuupinta-alat\\_mk.px/table/tableViewLayout1/?rxid=bd8a0e7e-f25c-49ff-a906-6d53b9d29da7](https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__02%20Rakenne%20ja%20tuotanto__12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/07_Hakkuupinta-alat_mk.px/table/tableViewLayout1/?rxid=bd8a0e7e-f25c-49ff-a906-6d53b9d29da7). 20.4.2020.
- Luonnonvarakeskus. 2020b. Tilastotietokanta.  
[https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE\\_\\_04%20Metsa\\_\\_02%20Rakenne%20ja%20tuotanto\\_\\_12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/05\\_Metsanhoito-ja-metsanparannustyot.px/table/tableViewLayout1/?rxid=bd8a0e7e-f25c-49ff-a906-6d53b9d29da7](https://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__02%20Rakenne%20ja%20tuotanto__12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/05_Metsanhoito-ja-metsanparannustyot.px/table/tableViewLayout1/?rxid=bd8a0e7e-f25c-49ff-a906-6d53b9d29da7). 17.3.2020.
- Maanmittauslaitos. 2019a. Laserkeilausaineistoa ja ilmakuvia päivitetään jatkossa tiheämmin.  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/laserkeilausaineistoja-ja-ilmakuvia-paivitetaan-jatkossa-tiheammin>. 7.1.2020.

- Maanmittauslaitos. 2019b. Kansalliset laserkeilaus- ja ilmakuvausohjelmien.  
<https://docplayer.fi/139471721-Kansalliset-laserkeilaus-ja-ilmakuvausohjelmat.html>. 7.1.2020.
- Maanmittauslaitos. 2020a. Korkeusmallit.  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>. 18.5.2020.
- Maanmittauslaitos. 2020b. Maastotiedon ylläpito.  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/maastotiedonkeruu>. 7.1.2020.
- Maanmittauslaitos. 2020c. Laserkeilausaineisto.  
<https://www.maanmittauslaitos.fi/kartat-ja-paikkatieto/asiantuntivalle-kayttajalle/tuotekuvaukset/laserkeilausaineisto>. 7.1.2020.
- Moilanen, M. & Saksa, T. 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa, Varjosta valoon.
- Oikari, M., Kärhä, K., Palander, T., Pajuoja, H. & Ovaskainen, H. 2008. Puunkorjuun tehostaminen nuorissa metsissä. Metsätehon katsaus nro 36.
- Puumalainen, T. 2020. Arbonaut Oy. Ennakkoraivauskartta. [arttu.hirvonen@edu.karelia.fi](mailto:arttu.hirvonen@edu.karelia.fi). 22.4.2020.
- Taanila, A. 2013. Mann-Whitney U-testi.  
<https://tilastoapu.wordpress.com/2012/03/08/mann-whitney-u-testi/>. 16.4.2020.
- Tilastokeskus. 2020a. Johdatus tilastotieteeseen.  
[https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu\\_v2.xql?page\\_type=sisalto&course\\_id=tkoulu\\_tilaj&lesson\\_id=3&subject\\_id=1](https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?page_type=sisalto&course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=3&subject_id=1). 15.5.2020.
- Tilastokeskus. 2020b. Tilastojen ABC.  
[https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu\\_v2.xql?course\\_id=tkoulu\\_tilaj&lesson\\_id=4&subject\\_id=5&page\\_type=sisalto](https://tilastokoulu.stat.fi/verkkokoulu_v2.xql?course_id=tkoulu_tilaj&lesson_id=4&subject_id=5&page_type=sisalto). 15.5.2020.
- Tokola, T., Hyppänen, H., Miina, S., Vesa, L. & Anttila, P. 1998. Metsän kaukokartoitus. Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta.
- Torppa, K. 2019. Arbonaut Oy. Skype keskustelu 16.12.2019.
- Utter, J., 2020. Tutkimus- ja kehityspäällikkö. UPM-Kymmene Oyj. Skype-keskustelu. 9.1.2020.
- UPM-Kymmene Oyj. 2019. Näkyvyyskarttojen vertailua tehtyihin raivauksiin. Käsikirjoitus.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset-METSÄNHOITO. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisu.