TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KORJUUJÄLJEN OMAVALVONNAN TEHOSTAMINEN PUUNKORJUUYRITYKSESSÄ

Juha Saarivuori

Opinnäytetyö
Marraskuu 2018
Metsätalouden koulutus

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutus

SAARIVUORI JUHA:
Korjuujäljen omavalvonnan tehostaminen puunkorjuuyrityksessä

Opinnäytetyö 59 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Marraskuu 2018

Puun käyttö ja sen myötä puunkorjuu on lisääntynyt Suomessa viime vuosina paljon. Jotta puun käytön lisäys voidaan toteuttaa kestävällä tavalla, tulee myös valvontaa tehostaa. Tämän opinnäytetyön tilaajana toimi pieni puunkorjuuyritys ja tarkoituksena oli selvittää harvennushakkuiden korjuujäljen omavalvonnan merkitystä puunkorjuussa, sekä miten omavalvontaprosessia voitaisiin kehittää palvelemaan paremmin tilaajayrityksen tarpeita. Tavoitteena oli löytää uudenlainen toimintatapa korjuujäljen omavalvontaan ja hyödyntää sitä parhaalla mahdollisella tavalla.

Teoriaosuudessa selvitettiin korjuujäljen käsitteitä, mittaustapoja sekä merkitystä suomalaisessa puunkorjuussa. Markkinoilla olevia ratkaisuja korjuujäljen mittaukseen tutkittiin ja tuloksena päädyttiin Trestima -metsänmittaussovelluksen testaamiseen korjuujäljen omavalvonnassa. Trestima -sovellus soveltuu hyvin korjuujäljen mittaukseen ja on tällä hetkellä markkinoiden ainoa konenäköä hyväksikäyttävä sovellus metsänmittauksessa. Trestiman ja erilaisten mittavälineiden yhdistelmiä testattiin käytännössä ja niiden toimivuutta arvioitiin. Prosessista pyrittiin tekemään mahdollisimman tehokas yrityksen tarpeisiin.

Yhdistämällä laseretäisyysmittarin ja Trestiman -metsänmittaussovelluksen, omavalvontaprosessista saatiin helppokäyttöinen, luotettava ja toimiva ratkaisu yrityksen korjuujäljen omavalvontaan. Mittaus on nopeaa ja tarvittavat tiedot saadaan kerättyä helposti. Trestimalla pystytään myös muodostamaan kokonaisvaltainen raportti korjuujäljestä, joka on helposti jaettavissa ja sitä pystytään käyttämään hyödyksi kuljettajien koulutuksessa. Mitatusta aineistosta oli heti havaittavissa pieniä kehitystarpeita. Korjuujäljen omavalvonnan ansiosta kuljettajille pystytään antamaan kuviokohtainen palaute jokaiselta työmaalta, ja näin kuljettajat pystyvät helposti havaitsemaan ongelmakohdat ja sitä kautta korjuujäljen laatua saadaan nostettua.

Asiasanat: puunkorjuu, korjuujälki, harvennushakkuu, omavalvonta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

SAARIVUORI JUHA:
Optimising Harvesting Quality Self-control in A Harvesting Company

Bachelor's thesis 59 pages, appendices 6 pages
November 2018

In recent years, the use of wood has been increasing in the Finnish forest industry and therefore also wood harvesting has increased. In order to achieve more sustainable growth, supervision must also be reinforced. The client of this thesis was a small wood harvesting company and the purpose of this study was to discover the significance of harvesting quality self-control in thinning operations and how the process of self-control could be improved to better serve the needs of the company. The aim was to find a new way of performing the self-control measurements and make the most advantage of it for the company.

The concept, different measuring methods and the importance of harvesting quality were discussed in the theoretical part. Solutions available on the market were studied and as a result, Trestima forest inventory system was chosen for testing. Trestima system fits well for harverst quality measurements and it is the only application on the market that uses machine vision in forest inventory. The combination of Trestima application and different measuring tools were tested in practice and the functionality was estimated. The aim was to make the process as efficient as possible.

Combining a digital laser measure and Trestima forest inventory system, the self-control process became an easy, reliable and functional method for the company's needs. Measuring is fast and all the needed data can be collected easily. With Trestima you can also form a comprehensive report which can be easily shared and used in training of the operators. Needs for small adjustments was detected right away. Because of self-control on harvesting operations, feedback can be given on each working site and so the operator can detect the problems better and therefore the quality of harvesting operations can be increased.

Key words: wood harvesting, harvesting quality, thinning, self-control

SISÄLLYS

1 JOHDANTO 6
2 PUUNKORJUU 8
2.1 Puunkorjuu Suomessa 8
2.2 Hakkuutavat 9
2.3 Puunkorjuun suunnittelu 10
3 KORJUUJÄLKI 11
3.1 Määritelmä 11
3.2 Mitattavat tunnukset ja kriteerit 11
3.3 Perinteiset mittaustavat 13
3.4 Korjuujäljen mittaus 14
3.4.1 Puustotunnusten mittaus 15
3.4.2 Maastotunnusten mittaus 15
4 KORJUUJÄLKEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT 17
4.1 Korjuun suunnittelu 17
4.2 Korjuukalusto 18
4.3 Kuljettaja 19
4.4 Muut asiat 19
5 KORJUUJÄLJEN OMAVALVONTA 21
5.1 Korjuujäljen merkitys 21
5.2 Laadunhallinta 22
5.3 Muut laatuun vaikuttavat tekijät 23
5.4 Korjuun kannattavuus 24
6 KORJUUYRITYS 26
6.1 Yritys 26
6.2 Toimintamalli 26
6.3 Epäkohdat 27
7 MAASTOMITTAUKSIEN TEHOSTAMISEN KEINOT 28
7.1 Maastotallennin 28
7.1.1 Trestima Oy 28
7.1.2 Wuudis Solutions Oy 29
7.1.3 Masser Oy 29
7.2 Mittavälineet 30
8 AINEISTO JA UUSI MENETELMÄ 31
8.1 Menetelmän valinta 31
8.2 Kohteiden valinta 31
8.3 Menetelmän kuvaus 32

8.4 Menetelmän testaus ... 33
8.4.1 Kuvio 1 ... 33
8.4.2 Kuvio 2 ... 34
8.4.3 Kuvio 3 ... 35
8.4.4 Kuvio 4 ... 37
8.4.5 Kuvio 5 ... 38
9 TULOKSET ... 39
9.1 Puusto ... 39
9.2 Virhemarginaali ... 41
9.3 Tuottavuus ... 42
9.4 Puustovauriot ... 43
10 JOHTOPÄÄTÖKSET ... 44
10.1 Menetelmä ... 44
10.2 Palautejärjestelmä ... 45
10.3 Kustannukset ... 45
11 POHDINTA ... 47
LÄHTEET ... 50
LIITTEET ... 54
Liite 1. Kuvion 1 kartta. ... 54
Liite 2. Kuvion 2 kartta. ... 55
Liite 3. Kuvion 3 kartta. ... 56
Liite 4. Kuvion 4 kartta. ... 57
Liite 5. Kuvion 5 kartta. ... 58
Liite 6. Maastomittausohje ... 59

1 JOHDANTO

Suomi on metsäpinta-alaltaan Euroopan metsäisin maa suhteutettuna kokonaispinta-alaan ja sen vuoksi metsäteollisuuden rooli näyttelee todella suurta osaa Suomen kansantaloudessa. Suomen maapinta-ala on 30,4 miljoonaa hehtaaria ja siitä noin 86 % on metsätalousmaata. Vuotuinen puuston kasvu on noin 107 miljoonaa kuutiometriä ja vuonna 2017 metsää hakattiin noin 63 miljoonaa kuutiometriä metsäteollisuuden tarpeisiin. (Luonnonvarakeskus 2018a; Maa- ja metsätalousministeriö 2018) Luonnonvarakeskuksen (2018b) uusimman arvion mukaan hakkuumääriä voitaisiin nostaa kestävästi 84,3 miljoonaan kuutiometriin vuodessa. Tämä onkin herättänyt paljon mielenkiintoa uusia investointeja kohtaan Suomen metsäteollisuudessa. Hyvänä esimerkkinä vuoden 2017 elokuussa käynnistettiin Metsä Groupin biotuotetehdas Äänekoskella, joka oli Suomen metsäteollisuuden historian suurin investointi, arvoltaan noin 1,2 miljardia euroa. (Metsä Fibre)

Suomessa eniten metsää omistavat yksityiset metsänomistajat. Tämä luo haasteita metsäteollisuuden puunhankintaan, sillä tilakoot ovat suhteellisen pieniä. Puukauppoja pitää tehdä lukumäärällisesti paljon ja puu myös korjataan suhteellisen pieniltä leimikoilta. Suomen puunkorjuusta 99,98 % tehtiin koneellisesti vuonna 2017 (Strandström 2018). Kehitys ja uudet innovaatiot ovat tehostaneet puunkorjuuta paljon viime vuosina ja yksikkökustannuksia onkin saatu alemmas. Korjuujäljen laatu on kuitenkin vaihdellut paljon viime vuosina. Suomen metsäkeskus suorittaa metsälain valvonnan yhteydessä korjuujäljen tarkastuksia ympäri maata ja tulokset julkaistaan vuosittain julkisesti. Puunkäytön sekä korjuumäärien lisääntyessä on myös korjuujälkeen kiinnitettävä erityistä huomiota.

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii pieni puunkorjuuyritys, joka haluaa tehostaa korjuujäljen omavalvontaa. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää korjuujäljen laadulle asetetut tavoitteet, avata yrityksen nykyistä toimintatapaa korjuujäljen omavalvonnassa, etsiä vaihtoehtoisia työkaluja ja toimintamalleja työn suorittamiseen sekä soveltaa uusia toimintamalleja käytäntöön. Tavoitteena on, että korjuujäljen omavalvonnan kokonaisprosessia yrityksessä saadaan tehostettua, nopeutettua sekä luotettavuutta ja kirjanpitoa parannettua. Tavoite olisi myös, että korjuujäljen tuloksista saataisiin annettua palaute kuljettajalle ja sitä kautta käytettyä hyväksi kuljettajien koulutuksessa. Sen myötä myös tuottavuus saattaisi parantua.

Työssä käydään läpi puunkorjuun perusasioita, joita tulee tietää korjuujäljen käsitteen ymmärtämiseen. Pääkohtana käydään läpi korjuujäljen kriteeristöä, sekä erilaisia mittaustapoja korjuujäljen mittaukseen. Sitten paneudutaan enemmän omavalvontaan ja sen merkitykseen yrityksessä ja erityisesti puunkorjuuyrityksessä. Lopuksi etsitään erilaisia vaihtoehtoja korjuujäljen omavalvonnan toteuttamiseen, sekä testataan menetelmiä käytännössä. Opinnäytetyössä ei siis kiinnitetä suurta huomiota itse korjuujäljen laatuun, vaan pääpaino on prosessin kehittämisessä.

2 PUUNKORJUU

2.1 Puunkorjuu Suomessa

Puunkorjuulla tarkoitetaan karkeasti puiden kaatoa, karsimista, katkomista sekä korjattavan puun kuljetusta käsittelyalueelta varastopaikalle. Puut voidaan kaataa, katkoa ja karsia joko manuaalisesti tai koneellisesti. (Suomen metsäyhdistys 2018) Koko maailman puunkorjuusta noin 50 % tehdään koneellisesti, mutta Suomessa koneellisen puunkorjuun osuus kaikesta puunkorjuusta vuonna 2017 oli 99,98 %. Koneellistuminen on syrjäyttänyt metsurihakkuut lähes täysin 2000 -luvun aikana Suomessa. Vielä 1990 -luvulla metsurihakkuiden osuus oli Suomessakin prosentuaalisesti koneellista hakkuuta suurempi. Strandström 2018; Ponsse 2018c) Koneellisessa hakkuussa puut kaadetaan, karsitaan ja katkotaan hakkuukoneella (Kuva 1), jota kuljettaa henkilö. Hakkuukoneesta voidaan käyttää myös nimitystä harvesteri, moto tai monitoimikone. Puiden metsäkuljetus varastopaikalle suoritetaan ajokoneella, jota kuljettaa myös henkilö. Ajokoneen muita nimityksiä ovat kuormatraktori ja metsätraktori. Hakkuukoneen ja ajokoneen muodostamaa kokonaisuutta kutsutaan korjuuketjuksi. (Suomen Metsäyhdistys 2018)

Kuva 1. Ponsse Scorpion hakkuukone (Ponsse 2018a)

Maailmassa on olemassa kaksi vallitsevaa puunkorjuumenetelmää: kokorunkomenetelmä ja tavaralajimenetelmä. Maailman mittakaavassa kokorunkomenetelmä on suositumpi, mutta Suomessa käytetään tavaralajimenetelmää, lukuun ottamatta muutamia poikkeuksia. Tavaralajimenetelmästä käytetäänkin usein myös nimitystä pohjoismainen menetelmä. Tavaralajimenetelmässä puut katkotaan jo metsässä käyttötarkoituksesta riippuen

oikeisiin mittoihin ja jaotellaan varastolle tavaralajeittain eri kasoihin. Tyypillisiä tavaralajeja ovat esimerkiksi kuusitukki ja mäntykuitu. Tukkipuut menevät yleensä sahatavaraksi ja kuitupuut sellu- ja paperiteollisuuteen. (Ponsse 2018c)

2.2 Hakkuutavat

Metsänkasvatuksella tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla metsänomistaja pyrkii ohjaamaan metsän kehitystä ja sitä kautta hyötymään metsänsä tuotosta. Metsälaki, erilaiset asetukset sekä hyvän metsänhoidon suositukset antavat reunaehdot suomalaiselle metsänkasvatukselle. Uusin metsälaki astui voimaan 1.1.2014 ja sen uudistukset antoivat metsänomistajille enemmän vapauksia kasvattaa metsää. Esimerkiksi eri-ikäisrakenteinen metsänkasvatus sallittiin. (Metsäkeskus 2014) Erilaisilla metsänhoidon toimenpiteillä voidaan ohjata puuston kehitystä laadun, määrän ja taloudellisen arvon kannalta haluttuun suuntaan. Useimpien metsänomistajien tavoite on taloudellinen hyöty, mutta myös muut arvot vaikuttavat metsän käsittelyyn. (Hynynen, Valkonen & Rantala 2005, 10)

Erilaisia hakkuutapoja on monia, ja ne sijoittuvat metsän kiertoajan eri kohtiin. Koneellisena puunkorjuuna suoritetaan yleensä ensiharvennus, myöhemmät harvennukset sekä uudistushakkuu. Noin 60 % Suomessa korjattavasta puumäärästä tulee uudistushakkuista ja loput 40 % harvennushakkuista (Strandström 2018). Harvennushakkuista voidaan käyttää myös nimitystä kasvatushakkuu. Metsälain (2014) määritelmän mukaan kasvatushakkuu on puunkorjuuta, joka tehdään alueelle jäljelle jäävän puuston kasvattamista edistävällä tavalla. Kasvatushakkuut ovat erittäin tärkeä osa metsän kiertokulkua ja siksi metsälaissa onkin määritelty melko tarkasti, miten puunkorjuu tulee toteuttaa.

Ensiharvennus on yleensä ensimmäinen koneellisesti suoritettava kasvatushakkuu metsän kiertoajan aikana. Sen ajankohtaan vaikuttavat paljon puulaji, metsikön tiheys sekä kasvupaikka, mutta keskimäärin se tehdään puuston ollessa 11 – 15 metrin pituista. Ensiharvennuksen tavoitteena on vapauttaa kasvutilaa laadullisesti parhaimmille puuyksilöille poistamalla huonolaatuiset puuyksilöt. Varttuneet kasvatusmetsät ovat metsänhoidollisesti melko joustavia, eli toimenpiteiden ajankohdilla ei ole niin suurta merkitystä, kuin esimerkiksi ensiharvennuksilla. Siksi myöhemmät harvennukset tehdäänkin hyvin vaihtelevasti metsänomistajan tavoitteista riippuen. Harvennusten ajankohtaan on kuitenkin olemassa suositukset ja niihin vaikuttavat myös samat asiat, kuin ensiharvennuksiinkin,

eli puulaji, tiheys ja kasvupaikka. Yleensä metsän kiertoajan aikana tehdään 2 – 3 kasvatushakkuuta. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2018b)

2.3 Puunkorjuun suunnittelu

Puunkorjuun voidaan ajatella olevan vain osa suurempaa kokonaisuutta eli puukauppaa. Puukaupassa metsänomistaja myy omaisuuttaan toiselle, eli se on oikeudellinen tapahtuma ja siihen liittyy erilaisia vastuita. (Liinakoski & Kontinen 2014, 10) Suomessa puukauppaa tekevät monet eri tahot, mutta valtaosan tekevät kolme suurinta metsäyhtiötä, eli Metsä Group, Stora Enso ja UPM. Yleisin kauppamuoto on pystykauppa, jossa myyjä luovuttaa hakkuuoikeuden rajatulle metsikkökuviolle ja tehdään niin sanottu metsänhakkuusopimus. Tämä siis tarkoittaa, että puun ostava organisaatio hoitaa puiden hakkuun ja metsäkuljetuksen sovitun ajan kuluessa. (Metsäteho 2005, 13)

Puukaupan yhteydessä suunnitellaan niin sanottu leimikko. Leimikolla tarkoitetaan hakkuuseen rajattua metsikön aluetta. Leimikosta voidaan myös käyttää nimitystä puunmyyntisuunnitelma. (Rantala 2011, 137) Leimikon suunnittelussa määritellään monta puunkorjuuseen vaikuttavaa asiaa ja niillä on myös suuri vaikutus puun hintaan. Tällaisia ovat esimerkiksi hakkuutapa, korjuukelpoisuus ja varastopaikan sijainti. (Metsäteho 2005) Nykyisin yhä useammat yhtiöt ovat siirtäneet enemmän vastuuta puunkorjuuyrityksille koskien puunkorjuun suunnittelua. Tällöin voidaan puhua laajavastuisesta yrityksestä. Alun perin laajavastuisen yrittäjän toimenkuva tarkoitti normaalin puunkorjuun lisäksi ehkä työmaasuunnittelua ja korjuuohjelmien laadintaa, mutta nykyään toimenkuva saattaa olla jopa niin laaja, että puunhankintaorganisaatio vain tilaa yritykseltä haluamansa määrät puutavaralajeittain ja sitten korjuuyritys hoitaa kaiken lopun suunnittelusta puunkorjuun toteutukseen. (Stora Enso 2018a) Laajavastuisella yrittäjyydellä pyritään tehostamaan toimintaa ja vähentämään kustannuksia, mutta siinä myös leimikon suunnittelun merkitys korostuu. Puukaupasta saatavien tietojen, kuten puumääräarvion tulee olla mahdollisimman tarkka, jotta toimintaa pystytään suunnittelemaan tarpeeksi hyvin. Suuret muuttujat matkan varrella aiheuttavat voimakkaita reagointeja tilanteisiin ja näin lisäävät kustannuksia.

3 KORJUUJÄLKI

3.1 Määritelmä

Korjuujäljellä tarkoitetaan metsikön puuston ja maaperän tilaa puunkorjuun jälkeen. Korjuujälkeä arvioidaan käytännössä vain harvennushakkuiden osalta. Hyvä korjuujälki edistää puuston oikeaa kehitystä, kun keskitetään puuntuotoskyky terveisiin ja hyvälaatuisiin puuyksilöihin. Näin myös varmistetaan harvennuksesta saatavien hyötyjen toteutuminen ja metsän suotuisa jatkokehitys. Lähtökohtaisesti korjuujäljen on täytettävä metsälain vaatimukset, mutta myös hyvän metsänhoidon suositukset sekä metsäsertifioinnin kriteerit tulee ottaa huomioon. Korjuujäljessä kuitenkin tulisi pyrkiä aina moitteettomuuteen. (Metsäteho 2003; Poikela 2008, 407)

Harvennushakkuissa korjuujälkeä arvioidaan yleisesti seuraavien kriteerien perusteella:

- harvennusvoimakkuus
- puuvalinta
- puustovauriot
- ajouraleveys
- ajouraväli
- ajourapainaumat (Metsäteho 2003)

3.2 Mitattavat tunnukset ja kriteerit

Metsälakiin perustuva valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä (2013) määrittelee lakisääteiset reunaehdot korjuujäljelle. Suomen Metsäkeskus valvoo metsälain noudattamista tekemällä korjuujäljen tarkastuksia vuosittain ympäri maata harvennushakkuukohteille. Nämä tarkastustulokset ovat julkisia ja kaikkien saatavilla. Tuloksia hyödynnetään muun muassa neuvonnassa ja menetelmien kehittämisessä. Tarkastuksissa mitattavat korjuujälkitunnukset ovat:

- runkoluku (r/ha)
- pohjapinta-ala (m2/ha)
- poistuma (r/ha)
- runkovauriot (kpl/ha)
- juurivauriot (kpl/ha)

- keskiläpimitta, ppa painotettu (cm)
- valtapituus (m)
- ajouraväli (m)
- ajouraleveys (m)
- ajourapainumat (m)

Lisäksi turvemailla:

- ojalinjaleveys (m) (Suomen metsäkeskus 2018a)

Puustovauriot jaotellaan runko- ja juurivaurioihin. Juurenniskan yläpuolella olevat ovat runkovaurioita ja juurenniskan alapuolella, mutta enintään yhden metrin päässä rungon keskipisteestä olevat ovat juurivaurioita. Vaurioiksi ei lasketa alle 2 cm paksujen juurten vaurioita. Puu katsotaan vaurioituneeksi, jos puuaines on rikkoontunut, tai kuori on vaurioitunut nilakerrokseen saakka rinnankorkeuden alapuolelta yhteensä 12 cm^2 laajuudelta, tai kuori on vaurioitunut koko rungon alueelta yhteensä 30 cm^2 laajuudelta. Maastovaurioksi lasketaan kivennäinmaalla 10 cm syvyinen ja turvemaalla 20 cm syvyinen painauma, jonka pituus on yli metri. Riittää, että toinen ajouran raiteista on vaurioitunut. Raiteella tarkoitetaan metsäkoneen pyörän kulkemaa osaa ajourassa. (Suomen metsäkeskus 2017)

Metsäkeskuksen korjuujäljen arvostelusapluunassa (taulukko 1) on määritelty, mitkä tulokset ovat suositusten mukaisia, mitkä ovat lainmukaisia ja mitkä ovat virheellisiä.

Arvosana	Pohjapinta-ala/runkoluku	Ajoura-väli	Ajoura-leveys	Puusto-vauriot	Maasto-vauriot	Kokonais-arvostelu
Suositusten mukainen	Harvennusmallin mukainen	19 m tai enemmän	Alle 46 dm (turvemailla tai erittäin kivisillä mailla alle 51 dm)	Enintään 5 %	Enintään 5 % (turvemailla enitään 10 %)	Kaikki tunnukset hyviä
Lain-mukainen	Suositustiheyden ylärajaa tiheämpi tai alarajaa harvempi **Suositustiheyttä** 2m^2 tiheämpi tai suositustiheyttä harvempi lakirajaan asti	Alle 19 m	Yli 46 dm (turvemailla yli 51 dm tai erittäin kivisillä mailla)	Yli 5 %	Yli 5 % (turvemailla yli 10 %)	Huomautetta-vaa yhdessä tai useammassa tunnuksessa
Virheellinen	Alle lakirajan	-	-	Yli 15 %	Yli 20 % (turvemailla 25 %)	Puuston tiheys alle lakirajan tai puusto-vaurioita liikaa tai maasto-vaurioita liikaa

Taulukko 1. Korjuujäljen arvostelusapluuna (Suomen metsäkeskus 2017)

Näiden kriteerien lisäksi puunhankintaorganisaatioilla saattaa olla joitain omia vaatimuksia korjuujäljen suhteen. Ne eivät kuitenkaan voi olla ristiriidassa lakien tai asetusten kanssa. Yleensä organisaatioiden vaatimukset ovat hieman suosituksia tiukempia. Lisäksi siellä saatetaan tarkastella korjuujäljen sijasta työnjälkeä, joka on korjuujälkeä laajempi käsite. Siihen sisältyvät myös työsuorituksen laatua koskevat näkökohdat, joilla ei ole yhtä selvää yhteyttä puuston tulevaan kehitykseen. Näitä voivat olla esimerkiksi:

- latvaan jäänyt ainespuu
- kantoon jäänyt ainespuu
- metsään jäänyt puutavara
- puutavaran laatu
- varastopaikkajärjestelyt (Metsäteho 2003)

3.3 Perinteiset mittaustavat

Puu voidaan jakaa useaan eri osaan. Usein noudatetaan jakoa: runko, kanto, juuristo, oksat sekä lehdet tai neulaset. Runko on kaupallisesti arvokkain puun osa, ja siksi myös pääasiallisin mittauksen kohde. Metsänmittauksessa osan tunnuksista pystytään mittaamaan suoraan puusta, mutta osa pitää johtaa tai laskea muiden tunnusten avulla. Puuston kasvuun liittyviä tunnuksia ei pystytä mittaamaan, joten ne täytyy joko arvioida tai ennustaa. Sellaisia puustotunnuksia, joita pystytään mittaamaan suoraan puusta, kutsutaan alkuperäisiksi tunnuksiksi, ja tunnuksia, joita joudutaan johtamaan muista tunnuksista, kutsutaan johdetuiksi tunnuksiksi. Korjuujäljen laatua mitattaessa keskitytään lähinnä alkuperäisiin tunnuksiin. Puustotunnusten lisäksi korjuujäljessä mitataan myös muita tunnuksia, kuten ajouraleveyttä. (Kangas, Päivinen, Holopainen & Maltamo 2011.)

Puun läpimitan mittaukseen tarkoitettuja välineitä ovat kaulain, mittasakset ja tallmeter. Tallmeter on perinteisen mittanauhan näköinen väline, mutta nauhan toisella puolella on toinen asteikko, joka kertoo puun läpimitan, kun mitataan puun ympärysmitta. Nykyään myös monet elektroniset mittasakset ja -laitteet ovat yleistyneet. Niillä pystytään monesti myös rekisteröimään mittaustulos suoraan laitteen muistiin, joten erilliseltä lomakkeille kirjaukselta vältytään. Korjuujälkeä mitattaessa tarvittava tieto on puuston keskiläpimitta. Tämä saadaan mittaamalla puiden rinnankorkeusläpimitta 1,3 metrin korkeudelta rungosta. (Kangas ym. 2011, 32-34; Suomen metsäkeskus 2017)

Puun pituus voidaan mitata joko mittatangon tai hypsometrin eli korkeusmittarin avulla. Mittatankoa käytetään lähinnä taimikoissa. Modernit hypsometrit ovat käytännössä kulmanmittauslaitteita, mutta kulmalukemat saadaan hypsometrin asteikolta suoraan metreinä. Niiden toiminta perustuu yleensä mittaajan etäisyyteen puusta eli tähtäysetäisyyteen, sekä kulmien tangentteihin. Mittaamalla kulmalukema puun tyveltä ja puun latvasta, saadaan laskettua puun pituus. Pituuden mittaustarkoitukseen on myös kehitetty paljon laseretäisyysmittareita, joissa on niin sanottu kolmen pisteen mittaustoiminto. Pituus mitataan kuitenkin samalla periaatteella, mutta laite kertoo puun pituuden suoraan. Puun pituutta mitattaessa tulee ottaa myös huomioon puun kallistuneisuus. Jos puu on kallistunut mittaajasta poispäin, saadaan liian pieni mittaustulos. (Kangas ym 2011, 36-38; Nikon 2018)

3.4 Korjuujäljen mittaus

Korjuujälkeä voidaan mitata eri menetelmillä. Suomen metsäkeskus käyttää metsälain valvonnassa Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ohjeistukseen perustuvaa mittaustapaa. Toinen hyvin yleinen mittaustapa on Metsätehon on-line otanta, joka on tarkoitettu työnaikaiseen laadunseurantaan. Näiden lisäksi eri organisaatioilla saattaa olla vielä hieman erilaisia mittaustapoja. Minna Kuoppala (2015) vertaili opinnäytetyössään Tapion ja Metsätehon mittaustapoja keskenään, ja tuloksena Tapion mittaustapa antoi huomattavasti vähemmän runko- ja juuristovaurioita kuin Metsätehon on-line mittaustapa. Tässä työssä mittaukset suoritetaan kuitenkin soveltaen Tapion / Metsäkeskuksen ohjeistusta, sillä se on tarkoitettu työn jälkeiseen inventointiin ja sitä myös tultaisiin käyttämään mahdollisessa virallisessa tarkastusmittauksessa.

Korjuujäljen mittaus aloitetaan koealojen sijoittelulla. Metsäkeskuksen ohjeen mukaan koealat sijoitetaan kuvion pisimmän halkaisijan muodostamalle linjalle. Linjan tulisi kuitenkin mahdollisuuksien mukaan kulkea pääosin ajourien vastaisesti. Koealaväli määräytyy kuvion koon mukaan. Koealoja tulisi ottaa noin 10 kappaletta, ja jos niiden jälkeen ei saada varmuutta vaatimusten täyttymisestä, mittausta jatketaan. Silloin otetuista koealoista arvotaan yksi, jonka kautta vedetään toinen koealalinja kohtisuoraan ensimmäistä linjaa vasten. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes ollaan varmoja mittaustuloksesta. Lisäksi koealat tulisi aina sijoittaa edustaviin kohtiin, mutta esimerkiksi metsäojat ja ojalinjat kuuluvat kuvioon, joten koealan osuessa niiden päälle, ei sitä tulisi siirtää tai jättää mit-

taamatta. Koeala voidaan kuitenkin jättää mittaamatta, jos se osuus vähintään aarin kokoiseen luontaiseen aukkoon, tai jos koealan puuston kokorakenne eroaa huomattavasti kuvion keskimääräisestä kokorakenteesta. Jos koealan reuna menee kuviorajan ulkopuolelle, tulisi sitä siirtää mahdollisimman lyhyt matka niin, että koeala mahtuu kokonaisuudessaan kuviolle. Ympyräkoealan säde on 5,64 metriä, mutta ensiharvennuksissa voi myös käyttää 3,99 metrin sädettä. Kaikki kuvion koealat tulee kuitenkin mitata samalla säteellä. (Suomen metsäkeskus 2017)

3.4.1 Puustotunnusten mittaus

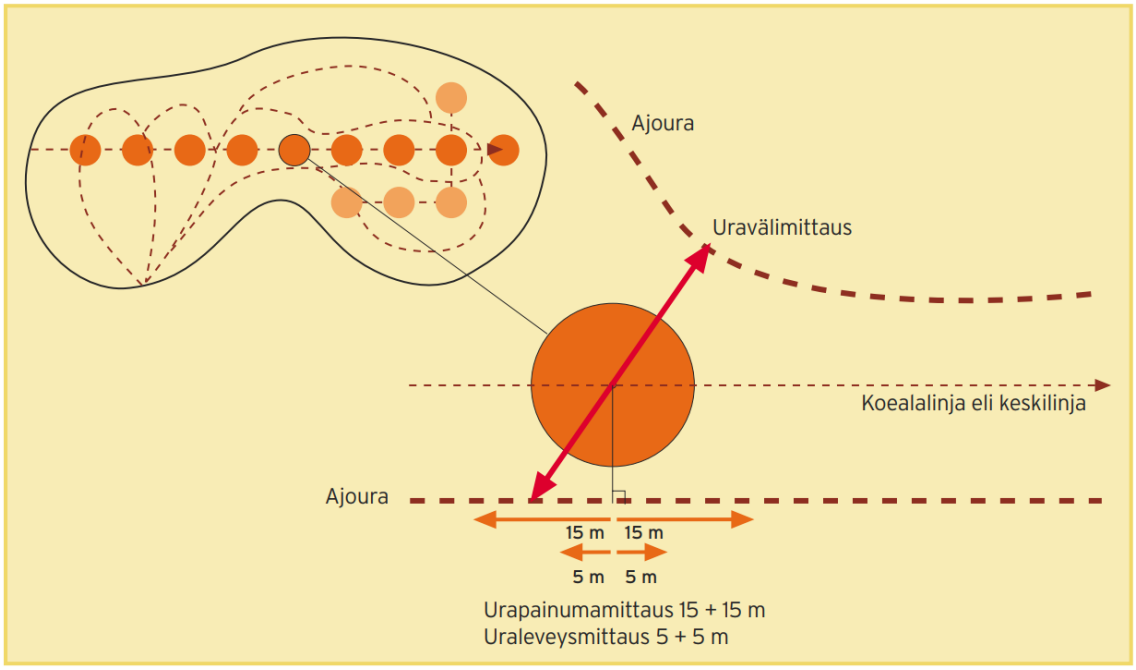
Koealalta mitataan puuston runkoluku, poistuma, valtapituus, keskiläpimitta ja puustovauriot. Pohjapinta-ala määritetään yleensä runkoluvun perusteella. Runkoluku saadaan laskemalla ympyräkoealalta läpimitaltaan vähintään 7 cm paksujen puiden lukumäärä. Saatu runkomäärä kerrotaan ympyräkoealan koosta riippuen kertoimella, josta saadaan hehtaarikohtainen runkoluku. 5,64 metrin sädettä käytettäessä kerroin on 100 ja 3,99 metrin sädettä käytettäessä kerroin on 200. Poistuma saadaan laskemalla kaadettujen puiden kannot koealalta ja kertomalla se samalla koealakertoimella. Ensiharvennuksella lasketaan läpimitaltaan yli 3 cm kannot ja myöhemmissä harvennuksissa vain yli 10 cm kannot. Ennakkoraivauksessa kaadettuja puita ei kuitenkaan lasketa. Valtapituus saadaan mittaamalla koealan paksuimman puun pituus. Keskiläpimitta saadaan mittaamalla koealan toiseksi paksuimman ja toiseksi ohuimman puun rinnankorkeusläpimitta ja laskemalla niiden keskiarvo. Puustovauriot saadaan laskemalla kaikki vaurioituneet rungot. Vaurioprosentti saadaan suhteuttamalla vaurioituneiden runkojen lukumäärä kokonaisrunkolukuun. Lopuksi kaikkien koealojen mittausten tuloksista lasketaan keskiarvo jokaiselle tunnukselle, jotta saadaan kuviokohtainen mittaustulos. (Suomen metsäkeskus 2017)

3.4.2 Maastotunnusten mittaus

Ajouralla tarkoitetaan metsään avattua kulkuväylää, jota käyttävät sekä hakkuukone työskentelyyn, että ajokone puutavaran kuljetukseen. Ajourien välissä saattaa kulkea hakkuuuria, joita vain hakkuukone käyttää työskentelyssä, mutta ne ovat selvästi kapeampia ajouriin verrattuna, eikä niitä siksi oteta huomioon. Ajouravälillä tarkoitetaan kahden rinnakkaisen ajouran keskilinjojen etäisyyttä toisistaan. Ajouraleveydellä taas tarkoitetaan ajouran molempien puolien lähimpien reunapuiden kohtisuoraa yhteenlaskettua etäi-

syyttä ajouran keskelle. Ajouraleveys ja ajouraväli mitataan ainoastaan sellaisilta kohteilta, joissa jäävän puuston runkoluku on yli 600 runkoa hehtaarilla tai sen olisi pitänyt harvennusmallien mukaan olla. Lisäksi ajouraväliä mitattaessa kuvion tulisi olla pinta-alaltaan vähintään yksi hehtaari ja kuvion muodon tulisi mahdollistaa normaalin ajouraverkoston tekemisen. Muodosta johtuvia kapeikkokohtia ei oteta huomioon ajouravälin mittauksessa. Ajourapainaumat kuitenkin mitataan aina. (Suomen metsäkeskus 2017)

Ajouraväli mitataan kuvan 2 osoittamalla tavalla, eli mitataan koealan molemmin puolin kulkevien ajourien lyhin etäisyys toisistaan koealan keskipisteen kautta raiteiden keskeltä keskelle mitattuna. Ajouraleveyden mittauskohdan lähtöpiste on koealan keskipistettä lähimpänä sijaitsevan ajouran raiteiden keskikohta. Siitä kohdasta valitaan kumpaankin suuntaan enintään viiden metrin päässä sijaitsevat ajouraa lähimpänä olevat puut oikealta ja vasemmalta puolelta, mitataan niiden etäisuus ajouran raiteiden keskikohtaan ja lasketaan tulokset yhteen (kuva 2). Ajourapainaumien mittausten lähtöpisteenä käytetään samaa pistettä, mutta tarkasteluväli on 15 metriä molempiin suuntiin viiden metrin sijaan. Kyseiseltä 30 metrin osuudelta ajourapainaumat mitataan metrin tarkkuudella. Lopuksi jälleen kaikkien koealojen mittausten tuloksista lasketaan keskiarvot, jotta saadaan kuviokohtaiset mittaustulokset. (Suomen metsäkeskus 2017)



Kuva 2. Mittauspisteiden sijoitteluperiaate (Metsäteho Oy 2003)

4 KORJUUJÄLKEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

4.1 Korjuun suunnittelu

Korjuujälkeä pystytään varmistamaan jo ennen puunkorjuun aloitusta, kun suunnitellaan käytettävä korjuukalusto ja korjuuajankohta oikein, sekä suunnitellaan varastopaikka ja ajourat sopiviin kohtiin. Korjuun suunnittelu perustuu puukaupassa saataviin tietoihin ja määritettyihin asioihin. Suunnittelussa tarkistetaan ostovaiheessa selvitetyt asiat ja varmistetaan niiden paikkansapitävyys. Korjuun suunnittelun kannalta on tärkeää, että ostovaiheessa kirjatut tiedot pitävät paikkaansa. (Metsäteho 2003)

Korjuukelpoisuus on yksi tärkeimmistä huomioon otettavista tekijöistä. Yleensä korjuukelpoisuuden määrittämisessä käytetään kolmiportaista luokittelua, jossa leimikot jaetaan talvi-, kesä- ja kelirikkoleimikkoihin. Kesäleimikoita voidaan vielä tarkentaa esimerkiksi kuivan kesän tai sateisen kesän luokituksella. Talvileimikoilla tarkoitetaan kohteita, jotka tulisi korjata aikana, jolloin maa on roudassa. Viimeisen sadan vuoden aikana Suomen keskilämpötila on noussut noin yhden asteen, ja äärimmäiset sääilmiöt ovat muutenkin lisääntyneet maailmassa. Tämän vuoksi roudan aika saattaa olla hyvinkin lyhyt varsinkin Etelä-Suomessa, ja siksi talvileimikoita pyritäänkin korjaamaan mahdollisuuksien mukaan myös kesällä. Monesti kuivana kesänä saattaa olla jopa paremmat korjuuolosuhteet, kuin huonona talvena. Jos talvi on huono eikä maa jäädy kunnolla, maastovaurioiden riski on todella suuri talvileimikolla. Suunnitelmissa on pystyttävä joustamaan ja muuttamaan korjuujärjestystä sääolosuhteiden mukaan. (Rantala 2008)

Nykyisin leimikkotason suunnittelua tehdään yhä enemmän etukäteen leimikon suunnittelijan toimesta sen sijaan, että koneen kuljettaja tekisi suunnittelun koneen jo ollessa leimikolla. Leimikkotason suunnittelulla tarkoitetaan esimerkiksi ajourien ja varastopaikkojen suunnittelua. Maastovaurioiden välttämiseksi ajourat tulisi suunnitella kuvion kantavimpiin maastonkohtiin, ja tämän avuksi Suomen Metsäkeskus on kehittänyt kaikille avoimen korjuukelpoisuuskartan. Se kuvaa maaperän korjuukelpoisuutta, joka on laskettu laserkeilauksen ja maastotietokannan aineistojen avulla. Kartta ei kuitenkaan vielä kata koko Suomea, joten kaikki eivät sitä pääse hyödyntämään. Heikompien maastonkohtien huolellinen havutus hakkuuvaiheessa on hyvä tapa minimoida maastovauriot. Sen lisäksi hakkuukone voi kantavilta maastonkohdilta hakata hakkuutähteet kasoille, jotta

ajokone pystyy tarvittaessa siirtämään ne heikosti kantaville kohdille. Pienialaisiin ongelmakohtiin voidaan rakentaa erilaisia siltoja tai mekaanisia vahvistuksia, jotta maastovaurioilta vältytään. Myös kuormakokoa voidaan tarvittaessa pienentää. (Ovaskainen 2012; Poikela 2008.)

4.2 Korjuukalusto

Valtaosa Suomen puusta korjataan koneellisesti. Jotkin ensiharvennukset ja erikoiskohteet voivat olla perusteltua korjata miestyönä. Oikealla korjuukalustolla tarkoitetaan oikean kokoista sekä oikein varusteltua korjuukalustoa kyseiselle leimikolle. Ensiharvennuksilla korjuukalusto mielletään usein pienemmäksi kuin päätehakkuulla. Ajokoneen koolla on yleensä suurempi vaikutus korjuuvaurioihin, verrattuna hakkuukoneeseen. Pieni ajokone kuorma päällä on monesti painavampi, kuin järeä hakkuukone, joten se kuormittaa maastoa enemmän. Toki koneiden yhteiskuormitus on pienempi, jos molemmat sekä hakkuukone että ajokone ovat pieniä. Maastovaurioiden välttämiseksi käytetään kevyempiä koneita, tai sitten koneiden pintapainetta voidaan vähentää erilaisilla telaratkaisuilla. (Ponsse 2018b; Ponsse 2018c)

Sekä pienissä että järeissä hakkuukoneissa on omat etunsa. Pienellä, noin kymmenen tonnia painavalla hakkuukoneella pystytään liikkumaan todella ketterästi ja kapeillakin paikoilla, mutta niiden puomin ulottuvuus on yleensä vain noin seitsemän metriä (Sampo Rosenlew 2017). Tällöin varsinaisten ajourien lisäksi tulee niiden väliin tehdä hakkuurat, jotta ajouraväli saadaan suositusten mukaiseksi. Raskaammissa, noin 18 tonnia painavissa koneissa taas ulottuma on yleensä noin 11 metriä, joten erillisiä hakkuu-uria ei tarvita (Ponsse 2018b). Pieni ajokone saattaa olla yhtä leveä tai jopa leveämpi, kuin järeäksi luokiteltava hakkuukone. Siksi hakkuukoneen koolla on yleensä vähäisempi vaikutus ajourien leveyteen, kuin ajokoneella. Lisäksi maastonmuodot vaikuttavat enemmän ajokoneen tarvitsemaan leveyteen, sillä pankkojen kärjet sijaitsevat korkealla, ja koneen kallistellessa ne liikkuvat sivuttaissuunnassa paljon, ja vaativat näin enemmän tilaa. Järeät ajokoneet saattavat olla kuormatilaltaan jopa 86 cm leveämpiä pieniin ajokoneisiin verrattuna, joten se yhdistettynä kallistelun aiheuttamaan tilantarpeeseen, ajouraleveys harvennuksella kasvaa herkästi raskaalla ajokoneella yli suositusten. (Ponsse 2018b; Ponsse 2018c)

4.3 Kuljettaja

Koneenkuljettajalla on suuri rooli korjuujäljen laadussa. Ammattitaitoinen, vireä ja motivoitunut kuljettaja pystyy välttämään korjuuvaurioita silloinkin, kun olosuhteet eivät ole parhaimmillaan. Jos joku näistä ominaisuuksista on puutteellinen, todennäkösyys korjuuvaurioiden sattumiseen kasvavat. Työvireyden säilymisestä tulisikin pitää erityisen hyvää huolta. Esimerkiksi viiden minuutin tauot kerran tunnissa tai tavanomaista pidempien työvuorojen välttäminen ovat hyviä keinoja. (Metsäteho 2003)

Kuljettajalla tulisi olla selkeä kuva korjuujäljen laatutavoitteista ja kuinka niihin päästään. Korjuutyön aikana korjuujälkeä tulisi seurata koneenkuljettajan itse suorittamilla koealamittauksilla. Näillä mittauksilla voidaan arvioida laatupoikkeamien syytä ja tehdä tarvittavia korjauksia korjuun edetessä. Jos on havaittavissa poikkeuksellinen riski korjuuvaurioiden syntymiselle, on koneenkuljettajalla velvollisuus keskeyttää hakkuu. Korjuujälkeä saattaa seurata myös urakanantaja tai metsänomistaja omilla mittauksillaan. (Metsäteho 2003)

4.4 Muut asiat

Kuljettajan esteetön näkyvyys työskentelyalueelle on avainasemassa korjuun onnistumisen kannalta. Runsas alikasvos heikentää näkyvyyttä merkittävästi, joten poistettavan puun valinta, apteeraus sekä ajourien suunnittelu vaikeutuu. Oikein ja oikeaan aikaan tehty ennakkoraivaus on oleellinen osa onnistunutta korjuujälkeä. Ennakkoraivauksessa poistetaan korjuuta haittaava alikasvos. Kaadettavien puiden välittömässä läheisyydessä oleva alikasvos saattaa estää harvesteripään vientiä tyvelle, irrottaa teräketjun tai jopa rikkoa sen. Ennakkoraivaus tulisi tehdä jo 1 – 2 vuotta ennen korjuuta, jotta siitä saadaan paras hyöty. Näin raivattu puusto ehtii painua hyvin maahan. Jos raivaus tehdään juuri ennen hakkuuta, jää hyöty usein vähäisemmäksi. Muita tärkeitä näkyvyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi ohjaamon lasien puhtaus, sekä koneen hyvä työvalaistus. Erityisesti syksyllä ja talvella valaistusolot ovat huonot, joten silloin saattaa myös olla aiheellista rytmittää korjuutyötä siten, että vaativat työvaiheet tehdään valoisaan aikaan. (Rantala 2008; Metsäteho 2001)

Myös sääolosuhteilla on suuri merkitys korjuujälkeen. Äärimmäiset sääilmiöt ja sateisuus ovat lisääntyneet viime vuosina Suomessa. Vuonna 2017 runsaat sateet vaikeuttivat puunkorjuuta ja lisäsivät osaltaan maastovaurioita. Etenkin syksy oli tavanomaista sateisempi suuressa osassa maata. Eteläarannikolla sademäärät olivat syksyllä jopa 1,5-kertaiset tavanomaiseen verrattuna. Sateisella säällä laadukkaan korjuujäljen saavuttaminen on huomattavasti haasteellisempaa, mutta hyvällä suunnittelulla ja oikealla korjuukalustolla se on kuitenkin saavutettavissa. (Ilmatieteenlaitos 2018; Suomen metsäkeskus 2018b)

5 KORJUUJÄLJEN OMAVALVONTA

5.1 Korjuujäljen merkitys

Vuonna 2017 Suomen metsäkeskus tarkasti yhteensä 155 harvennushakkuuleimikon korjuujäljen. Korjuujälki arvioitiin hyväksi vain 37 prosentilla kohteista, kun taas vuonna 2016 hyvää oli yli 60 prosenttia. Laskua oli siis runsaasti. Vuonna 2015 tulos sijoittui näiden kahden vuoden väliin, eli tulokset heittelevät melko paljon vuodesta toiseen. (Suomen metsäkeskus 2018b) Metsäkeskuksen tarkastustulokset ovat nousseet viimevuosina yhä enemmän esille ja ylittävät usein uutiskynnyksen valtakunnallisissa medioissa. Korjuutyön laatu vaihtelee leimikoittain huomattavan paljon. Tämän vuoksi korjuujäljen jatkuva valvonta on välttämätöntä. Epäonnistuneet harvennukset saavat julkisuutta ja pelottavat metsänomistajia. (Mielikäinen & Riikilä 1997)

Metsäkeskuksen inventointituloksissa yleensä kerrotaan, minkä organisaation leimikot ovat olleet parhaita korjuujäljeltään, ja minkä organisaation huonoimpia. Sen vuoksi myös eri organisaatiot ovat alkaneet entistä enemmän kiinnittää huomiota korjuujälkeen, ja koneyrityksien korjuujäljen omavalvonta tulee varmasti korostumaan tulevaisuudessa. Esimerkiksi Stora Enso on alkanut kokeilla uudenlaista korjuumenetelmää Suomessa, nimeltään Rätt Metod. Menetelmä perustuu leimikon huolelliseen ennakkosuunnitteluun ja ajourien sijoittamiseen kantavimpiin kohtiin leimikolla, jotta korjuuvaurioilta vältyttäisiin, ja leimikoita pystyttäisiin korjaamaan myös kelirikkoaikaan. (Stora Enso 2018b)

Huono korjuujälki voi johtaa kasvu- ja laatutappioihin sekä niiden kautta sekundäärituhoihin. Kasvutappioita syntyy ajourista, urapainaumista ja puustovaurioista. Laatutappiota syntyy näiden seurauksena lahoutumisesta ja koroutumisesta. Sekundäärituhoilla taas tarkoitetaan hyönteis-, tuuli- ja lumituhoja, joille vaurioiden heikentämän puut altistuvat helposti. Erityisesti sekundäärituhot saattavat aiheuttaa metsänomistajalle huomattavan tulonmenetyksen. Ajouria avattaessa poistetaan monesti puita, jotka normaalisti puuvalinnassa jätettäisiin pystyyn, jotta ajourista ei tulisi turhan mutkittelevia tai kapeita. Osan ajouran vapauttamasta kasvutilasta hyödyntää reunapuusto, mutta osa jää hyödyntämättä. Puuntuotokseen ajourat vaikuttavat pääasiassa vain nuorissa, ensiharvennusmetsiköissä. Myöhemmissä harvennuksissa puusto on jo niin harvaa, että suositusten mukaan tehdyt ajourat eivät vaikuta juurikaan puuntuotokseen. On arvioitu, että ensiharvennusten

yhteydessä avatut neljä metriä leveät ajourat 20 metrin uravälillä aiheuttavat eteläsuomalaisessa kuusikossa noin 15 m^3/ha kasvutappion ennen toista harvennusta. Luonnollisesti jos ajouraleveys kasvaa yhä suuremmaksi, ovat kasvutappiot myös suuremmat. Nykyaikaset koneet vaativat paljon työtilaa ajouran läheisyydessä, joten ajourien reunapuustoa saatetaan joutua harventamaan keskimääräistä enemmän, ja se myös osaltaan lisää kasvutappioita. Näihin asioihin on tärkeää kiinnittää huomiota korjuun aikana. (Kokko & Sirén 1996; Hynynen, Valkonen & Rantala 2005)

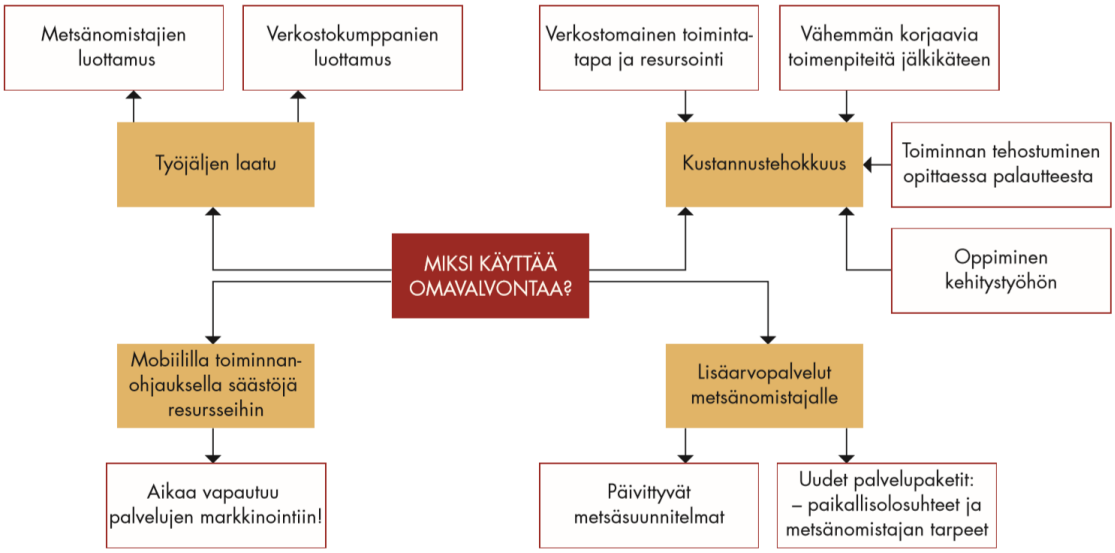
5.2 Laadunhallinta

Yleisesti laadulla ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttymistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Joseph Juranin mukaan laatu on soveltuvuutta käyttötarkoitukseen (fitness for use). ISO9000 -standardin mukaan laatu on se, missä määrin luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimuksen. Laadulla on siis monta erilaista tulkintaa eri tarkastelunäkökulmasta riippuen. Tulevaisuuden laatuyritys on joustava ja nopealiikkeinen. Laatuyrityksen muita tunnusmerkkejä ovat mm. asiakassuuntautuneisuus, toiminnan päämäärätietoisuus, henkilöstön kehittäminen, tuloshakuisuus sekä jatkuva parantaminen. (Lecklin 2006)

Suomen metsäteollisuuden puuhuollossa on tapahtunut merkittäviä muutoksia 1980 –luvulta lähtien. Ensin koneellinen puunkorjuu alkoi korvata metsurit ja 1990 –luvun loppupuolella teknologian kehitys muutti niin hakkuukoneen kuljettajan kuin heidän esimiestenkin työnkuvaa. Hakkuukohteita ei enää käyty fyysisesti näyttämässä kuljettajille, vaan kohteiden tiedot siirtyivät mobiilisti koneeseen. Kuljettajat saivat enemmän päätösvaltaa kohteiden suunnittelusta, toteutuksesta ja työnjäljen laadusta. Laadun valvonta muodostuikin osaksi jokaisen kuljettajan toimenkuvaa. Nykyään puunkorjuuyrityksen näkökulmasta tarkasteltuna korjuujäljen laadulle on annettu selkeät kriteerit. Vaikka kriteereihin päästään, se ei kuitenkaan välttämättä tarkoita asiakkaan tyytyväisyyttä. Asiakastyytyväisyyden ei tulisikaan olla itsetarkoitus, johon pyritään hinnalla millä hyvänsä, vaan yrityksen toiminnan tulee myös olla kannattavaa. Korjuujälki on kuitenkin koneyrityksen käyntikortti ja hyvä korjuujälki on kilpailuetu. (Kankaanhuhta & Saksa 2012; Lecklin 2006)

Yrityksen tulisi huolellisesti miettiä, miksi sen tulee panostaa laatuun. Laatutoiminnalle asetetaan tavoitteeksi mitä halutaan saavuttaa. Tyypillisiä tavoitteita voivat olla esimer-

kiksi asiakastyytyväisyyden ja suorituskyvyn nosto tai yrityksen menestyksen varmistaminen tulevaisuudessa. Koneyritykselle hyvä korjuujäljen laatu on käytännössä elinehto. Kuluttajien laatutietoisuus lisääntyy tarjonnan ja siitä saatavan informaation lisääntyessä. Jossain tapauksissa laadusta ollaan jopa valmiita maksamaan enemmän. (Lecklin 2006; Ilvesniemi 2010)



Kuvio 1. Syitä kehittää omavalvontaa. (Kankaanhuhta & Saksa 2012)

5.3 Muut laatuun vaikuttavat tekijät

Korjuujäljen omavalvonnan tärkeyttä korostaa myös eri tahoilta tuleva ohjeistus puunkorjuun toteutukseen. Erityisesti metsänomistajilla saattaa olla sellaisia erityislaatuisia toiveita korjuun toteutuksen suhteen, jotka ovat ristiriidassa suositusten, sertifioinnin ja joskus jopa lakien kanssa. Lakia tulee aina noudattaa, siitä ei voi joustaa, mutta suositusten rajoja saatetaan joskus joutua koittelemaan, jotta saavutetaan mahdollisimman suuri asiakastyytyväisyys. Tällaisia toiveita ovat esimerkiksi:

- suosituksia tiheämpi metsä
- suosituksia harvempi metsä
- erilaiset puulajisuhteet
- korjuuajankohta

Tällaisilla toiveille saattaa olla yllättävänkin suuri merkitys korjuujäljen laatuun, sekä myös korjuutyön tuottavuuteen. Jos jätetään suosituksia tiheämpi metsä, hakkuun poistuma laskee ja sitä kautta myös yleensä tuottavuus. On tärkeää, että kaikki nämä toiveet

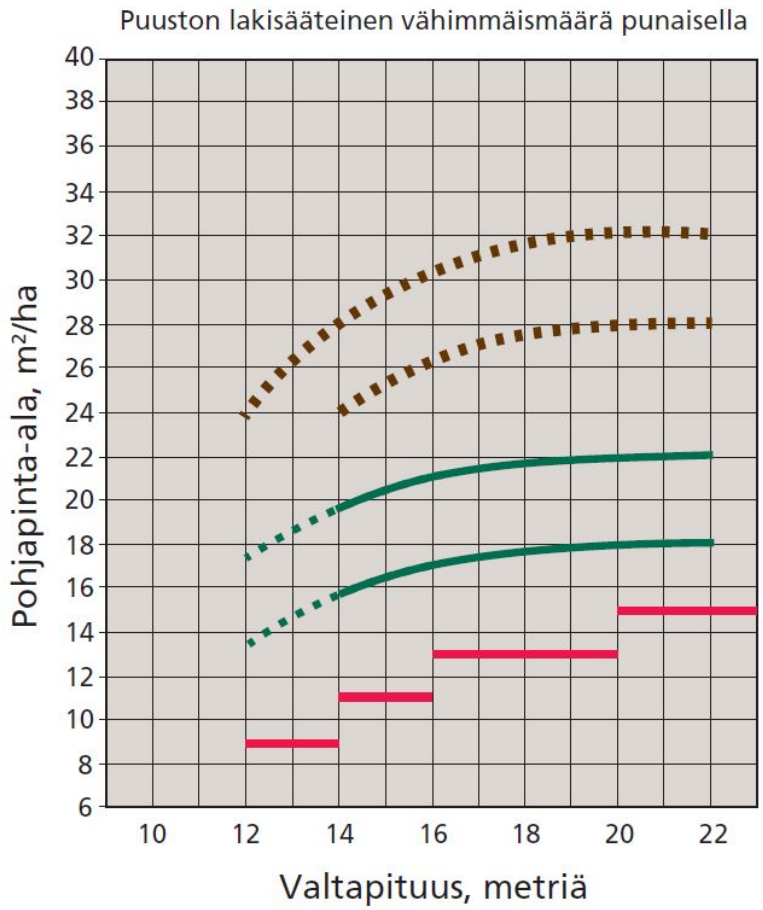
saataisiin kirjattua johonkin ylös, jotta puunkorjuun jälkeen olisi olemassa todiste siitä, ettei yritys ole omasta tahdostaan tehnyt puunkorjuuta suositusten vastaisesti, vaan taustalla on muita tekijöitä. Tällaiset toiveet yleensä nousevat esiin vasta kun kone on aloittamassa työtä, eikä niitä ole kirjattu millään lailla puunkauppakirjaan tai korjuuohjeisiin. (Saarivuori 2018)

5.4 Korjuun kannattavuus

Puunkorjuun hinnoittelussa on yleisesti käytössä kuutiotaksa eli korvaus maksetaan korjatun puumäärän perusteella. Mitä enemmän puuta korjataan, sitä suurempi on puunkorjuuyrityksen liikevaihto. Metsäkoneen kustannukset koostuvat monesta eri tekijästä, joista suurimpia ovat polttoaine- ja palkkakustannukset. (Saarivuori 2018) Siirtokustannukset työmaalta toiselle ovat 6 – 10 % luokkaa korjuun kokonaiskustannuksista (Väätäinen, Asikainen & Sikanen 2006).

Hyvän metsänhoidon suosituksissa kerrotaan suositeltavat harvennusvoimakkuudet harvennusmallien avulla. Harvennuksen voimakkuuteen vaikuttavat maantieteellinen sijainti, puulaji, kasvupaikka, puuston tiheys sekä puuston valtapituus. Suositukset eivät kuitenkaan määrää harvennuksen jälkeistä tiheyttä aivan puun tarkkuudella, sillä se olisi melko hankalaa toteuttaa. Harvennusmalleissa jäävän puuston tiheydelle annetaan yleensä noin 4 m^2/ha haarukka, johon puuston pohjapinta-alan tulee osua. Tämä voi tarkoittaa runkoluvussa jopa 300 kpl/ha, riippuen puuston koosta. Eli koneen kuljettaja voi vaikuttaa itse melko paljon metsikön poistumaan, vaikka toimitaan suositusten puitteissa. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2014)

Kuvassa 3 on esitetty Etelä-Suomalaisen tuoreen kankaan kuusikon ja männikön harvennusmalli. Y-akselilla olevat arvot kuvaavat puuston pohjapinta-alaa ja x-akselilla olevat kuvaavat puuston valtapituutta. Asteikon ylimpänä olevat kaksi ruskeaa katkoviivoilla piirrettyä käyrää kuvaavat suositeltavaa puuston määrää ennen harvennusta. Asteikon puolessa välissä olevat vihreät viivat kuvaavat suositeltua puuston määrää harvennuksen jälkeen. Asteikon alimpana näkyvät punaiset viivat kuvaavat metsälain määrittämiä rajoja puuston määrälle. Jos lakirajat alitetaan, siitä seuraa uudistamisvelvollisuus eli puusto pitää saattaa lain vaatimuksen mukaiseksi tietyn ajan sisällä.



Kuva 3. Tuoreen kankaan kuusikon ja männikön harvennusmalli Etelä-Suomessa (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2014)

Jos ajatellaan esimerkkinä tuoreen kankaan kuusikkoa Etelä-Suomessa, jossa valtapituus on 18 metriä ja lähtötilanteessa pohjapinta-ala on 30 m^2/ha. Keskiläpimitan ollessa 19 cm, runkoluku olisi noin 1100 runkoa hehtaarilla. Puuston keskimääräinen tilavuus olisi 256 litraa. Suositusten mukaan pohjapinta-ala tulisi harvennuksen jälkeen olla 18 – 22 m^2/ha (kuva 3) ja tämä tarkoittaisi runkolukuna 600 – 750 runkoa hehtaarilla. Yhden rungon ollessa 256 litraa, jos harvennus tehdään suositusten ylärajalle, poistuma olisi 89,6 m^3/ha. Jos taas metsikkö harvennettaisiin suositusten alarajalle, poistuma olisikin 128 m^3/ha. Kokonaisrunkomäärä muutettuna koneen työpisteen runkomääräksi eli puoliympyräksi, jonka säde on 11 metriä, saadaan vaihteluväliksi 12 – 14 runkoa. Koneenkuljettajan päätöksellä ottaa kaksi runkoa työpisteeltä enemmän voidaan siis saada tässä tilanteessa jopa 42% enemmän poistumaa suositusten puitteissa. Totta kai poistumaan vaikuttavat monet muutkin tekijät, mutta tämä vain karkeana esimerkkinä. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2014)

6 KORJUUYRITYS

6.1 Yritys

Työn tilaaja on Etelä-Suomessa toimiva vuonna 2013 perustettu pieni puunkorjuuyritys. Yritys on suhteellisen nuori toimija alalla, mutta henkilöstöllä on kuitenkin pitkä kokemus puunkorjuusta. Yritys on pystynyt kasvattamaan liiketoimintaa jatkuvasti, ja osa syy siihen on varmasti modernit toimintatavat sekä kyky uudistua. Nykyään yritys harjoittaa puunkorjuuta kahdella korjuuketjulla, eli kahdella hakkuukoneella ja kahdella ajokoneella. Koneet käyvät pääosin kahdessa vuorossa ja yrityksessä onkin yhteensä 7 vakituista kuljettajaa yrittäjien lisäksi. Yrityksen tärkeimpiä asiakkaita ovat kaksi suurta puunhankintaorganisaatiota, mutta satunnaisia töitä tehdään myös muille.

Yritys on oma-aloitteisesti huomannut tarpeen kehittää korjuujäljen omavalvontaa parempaan suuntaan, jotta siitä saataisiin kaikki hyöty irti. Nykyisessä tilanteessa ei pystytä tarpeeksi luotettavasti varmistumaan korjuujäljen laadusta. Tarkoituksena olisi kehittää toimintatapa, jossa saataisiin kokonaisvaltainen raportti korjuujäljestä korjuun päätyttyä, ja että sen muodostaminen olisi mahdollisimman helppoa ja tehokasta.

6.2 Toimintamalli

Nykyisessä tilanteessa omavalvontaa tehdään melko kevyesti. Molemmat urakanantajat vaativat jonkinlaista omavalvontaa joka kohteelta, mutta niitä ei kuitenkaan pysty juurikaan hyödyntämään omassa toiminnassa ja kehityksessä. Koneenkuljettajat suorittavat jatkuvasti omavalvontaa korjuun aikana, jotta oman työn laadusta pystytään varmistumaan, mutta kuljettajien toimintaa ei oikeastaan valvota. Lisäksi riippuen urakanantajasta, leimikolta otetaan joitain koealoja ja mitattavia suureita kirjataan suoraan organisaation järjestelmään tai johonkin muuhun verkossa sijaitsevaan kansioon. Joskus myös korjuujäljen mittaustulokset kirjataan paperilomakkeelle, joka skannataan ensin tietokoneelle ja lähetetään sitten eteenpäin.

Kaikkiin koneisiin on asennettuna Woodforce –sovellus, jota käytetään suurimmassa osassa hakkuita. Siinä urakanantaja saa määrittää, vaaditaanko kuviolta koealan otto. Jos

se vaaditaan, kuljettaja käytännössä mittaa yhdeltä työpisteeltä puuston tunnukset, ja kirjaa ne järjestelmään. Järjestelmä myös kertoo, onko harvennusjälki suositusten mukaista, vai onko harvennus esimerkiksi tehty liian voimakkaasti. Se on hyvä väline kuljettajalle tarkistaa omaa työnjälkeään, mutta sovellus ei kuitenkaan ole käytössä kaikissa yrityksen hakkaamissa leimikoissa, eikä siitä saada kovinkaan tarkkaa tai kokonaisvaltaista tulosta kuvion korjuujäljestä.

6.3 Epäkohdat

Nykyistä toimintamallia voitaisiin kuvata juuri ja juuri riman ylitykseksi. Tilaajien vaatimukset täytetään, mutta kerättyä tietoa ei voida hyödyntää oman toiminnan kehittämisessä ja sitä kautta laadun parantamisessa. Varsinaisesti koko leimikon kattavaa valvontamittausta ei tehdä lainkaan jokaisella kohteella. Ja niillä kohteilla, joissa se tehdään, mittausprosessi on hyvin epäkäytännöllinen ja vaatisi suurta parannusta. Korjuujäljen mittauksista ei varsinaisesti saa mitään erillistä korvausta, joten se koetaan ehkä enemmän lisätyönä, kuin kehittämisen työkaluna. Prosessin tulisi olla mahdollisimman tehokas ja luotettava, jotta sen voisi ajatella maksavan itsensä takaisin parempana korjuujäljen laatuna.

7 MAASTOMITTAUKSIEN TEHOSTAMISEN KEINOT

7.1 Maastotallennin

Yksi tärkeä korjuujäljen mittaamisen tehostamisen keino on saada tieto talteen nopeasti ja tarkasti. Perinteinen malli eli tietojen kirjaaminen paperille on vanhanaikaista, hidasta sekä myös erittäin hankalaa huonolla kelillä. Markkinoilla on lukuisia tähän tarkoitukseen soveltuvia laitteita ja sovelluksia. Älypuhelimia hyödynnetään yhä enemmän maastotallentimina, sillä ne ovat kooltaan sopivat, kustannuksiltaan alhaiset ja niiden suosio on noussut erittäin paljon viimevuosina.

7.1.1 Trestima Oy

Trestima Oy on vuonna 2012 perustettu yksityinen metsäalan ohjelmistoyritys. Heidän yksi tuotteistaan on Trestima metsänmittausjärjestelmä, jonka mainostetaan olevan maailman tarkin ja tehokkain työkalu metsäarvioiden tekemiseen. Tällä hetkellä se on ainoa markkinoilla oleva sovellus, joka laskee puustotiedot älypuhelimella otetuista valokuvista. Otetut kuvat ja muu kerätty tieto lähetetään automaattisesti Trestiman palvelimelle mobiililaitteen ollessa verkossa. Palvelimella kuvista tunnistetaan runkojen läpimitat ja puulajit. Konenäön tukena toimii tarvittaessa ihminen, jotta päästään mahdollisimman luotettavaan tulokseen. Näiden tietojen perusteella järjestelmä laskee automaattisesti eri puustotunnukset, kuten pohjapinta-alan, pituuden, runkolukusarjat sekä puuston tilavuuden. Tieto välitetään suoraan myös laitteeseen, joten tulosta ja mittauksen laatua voi seurata mittauksen edetessä. Trestiman sovelluksia käyttävät esimerkiksi Metsä Group ja Stora Enso omissa puunhankinnan mittauksissaan. (Trestima 2018)

Trestima ei ole kovinkaan laajalti käytössä korjuujäljen mittauksessa, mutta esimerkiksi Mikon Metsäpalvelu Oy käyttää sitä hyvinkin aktiivisesti. Puustotunnukset sillä mitataan aina ja muut korjuujäljen tunnukset saadaan kirjattua kätevästi ylös. Kuitenkaan esimerkiksi ajouraleveyksistä tai ajouraväleistä Trestima ei automaattisesti laske keskiarvoa, vaan se täytyy tehdä itse. Trestima saa kuitenkin kiitosta paikkatietoon sidotuista tiedoista ja valokuvista, joita on mahdollista tallentaa palvelle. (Rantanen 2018)

7.1.2 Wuudis Solutions Oy

Wuudis Solutions Oy tarjoaa metsäomaisuuden hoidon kokonaisvaltaisia digiajan palveluja. He tarjoavat yrityksille ja organisaatioille Wuudis Pro -nimistä palvelua, jonka avulla pystytään tarkastelemaan ja päivittämään metsävaratietoa mobiilisti. Palvelu periaatteessa sopisi sellaisenaan myös korjuujäljen laatumittausten maastotallentimeksi, mutta sitä ei varsinaisesti ole tehty siihen tarkoitukseen. Palveluun kuuluu mobiilisovellus, jonka avulla saadaan tilatiedot vietyä maastoon mukaan ja siellä voidaan kuitata toimenpiteitä tehdyiksi ja päivittää metsävaratietoa. Sovelluksella pystytään myös lisäämään havaintoja kuvien kera. Yksi palvelun periaatteista on ajantasainen ja saumaton tiedonsiirto eri toimijoiden ja palvelujen välillä. Palvelu soveltuu hyvin myös pienille yrityksille. (Huurinainen 2018; Wuudis 2018)

Wuudis on myös tehnyt Suomen metsäkeskukselle Laatumetsä -nimisen sovelluksen. Laatumetsä -sovelluksella pystytään tällä hetkellä lähettämään Kemera -kohteiden omavalvontailmoitukset taimikon varhaisperkauksesta, taimikonhoidosta ja nuoren metsän hoidosta suoraan Suomen metsäkeskukselle. Kemera -kohteella tarkoitetaan kohdetta, johon valtio on myöntänyt kestävän metsätalouden rahoituslakiin perustuvaa tukea. Suunnitelmissa on myös laajentaa omavalvonnan tekoa koko metsän kiertokulun toimenpiteisiin, eli myös harvennushakkuisiin. Tarkkaa tietoa sovelluksen uusista ominaisuuksista ei kuitenkaan vielä ole. (Huurinainen 2018)

7.1.3 Masser Oy

Masser Oy on mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmiä kehittävä ja valmistava yhtiö. Se valmistaa ja kehittää asiakassovelluksia ja mittalaitteita metsien inventointiin, metsäsuunnitteluun, tukkien ja pinojen tienvarsimittaukseen, harvesterikalibrointiin, tukkimittareiden kalibrointiin, tehdasmittaukseen sekä opetukseen ja tutkimukseen. Masser tarjoaa valmiita ohjelmistopaketteja yleisimpiin sovelluksiin, mutta suurin osa räätälöidään asiakkaan tarpeiden mukaan käyttötarkoitukseen sopivaksi. Masser Oy on kehittänyt jo yli kolmesataa erilaista mittaus- ja tiedonkeruusovellusta. (Masser Oy)

Masser Oy tarjoaa korjuujäljen mittaukseen monia räätälöityjä sovelluksia asiakkaiden tarpeen mukaan. Useimmilla asiakkailla on omat laatujärjestelmät, joiden mukaan mittaukset tehdään. On myös olemassa valmis paketti tähän tarkoitukseen, joka sopii myös pienelle puunkorjuuyritykselle omavalvontaan. Kyseessä on korjuun laatuseuranta -niminen tiedonkeruusovellus, jossa käytetään maastotallentimena digitaalisia mittasaksia. Palveluun pystytään räätälöimään halutut mitattavat tunnukset asiakkaan toiveiden mukaan, kuten esimerkiksi katkonnan ja apteerauksen arviointiin liittyviä tunnuksia. Mittasaksilla pystytään helposti mittaamaan läpimittoja, mutta muut tunnukset tulee kuitenkin mitata manuaalisesti eri mittavälineitä käyttäen ja syöttää sitten mittasaksiin. Sovellus laskee kerätyistä tiedoista keskiarvot ja siitä saadaan helposti selkeä tuloste mittauksen tuloksista. Joillain tahoilla on käytössään mittaustuloksien pisteytys eli sovellus laskee automaattisesti kokonaispisteet mittaukselle. Mitä korkeammat pisteet saadaan, sen onnistuneempi korjuujälki on ollut. Eli virheet korjuujäljessä rokottavat pisteytystä. (Uurtamo 2018)

7.2 Mittavälineet

Mittavälineillä on suuri rooli korjuujäljen mittauksessa ja sen tehokkuudessa. Perinteisten mittavälineiden rinnalle on digitalisaation myötä tullut monenlaisia vaihtoehtoja. Erilaisia välineitä on tarjolla runsaasti nimenomaan metsän mittaukseen, mutta soveltamalla myös alun perin muuhun tarkoitukseen suunnitellut mittavälineet voivat sopia mainiosti myös metsän mittaukseen. Puun läpimitan mittaukseen on tarjolla elektronisia mittasaksia ja puun pituuden mittaukseen on tarjolla erilaisia laser- teknologiaan perustuvia etäisyys- ja korkeusmittareita. Nämä uudet keksinnöt tehostavat metsänmittausta, mutta ovat myös kustannuksiltaan suuremmat. (Uittokalusto 2018)

8 AINEISTO JA UUSI MENETELMÄ

8.1 Menetelmän valinta

Tässä opinnäytetyössä menetelmänä käytetään toiminnallista tutkimusta, jossa tarkastellaan tilaajayrityksen toimintamallia ja etsitään uusia toimintatapoja testaamalla erilaisia yrityksen tarkoituksiin sopivia metsänmittaussovelluksia, mittavälineitä ja niiden yhdistelmiä. Ennakkotietojen perusteella Trestima Oy:n metsänmittaussovellus on parhaiten kyseisen yrityksen tarpeisiin soveltuva sovellus korjuujäljen mittaukseen. Sovelluksen konenäköön perustuva automaattinen puuston mittaustoiminto, toimivuus mobiililaitteissa, sekä niin sanotusti valmis paketti vaikuttivat eniten valintaan. Trestima myös mainostaa sovelluksen soveltuvan hyvin korjuujäljen laadunvalvontaan. Sovellus toimii älypuhelimella, ja metsänmittaukseen kuluu keskimäärin 5 minuuttia hehtaaria kohden. Trestiman mittaustarkkuus on myös erittäin hyvä, jopa alle 5 % keskivirhe pohjapinta-alan määrityksessä. (Trestima Oy 2018b). Tähän tietysti vaikuttavat erittäin monet tekijät, mutta keskimääräisesti vaikuttavia lukuja. Mittaustulokset ovat saatavilla jo välittömästi metsässä ja ne ovat tallessa pilvipalvelussa. Koska sovelluksen robottinäkö hoitaa puustotunnuksien laskennan, mittaajan kokemus tai osaaminen ei merkittävästi vaikuta mittaustuloksiin.

8.2 Kohteiden valinta

Korjuujäljen mittauksen kohteiksi valittiin syksyllä 2018 yrityksen itse hakkaamia harvennusleimikoita. Kohteisiin pyrittiin valitsemaan mahdollisimman monipuolisia ja maantieteellisesti etäällä toisistaan sijaitsevia kohteita, jotta korjuujäljen mittausmenetelmää päästäisiin testaamaan monessa eri ympäristössä ja olosuhteissa. Kaikki kohteet kuitenkin sijaitsivat Varsinais-Suomen alueella, Tarvasjoen ja Marttilan kunnissa. Aineiston keräys suoritettiin marraskuun 2018 aikana. Aineisto koostui viidestä eri korjuulohkosta, ja niiden yhteenlaskettu pinta-ala oli 8,7 hehtaaria. Pinta-alasta 1,2 hehtaaria oli ensiharvennusta ja loput 7,5 hehtaaria oli harvennusta. Useimmissa korjuulohkoissa oli muitakin korjuulohkoja samalla tilalla, mutta vaihtelevuuden saavuttamiseksi mittauksia tehtiin vain yhdeltä kuviolta kiinteistöä kohden.

8.3 Menetelmän kuvaus

Mittaukset voi aloittaa joko perustamalla metsätilan etukäteen Trestiman pilvipalveluun, tai sitten voi aloittaa mittaukset myös ilman tilatietoa. Tilan ja kuviot voi ladata suoraan palveluun monessa eri tiedostomuodossa, mutta jos hakattujen leimikoiden tilatietoja ei ole helposti saatavilla, voi tilan myös itse piirtää järjestelmään. Se ei kuitenkaan ole välttämätöntä, sillä mittaukset pystytään suorittamaan kokonaisuudessaan ilman tilatietoakin. Tilan voi perustaa myös mittausten jälkeen ja mittaukset voi helposti siirtää uudelle tilalle tai tilalta toiselle. Mittauksesta tallentuu aina paikkatieto kartalle, joten se on helposti yhdistettävissä oikeaan tilaan ja kuvioon. Jokaisen mittauksen voi myös erikseen nimetä, joka helpottaa myös tunnistusta. Tila- ja kuviorajojen piirtämiseen kuluu oma aikansa, joten jos leimikon nimi ja kuvion numero tuloksissa riittävät, piirtämistä ei välttämättä tarvitse tehdä lainkaan.

Pohjapinta-alan mittaus tapahtuu kuvaamalla näytteitä mahdollisimman tasaisesti mitattavalta kuviolta. Suositeltu tapa on kiertää kuvio ympäri läheltä kuvion rajoja, mutta pääasia on, että kaikki näytekuvaan tulevat puut kuuluvat mitattavaan kuvioon. Kuva tulisi myös ottaa sellaisesta kohdasta, jossa on hyvä näkyvyys. Tiheä risukko tai lähellä oleva iso runko saattavat vääristää mittaustulosta. Suositeltava kuvien vähimmäismäärä on metsäkuviota kohden 5 – 10 kappaletta. (Trestima Oy 2018) Jos puusto on harvaa, epätasaista tai pieniläpimittaista, tarvitaan kuvia enemmän. Kuvien perusteella sovellus laskee puulajikohtaisesti korjuujäljen tunnuksista pohjapinta-alan lisäksi myös runkoluvun, pituuden ja läpimitan. Mitä enemmän kuvia ottaa, sitä tarkempi mittaustuloksen pitäisi olla. Puustotietoja ei ole pakko mitata valokuvien perusteella, vaan niitä pystytään myös kirjaamaan manuaalisesti sovellukseen. Mikäli kuitenkin samalla kuviolla otetaan sekä kuvia, että puustotietoja kirjataan manuaalisesti, sovellus käyttää vain kuvien tietoja. Puuston poistuma mitattaisiin normaalisti kantojen lukumäärä mittaamalla, mutta tässä tapauksessa tarkat poistumatiedot saadaan hakkuukoneen mittalistalta.

Puustotunnusten lisäksi korjuujäljen mittauksessa tulisi mitata myös runkovauriot, juuristovauriot, ajouraväli, ajouraleveys sekä ajourapainaumat. Niitä ei pysty suoraan Trestiman konenäöllä mittaamaan, mutta tulokset pystytään kuitenkin helposti kirjaamaan sovellukseen havaintoina. Runko- ja juuristovaurioiden sekä ajourapainaumien toteaminen perustuu näköhavaintoon, jonka jälkeen mitataan vaurion koko, ja siitä voidaan todeta, onko se huomioon otettava vaurio vai ei. Niiden kokoa ei tarvitse kirjata, vaan ainoastaan

lukumäärä kirjataan. Ajouraleveyden ja -välin mittaukseen voidaan käyttää perinteistä metsurinmittaa, tai sitten apuna voidaan käyttää erilaisia laser -mittalaitteita.

8.4 Menetelmän testaus

8.4.1 Kuvio 1

Ensimmäinen mitattava kuvio oli pinta-alaltaan 2,0 hehtaarin männikön toinen harvennus. Kuvion kasvupaikka oli tuore kangas ja metsä oli keskimäärin hyvälaatuista. Tällä kuviolla poistuma oli yhteensä 215,8 m^3 ja 634 runkoa eli 107,9 m^3 ja 317 runkoa hehtaaria kohden. Poistettujen puiden keskijäreys oli siis 340 litraa ja poistetuista rungoista 72 % oli mäntyjä. Tällä kuviolla kokeilin linjamaista mittaustapaa, jossa muodostin ”koealalinjan” kuvion lävitse suurin piirtein kuvion keskeltä, kohtisuoraan ajouraverkostoa kohti (Liite 1). Linja ei kuitenkaan ollut millään lailla tarkasti määritelty, vaan noin suurpiirteisesti valittu. Tämä oli ensimmäinen mittaukseni, ja käytössäni oli Trestiman metsänmittaussovellus, metsurinmitta sekä Nikon laseretäisyysmittari. Tarkoitukseni oli mitata puustotunnukset Trestiman sovelluksella ja ajouratunnukset metsurin mitalla ja laseretäisyysmittarilla.

Aloitin mittauksen kuvaamalla puustoa Trestiman sovelluksella. Ensimmäisen kuvan otin kuvion reunasta, kameran osoittaessa kuvion keskustan suuntaan. Kuvio oli halkaisijaltaan noin 250 metriä, eli kuvien ottopaikkojen väli saa olla enintään 50 metriä, jotta vaadittavat 5 kuvaa saadaan otettua. Päätin ottaa kuvan joka toisen ajouran jälkeen, jolloin kuvien ottopaikkojen väliksi tulisi noin 40 metriä. Siirtyessäni seuraavalle kuvauspisteelle, mittasin ajouravälin, sekä ajouraleveyden. Ajouravälin yritin ensin mitata käyttämällä Nikonin laseretäisyysmittaria niin, että seisoisin ajouran keskellä ja tähtäisin seuraavan ajouran keskelle, mutta se osoittautui kuitenkin erittäin haasteelliseksi maaston topografian ja muiden näköesteiden vuoksi. Jos seuraava ajoura on hiemankin ylempänä, ei sitä pysty hahmottamaan mittarin linssin läpi. Muutenkin ajourien havutuksen takia raiteiden keskikohtaa on erittäin vaikea havaita niin etäältä. Seuraavaksi testasin ajouravälin mittausta Nikonilla niin, että mittaus tapahtuisi reunasta reunaan, eli valitsin aivan ajouran reunassa olevan puun, jonka jälkeen kävelin seuraavalle ajouralle ja asetuin myös sen ajouran reunaan seisomaan. Sitten tähtäsin Nikonilla toisen ajouran reunapuuhun, jotta saisin ajouravälin reunasta reunaan mitattuna. Se onnistui huomattavasti paremmin,

mutta tähdätessä täytyy kuitenkin olla erittäin tarkkana, jotta tähtäin osuu puun runkoon. Monesti nappia painaessa käsi liikahtaa hieman, ja mittaus menee rungon ohi, jolloin tulos näyttää väärää lukemaa. Tarkistin aina mittaustuloksen toisella mittauksella, jotta sain mittauksesta luotettavamman.

Nikonin mittausalue on 10 – 500 metriä, joten ajouraleveyden mittaukseen sitä ei voi käyttää, sillä ajouran tulisi suositusten mukaan olla enintään 4,5 metriä. Ajouraleveyden mittaukseen käytin metsurin mittaa. Suoritin mittauksen ”koealalinjalle” osuneista ajourien kohdista metsäkeskuksen ohjeen mukaan, eli valitsin koealalinjan kohdasta enintään viiden metrin päässä ajouraa lähimpänä olevat puut molemmilta puolilta, ja mittasin niiden etäisyydet raiteiden keskelle ja laskin ne yhteen. Samalla havainnoin ajourapainaumia, sekä juuristovaurioita. Edetessäni uralta toiselle, otin Trestimalla kuvia hieman eri suuntiin tähdäten. Puustovaurioita havainnoin aina kuvauspaikalta. Mittasin ajouratunnukset yhteensä viidestä kohdasta ja kuvia Trestimalla otin yhteensä kuusi kappaletta. Ajouratunnukset pystytään myös helposti kirjaamaan Trestiman sovellukseen tekstiriveinä, mutta keskiarvojen laskeminen tulee hoitaa manuaalisesti.

8.4.2 Kuvio 2

Toinen mitattava kuvio oli 2,0 hehtaarin harvennus, joka oli kasvupaikaltaan tuore kangas. Puusto oli melko sekalaista, mutta mänty oli kuitenkin valtapuulaji. Kuvion poistuma oli 154,1 m^3 ja 660 runkoa eli 77,0 m^3 ja 330 runkoa hehtaaria kohden. Puuston keskijäreys oli näin ollen 233 litraa eli jonkin verran pienempää kuin ensimmäisellä kuviolla. Hakatusta puustosta 51 % oli mäntyä, 35 % kuusta ja loput lehtipuuta. Tällä kuviolla lähdin kokeilemaan hieman enemmän Trestiman ohjeistuksen mukaista mittaustapaa, eli lähdin kiertämään kuviota ympäri reunaa pitkin, mutta kuitenkin reilusti kuvion sisäpuolella. (Liite 2) Lisäksi tässä mittauksessa korvasin Nikonin laseretäisyysmittaimen Boschin lasermittaimella, joka on lähinnä tarkoitettu rakennusalan mittauksiin, mutta ominaisuuksiltaan sopii myös metsän mittaukseen tietyissä määrin.

Lähdin kiertämään kuviota ympäri ja samalla otin näytekuvia tasaisin välein. Ajattelin tällä kuviolla ottaa vähintään kuusi näytekuvaa, jotta nähdään vaikuttaako kuvien määrä suuresti keskivirheeseen. Tällä menetelmällä ei oikein pystynyt mittaamaan ajouratunnuksia samalta linjalta, kuin ottaa kuvat, sillä ajourien suunta ei aivan täsmää kuvion

muodon kanssa. Sen vuoksi jouduin aina hieman poikkeamaan suunnitellulta kävelylinjalta, jotta sain mitattua ajouratunnukset oikein. Boschin laseretäisyysmittain toimii oikein hyvin ajouraleveyden mittauksessa. Asettaa vain mittarin ajouran raiteiden keskelle ja tähtää laserin kohtisuoraan lähimpänä olevaan ajouran reunapuuhun, niin mittari kertoo välittömästi etäisyyden millimetrin tarkkuudella (kuva 4). Myös ajouraleveyden mittaus onnistui huomattavasti paremmin, kuin Nikonin mittaimella. Bosch mittarin maksimi mittausetäisyys on 40 metriä, joten se riittää hyvin ajouraleveyden mittaukseen. On kuitenkin paljon kiinni oman näön tarkkuudesta, sillä Bosch mittarilla tähdätään punaisella laserpisteellä, ja sen näkeminen voi tuottaa huononäköisille hankaluuksia varsinkin, kun mittausetäisyys ylittää 25 metriä.

Kuva 4. Bosch laseretäisyysmittain. (Saarivuori 2018)

Ajouratunnusten, korjuuvaurioiden sekä myös manuaalisten PPA mittausten tulosten kirjaaminen onnistuu helposti Trestiman maastosovellukseen. Manuaaliset puustotunnukset pystytään kirjaamaan Trestiman sovellukseen myös havaintoina, ja silloin sovellus laskee niistä automaattisesti puustotunnuksille keskiarvot. Jos kuitenkin samalla kuviolla käyttää sekä valokuvanäytteitä että manuaalisesti kirjattuja havaintoja, sovellus ottaa ainoastaan kuvat huomioon. Siitä syystä kirjaan manuaalisesti mitatut pohjapinta-alat vain tekstiriveinä sovellukseen, samalla tavalla kuin ajouratunnuksetkin.

8.4.3 Kuvio 3

Kolmas mitattava kuvio oli 1,7 hehtaarin järeä männikkö, joka oli kasvupaikaltaan kuivahko kangas. Metsä sijaitsi loivassa rinteessä ja oli muutenkin melko kivinen maastoltaan. Harvennuksessa oli poistuma 208,8 m^3 ja 553 runkoa eli 122,8 m^3 ja 325 runkoa hehtaarilta. Keskijäreydeksi saadaan 378 litraa. Harvennuksen jälkeinen puusto on käytännössä jo uudistuskypsää, mutta metsänomistajan tavoitteista johtuen metsikköä ei vielä haluttu uudistaa. Metsänomistajalla vaikuttivat taustalla riistaan liittyvät asiat ja yhtenä toiveena olikin, että kuusi poistettaisiin suurimmalta osalta kuviota kokonaan, mutta jos löytyy tiheitä kohtia, niin niitä voisi jättää riistatiheiköiksi. Siitä huolimatta poistumasta noin 60% oli mäntyä ja loput koivua ja kuusta. Kasvupaikkana kuviolle sopii suositusten mukaan kuusta paremmin mänty, joten metsänomistajan toiveet olivat hyviä.

Tällä kuviolla tein mittaukset melko samalla tyylillä, kuin edelliselläkin kuviolla, eli puustotunnukset mittasin Trestiman maastosovelluksella kuvion ympäri kiertäen, mutta tällä kertaa kiersin kuvion lähempänä reunoja (liite 3). Tällä kuviolla otin taas yhden kuvan enemmän, kuin edellisellä, eli yhteensä 7 kuvaa. Tällä kuviolla otin myös vertailun vuoksi manuaalisia pohjapinta-alamittauksia relaskoopin kanssa, jotta saisin jonkin laisen vertailukohdan Trestiman tuloksille. Kuvion puusto oli erittäin järeää ja harvan oloista. Mittauksen edetessä muutaman havaintokuvan otettuani huomasinkin, että kuvion runkoluku alkaa jäämään alle 600 kpl/ha. Metsäkeskuksen ohjeistuksen mukaan ajouratunnuksia ei tulisi mitata sellaisilta kohteilta, joissa runkoluku on alle 600 runkoa hehtaarilla, mutta mittasin ne kuitenkin, sillä tässä työssä keskitytään enemmän itse mittausprosessiin. Sen kyllä huomasi heti, että ajouraleveys oli selvästi suurempi, kuin aikaisemmilla kohteilla. Oli aurinkoinen päivä, kun mittasin tätä kuviota, ja ajouratunnuksien mittauksessa käytin viime kerralla hyväksi toteamaani Bosch laseretäisyysmittaria. Kuitenkin aurinkoisena päivänä ajouraleveyden mittaaminen ja laserilla tähtääminen 20 metrin päässä sijaitsevan puun runkoon tuotti jo hieman vaikeuksia. Se onnistui kyllä, mutta sai hieman enemmän keskittyä mittaukseen.

Tein tällä kuviolla niin, että kiersin ensin koko kuvion pelkästään näytekuvia Trestimalla ottaen ja kun olin ottanut kaikki kuvat, yhteensä 7 kappaletta, kävelin kuvion keskeltä läpi mitaten ajouratunnukset, manuaalisen pohjapinta-alan ja tarkastellen korjuuvauriot. Näin koealalinjat sekä kuvauksessa, että muiden tunnusten mittauksessa pysyvät parhaiten hallussa. Trestima tallentaa paikkatiedon kartalle, on kyseessä sitten näytekuva tai vain tekstihavainto. Paikkatieto on todella tarkka, mutta jos esimerkiksi kuvien välillä

lukitsee puhelimen näytön, GPS yhteys katkeaa. Sitten kun avaa näytön lukituksesta, kestää sovelluksella hetki aikaa hakea taas tarkka paikkatieto. En huomannut tätä mitatessani, ja siksi otin kuvia ja tein havaintoja hieman turhan nopeasti, joten kartalla (liite 3) näkyvät paikkatiedot eivät pidä täysin paikkaansa.

8.4.4 Kuvio 4

Kuvio 4 oli 1,2 ha kuusivaltainen hoitamatta jäänyt metsikkö, joka oli kasvupaikaltaan tuore kangas. Harvennuksen poistuma oli 125,6 m3 ja 962 runkoa eli 104,7 m^3 ja 802 runkoa hehtaarilta. Kyseinen kuvion puusto oli järeydeltään mittausten pienintä, keskijäreyden ollessa 131 litraa. Kyseessä oli siis ensiharvennus, mutta puusto oli jo hieman ylittänyt suositusten mukaisen ensiharvennusajankohdan. Kuvio saattaa olla istutettu vanha pelto, sillä maasto oli todella tasaista. Maaston tasaisuus ja kuvion muoto tekivät ajourasuunnittelusta helppoa kuljettajille ja kuvion läpi kulkikin ainoastaan 4 kappaletta pitkiä ja suoria ajouria.

Otin kuviolta yhteensä 8 näytekuvaa. Kiersin kuvion ensin ympäri reunoja pitkin suhteellisen lähellä reunoja, jonka jälkeen kävelin kuvion halki ottaen ajouratunnukset. Ne mittasin Boschin lasermittaimella. Tällä kuviolla otin myös vertailun vuoksi pohjapinta-ala mittauksia relaskoopilla. Mittauspäivä oli hieman hämärä ja sellaisena päivänä tähtäyslaserin näki erittäin hyvin. Tällä kuviolla oli selkeästi eniten puustovaurioita, joka johtui varmaan siitä, että ennen harvennusta puusto oli todella tiheää. Puustovaurioiden alkuperää on hankala päätellä, mutta tiheää metsää hakattaessa puille on vähemmän tilaa kaatua, ja monesti kaatuessaan puu saattaa tehdä vaurion toisen puun runkoon. Korjuuvaurioista pystyi helposti ottamaan valokuvan Trestiman kuviotietoihin, joten vauriosta jää kuvallinen todiste ja myös paikkatieto talteen. Puustovaurioprosentin määrittäminen vaatisi vaurioituneiden runkojen suhteutusta kokonaisrunkolukuun, mutta käytännössä helpoin tapa vaurioprosentin selvittämiseen olisi koealojen mittaus. Koealalta pitäisi laskea kaikki rungot ja suhteuttaa vaurioituneiden runkojen lukumäärä koealan kokonaisrunkolukuun. Koealoja tulisi myös ottaa useita, jotta tulos olisi luotettava. Koealojen mittaus kuitenkin pitkittää mittausprosessia huomattavasti. Kuvion yleiskuvasta näkee melko hyvin, jos vaurioituneita puita on todella paljon. Silloin ei ole muuta vaihtoehtoa, kuin ottaa koealat ja määrittää vaurioprosentti. Kuitenkin jos vaurioita on selvästi vähän, ei tarkkaa prosenttiosuutta välttämättä tarvitse määrittää.

8.4.5 Kuvio 5

Kuvio 5 oli rinteessä sijaitseva 1,8 ha männikön toinen harvennus, joka oli kasvupaikaltaan kuivahko kangas. Maasto oli paikoin hyvinkin jyrkkää ja kivisyyden vuoksi myös puusto oli paikoin epätasaista. Harvennuksen poistuma oli 124,0 m^3 ja 560 runkoa eli 68,9 m^3 ja 311 runkoa hehtaarilta ja puuston järeys oli 222 litraa. Kuvion maasto oli niin jyrkkää, että ajourat on kaikki pitänyt tehdä kohtisuoraan rinnettä kohti, sillä kun ajetaan metsäkoneella sivuttaiskaltevassa maastossa, riski koneen kaatumisesta nousee. Kuvion rajat ovat myöskin osakseen muodostuneet jyrkkyyden takia, sillä metsäkone ei pääse etenemään liian jyrkässä rinteessä.

Mittasin jälleen puustotiedot Trestiman sovelluksella näytekuvia ottaen kuvion ympäri kiertäen. Tällaisella kohteella kuvion ympäri kiertäminen on siitäkin syystä hyödyllistä, että hakkuun toteuma-alue tulee myös tarkastettua. Rinteen jyrkkyyden vuoksi on saattanut kaikkein jyrkimmät kohdat jäädä tekemättä, koska yksinkertaisesti koneella ei ole päässyt kuvion reunaan asti. Ajouratunnukset mittasin taas Boschin lasermittaimella. Tällä kuviolla oli jonkin verran raivaamatonta alikasvosta, joka joissain paikoissa haittasi kuvien ottoa, sillä konenäkö ei tunnista puiden runkoa peittävän alikasvoksen takaa. Sen vuoksi piti hieman miettiä, mikä kohta edustaa kuviota parhaiten ja mistä suunnasta kuva kannattaa ottaa. Rinne oli myös niin jyrkkä, että alhaalta päin kuvia ottaessa piti kamera suunnata hieman yläviistoon ja ylhäältä päin kuvia ottaessa alaviistoon. Trestima kuitenkin tunnisti puut hyvin ja tulokset vaikuttivat päteviltä.

9 TULOKSET

9.1 Puusto

Kuviolla 1 harvennuksen jälkeen puuston pohjapinta-ala on 25,1 m^2/ha (taulukko 1). Kuvasin yhteensä kuusi näytettä ja PPA:n keskivirheeksi tuli 16,2 %. Trestiman suositus on vähintään 5 – 10 kappaletta näytteitä metsikkökuviota kohden, mutta mitä enemmän kuvia ottaa, sitä tarkempi tuloksen pitäisi olla. Nämä tulokset kuitenkin pitävät mielestäni melko hyvin paikkaansa. Hyvän metsänhoidon suositusten (2014) mukaan, puuston PPA:n tulisi olla harvennuksen jälkeen kyseisellä kuviolla 18 – 22 eli metsä on jätetty hieman turhan tiheäksi. Tällä kuviolla metsänomistajalla ei ollut minkään laisia toiveita metsänhakkuun suhteen, eli kuljettajat ovat täysin itse saaneet määritellä harvennusvoimakkuuden.

Puustoarvio

Laskettu 6 näytteestä, joista 100,00% tarkastettu. Näytteitä vastaanotettu yht. 6 kpl, joista hylätty 0.

Puulaji	PPA m^2/ha	Rluku kpl/ha	Lpm cm	Pituus m	Ikä v	Til m^3/ha	Til m^3 (1,98 ha)	Tukki %
mänty	24,7	607	23,2	19,7	78	227,6	449,9	41
kuusi	0,3							
koivu	0,1							
Yht.	**25,1**	**607**				**227,6**	**449,9**	

Keskivirhe: 16.2%, kattavuusarvio: ★★★☆☆

Taulukko 2. Trestiman puustoarvio kuviolta 1.

Kuviolla 2 pohjapinta-ala oli harvennuksen jälkeen 25,1 m^2/ha (taulukko 3). Tälläkin kuviolla suositusten mukaan PPA:n tulisi olla 18 – 22 harvennuksen jälkeen, eli kuvio on liian tiheä. Tällä kuviolla metsänomistaja oli antanut varoivaisen toiveen, että metsän voisi jättää hieman normaalia tiheämmäksi ja hän oli ollut puunkorjuun jälkeen erittäin tyytyväinen lopputulokseen. Tuottavuuden kannalta olisi kuitenkin ollut parempi ottaa hieman runsaammin puuta pois. Tässä mittauksessa keskivirheeksi tuli 11,5 % kuudella näytekuvalla. Tarkkuus on siis parempi, kuin ensimmäisessä mittauksessa viidellä kuvalla.

Puustoarvio

Laskettu 7 näytteestä, joista 100,00% tarkastettu. Näytteitä vastaanotettu yht. 7 kpl, joista hylätty 0.

Puulaji	PPA m^2/ha	Rluku kpl/ha	Lpm cm	Pituus m	Ikä v	Til m^3/ha	Til m^3 (2,03 ha)	Tukki %
mänty	19,2	686	20,4	18,0	65	162,8	330,0	32
kuusi	4,4	149	22,2	18,5	58	38,1	77,2	38
koivu	1,5							
Yht.	**25,1**	**835**				**200,9**	**407,2**	

Keskivirhe: 11.5%, kattavuusarvio: ★★★☆☆

Taulukko 3. Trestiman puustoarvio kuviolta 2.

Kuvion 3 puuston pohjapinta-ala hakkuun jälkeen oli 24,5 m^2/ha (taulukko 4). Harvennusmallien mukaan kuvio olisi pitänyt harventaa paljon harvemmaksi, eli suositus PPA olisi 16 – 20, mutta kyseinen metsikkö olisi myös suositusten mukaan uudistuskypsä. Uudistuskypsyys arvioidaan puuston keskiläpimitan perusteella, ja siihen vaikuttavat myös maantieteellinen sijainti, kasvupaikka ja puulaji. Tämän kuvion tiedoilla metsä suositellaan uudistettavaksi, kun keskiläpimitta on 25 – 30 senttimetriä. Mutta koska metsänomistajan toiveesta tehtiin vielä harvennus, olisi runkoja voinut poistaa vielä noin 200 kappaletta hehtaarilta. Mittauksen keskivirheeksi saatiin seitsemällä kuvalla 14,3 %, eli hieman suurempi, kuin edellisellä lohkolla.

Puustoarvio

Laskettu 7 näytteestä, joista 100,00% tarkastettu. Näytteitä vastaanotettu yht. 7 kpl, joista hylätty 0.

Puulaji	PPA m^2/ha	Rluku kpl/ha	Lpm cm	Pituus m	Ikä v	Til m^3/ha	Til m^3 (1,73 ha)	Tukki %
mänty	18,8	426	25,3	20,8	88	177,2	306,0	45
kuusi	3,9	162	23,0	18,9	60	34,9	60,4	41
koivu	1,8							
Yht.	**24,5**	**588**				**212,1**	**366,3**	

Keskivirhe: 14.3%, kattavuusarvio: ★★★☆☆

Taulukko 4. Trestiman puustoarvio kuviolta 3.

Kuvio 4 oli kooltaan mittausten pienintä metsää, ja myös harvennuksen jälkeinen pohjapinta-ala oli pienin (taulukko 5). Tällä kuviolla oli harvennusvoimakkuus osunut suositusten rajoihin PPA:n ollessa 17,1 m^2/ha. Suositusten mukaan PPA:n tulisi olla 17 – 21 ja runkoluvun 700 – 900 kappaletta hehtaarilla. Otin kuviolta yhteensä 7 näytekuvaa, joilla saatiin keskivirheeksi 21,9 %. Se on tämän työn kaikkien mittausten suurin keskivirhe. Kyseinen kuvio oli hoitamatonta metsää, eli lähtötilanne oli melko tiheä. Metsänomistajalla ei ollut erityistoiveita hakkuun suhteen.

Puustoarvio

Laskettu 8 näytteestä, joista 100,00% tarkastettu. Näytteitä vastaanotettu yht. 8 kpl, joista hylätty 0.

Puulaji	PPA m^2/ha	Rluku kpl/ha	Lpm cm	Pituus m	Ikä v	Til m^3/ha	Til m^3 (1.24 ha)	Tukki %
mänty	6,2	209	21,0	18,3	68	53,6	66,3	44
kuusi	9,7	595	15,3	13,9	38	66,9	82,9	17
koivu	1,2	73	14,7	15,5	44	8,8	10,9	1
Yht.	**17,1**	**877**	**17,3**	**15,6**	**49**	**129,3**	**160,2**	**25**

Keskivirhe: 21.9%, kattavuusarvio: ★★½☆☆

Taulukko 5. Trestiman puustoarvio kuviolta 4.

Kuviolla 5 pohjapinta-ala hakkuun jälkeen oli 19,0 m^2/ha (taulukko 6). Tällä kuviolla otin kaikkein eniten näytekuvia, yhteensä 11 kappaletta. Keskivirheeksi tuli siltikin 15,2 % eli vaikka tältä kuviolta otettiin eniten näytteitä, keskivirhe ei silti ollut pienin. Suositusten mukainen pohjapinta-ala harvennuksen jälkeen olisi noin 16 – 20 m^2/ha eli puusto olisi juuri suositusten sisällä. Metsänomistajalla ei ollut toiveita hakkuun suhteen.

Puustoarvio

Laskettu 11 näytteestä, joista 100,00% tarkastettu. Näytteitä vastaanotettu yht. 11 kpl, joista hylätty 0.

Puulaji	PPA m^2/ha	Rluku kpl/ha	Lpm cm	Pituus m	Ikä v	Til m^3/ha	Til m^3 (1.83 ha)	Tukki %
mänty	15,1	500	20,3	17,9	65	128,8	236,2	39
kuusi	3,9	98	23,2	19,1	61	35,8	65,6	50
Yht.	**19**	**598**	**20,9**	**18,2**	**64**	**164,6**	**301,8**	**42**

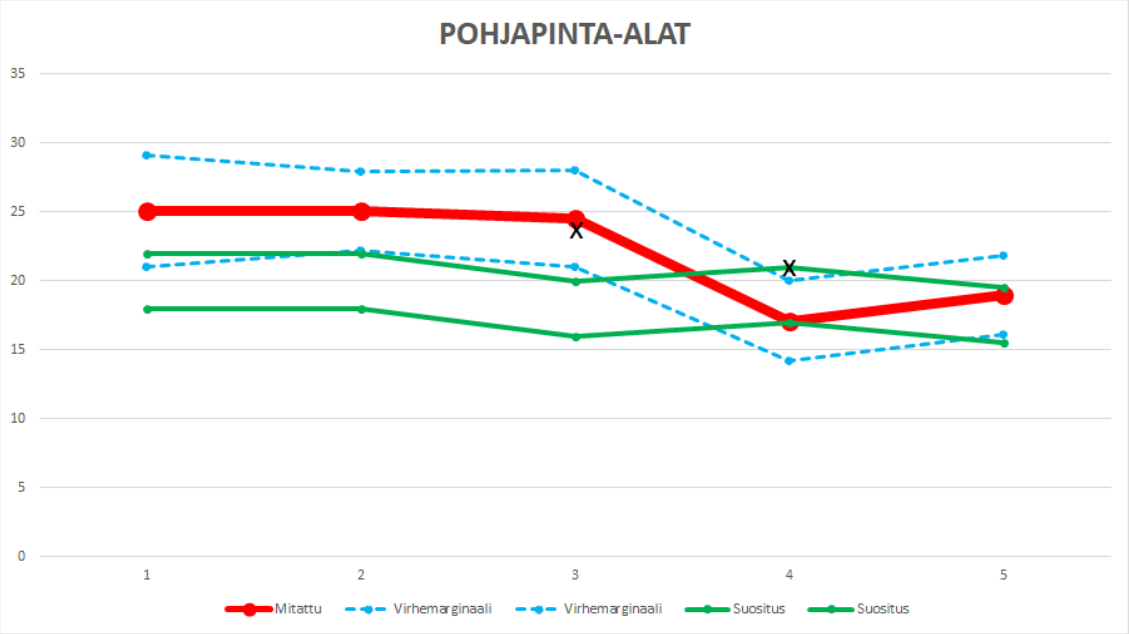
Keskivirhe: 15.2%, kattavuusarvio: ★★★½☆

Taulukko 6. Trestiman puustoarvio kuviolta 5.

9.2 Virhemarginaali

Trestima ilmoittaa jokaisen mittauksen yhteydessä keskivirheen kuvion pohjapinta-alan mittaukselle. Keskivirhe kuvaa mittauksen luotettavuutta ja kun keskivirhe on alle 10 %, voidaan mittausta pitää hyvin luotettavana. Kuviossa 2 on esitetty mitattujen kuvioiden pohjapinta-alat, keskivirheet sekä suositukset. Punainen viiva osoittaa Trestiman mittaustulosta pohja-pinta-aloista, sinisten katkoviivojen väli kertoo keskivirheen perusteella lasketun pohjapinta-alojen vaihteluvälin ja vihreiden viivojen väli kertoo suositusten mukaisen pohjapinta-alan vaihteluvälin. Kuvioiden 3 ja 4 kohdalla olevat rastit osoittavat manuaalisen pohjapinta-ala mittauksen tuloksia. Kuten kaaviosta voi huomata, kuvioilla 1 – 3 pohjapinta-ala on yli suositusten, mutta kun ottaa huomioon keskivirheen, ainoastaan

kuvion 3 voidaan sanoa olevan yli suositusten. Kaikki muut kuviot saattavat olla suositusten sisällä, kun lasketaan keskivirheen vaikutus. Otin eniten näytekuvia kuviolta 5, mutta silti keskivirhe ei ollut siinä pienin, eli kuvien lukumäärä ei ole suoraan sidonnainen keskivirheeseen. Pienimmän keskivirheen antoi kuvio 2, josta otin 6 näytekuvaa.



Kuvio 2. Kuvioiden pohjapinta-alat, keskivirhe ja suositukset (Saarivuori 2018)

9.3 Tuottavuus

Jos oletetaan, että Trestiman mittaustulokset pitäisivät täysin paikkaansa, ja verrataan tuloksia hyvän metsänhoidon suosituksiin (2014), suurin osa kuvioista olisi jätetty liian tiheiksi. Taulukossa 7 on esitetty, kuinka paljon enemmän poistumaa teoriassa olisi saatu, jos Trestiman mittausvirhe olisi 0 % ja harvennus olisi tehty suositusten ylä- ja alarajojen puoleen väliin. Erotus on laskettu suositusten mukaisen ja jääneen runkoluvun erotuksella, joka on kerrottu puuston keskijäreydellä. Määrä on laskettu toteutuneella harvennuksen keskijäreydellä, mutta todellisuudessa jos puuta olisi poistettu enemmän, myös järeys olisi todennäköisesti noussut harvennustavasta johtuen.

Kuvio	Pinta-ala ha	Poistuma m^3/ha	Poistuma r/ha	Järeys l	Jäänyt r/ha	Suositus r/ha	Erotus m^3/ha
1	2,0	107,9	317	340	607	450	53,4
2	2,0	77,0	330	233	835	550	66,5
3	1,7	208,8	553	378	588	370	82,3
4	1,2	104,7	802	131	877	800	10,1
5	1,8	68,9	311	222	598	500	21,7
KA		113,5	463	261	701		46,8

Taulukko 7. Kuvioiden poistumatiedot (Saarivuori 2018)

Keskimäärin siis kaikilta kuviolta olisi voinut saada poistumaa enemmän 46,8 m^3 hehtaarilta. Jos laskee kuvioittain kokonaispoistuman lisäyksen, kaikilta mitatuilta kuvioilta olisi voinut saada yhteensä 431,0 m^3 poistumaa enemmän. Jos oletetaan taksan olevan noin 10 €/m3, olisi suositusten mukaisella harvennusvoimakkuudella saatu 4310 euroa enemmän liikevaihtoa yritykselle. Se oltaisiin myös saavutettu pienemmillä kuluilla, sillä esimerkiksi siirtokustannukset olisivat olleet hakattua kuutiometriä kohden pienemmät.

9.4 Puustovauriot

Puustovaurioita oli mitatuilla kuviolla hyvin vähän ja tarkkaa vaurioprosenttia ei määritelty miltään kuviolta. Puustovaurioprosentin määrittämiseksi pitäisi vaurioituneiden runkojen lukumäärä suhteuttaa kokonaisrunkolukuun, ja se käytännössä vaatii ottamaan koealat. Koealan ei kuitenkaan tarvitse olla Metsäkeskuksen ohjeiden mukainen ympyräkoeala, vaan siinä voidaan soveltaa esimerkiksi Metsätehon on-line otannassa käytettävää ajouran suuntaista 8 metriä leveää näytekaistaa. Hyvin usein puustovauriot keskittyvät ajourien läheisyyteen, joten on-line menetelmällä monesti vaurioprosentti on hieman suurempi, kuin Metsäkeskuksen ympyräkoeala menetelmä. On-line otannassa siis valitaan koealaksi ajouran suuntainen 8 metriä leveä näytekaista, jonka pituus vaihtelee. Yleensä yhdeltä näytekaistalta luetaan yhteensä 50 runkoa, jotka sijaitsevat enintään 4 metrin päässä ajouran keskilinjasta. Tällaisia näytekaistoja luetaan kaksi kappaletta leimikolta, jolloin lukupuita kertyy yhteensä 100 kappaletta. Kun suhteutetaan vaurioituneet puut kokonaisrunkomäärää, saadaan vaurioprosentti. (Metsäteho 2003)

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

10.1 Menetelmä

Trestima -metsänmittaussovelluksen ja Bosch lasermittaimen käyttö korjuujäljen omavalvonnan menetelmänä toimii hyvin. Tulokset saadaan kirjattua nopeasti ja mittaustarkkuus on riittävä. Puustotunnukset saadaan mitattua erittäin nopeasti vain valokuvia älypuhelimella ottamalla. Ajouraleveys ja -väli mitataan laseretäisyysmittaimella ja tulokset kirjataan tekstiriveinä Trestiman sovellukseen. Käsin kirjatuista arvoista pitää laskea keskiarvot manuaalisesti, mutta se onnistuu kuitenkin erittäin nopeasti. Kaikilta kuviolta ei välttämättä edes tarvitse laskea tarkkaa keskiarvoa, jos kaikki mittaukset ovat suositusten rajoissa. Erittäin hyvä ominaisuus on myös se, että sovellukseen pystytään tallentamaan valokuvahavaintoja lähes mistä vain, kuten esimerkiksi korjuuvaurioista. Tuloksista saadaan muodostettua helposti luettava raportti, josta selviää puustotunnukset puulajeittain, niiden perusteina olleet näytekuvat, kaikki käsin kirjatut tekstit sekä kaikki muut lisätyt havaintokuvat. Se on myös helposti jaettavissa esimerkiksi sähköpostin välityksellä kenelle vain.

Menetelmää voidaan soveltaa monella eri tavalla aina kuvion koosta ja muodosta riippuen. Kun kuvat otetaan Trestiman ohjeiden mukaan kuvion reunalta tähdäten kuvion keskiosaan päin, tulee samalla myös hakkuun toteuma-alue tarkistettua, kun kuvio kierretään kokonaisuudessaan ympäri. Kun vielä mitataan ajouratunnukset kävellen kuvion keskeltä halki, saadaan kuviosta ja korjuujäljestä todella hyvä kokonaiskuva. Näytekuvia ei kuitenkaan ole pakko ottaa kuvion reunoilta, vaan ne voidaan kyllä ottaa myös kuvion keskeltä. Trestima muodostaa kuvien perusteella havainnollistavan teemakartan mitatusta alueesta, joissa eri värin indikoivat eri puulajia. Teemakartta ei kuitenkaan ole kovinkaan kattava, jos käytetään linjamaista kuvaustapaa. (liite 1) Tärkeää kuitenkin on, että kuvat otetaan kuviota hyvin edustavista kohdista, joissa on hyvä näkyvyys, ja että kaikki kuvaan tulevat puut kuuluvat kuvioon. Yritykselle laadittiin lyhyt ohjeistus maastomittauksen tekemistä varten (liite 6), joka antaa suuntaa mittauksen kulusta, mutta ei ole täysin ehdoton. Ohjeistus ei kata korjuuvaurioiden tarkkojen prosenttiosuuksien määritystä, vaan se tulee suorittaa erillisin ohjeistuksen mukaan.

10.2 Palautejärjestelmä

Trestiman verkossa toimivalla tietokonesovelluksella pystytään luomaan kattava raportti kuvion mittauksista ja jakamaan se linkkinä kenelle tahansa. Näin saadaan helposti annettua kattava palaute suoraan leimikossa työskennelleille kuljettajille. Kun hakkuukoneessa on toimiva tiedonsiirto, pystytään raportti lähettämään suoraan koneeseen, ja kuljettaja voi tarkastella sitä suoraan hakkuukoneen tietokoneelta. Erityisen hyvää sovelluksessa on se, että jokaisesta urapainaumasta, runkovauriosta tai muusta poikkeamasta voidaan ottaa kuva ja kaikelle tiedolle tallentuu myös paikkatieto. Näin kuljettajan on helpompi hahmottaa, missä kohdassa leimikkoa ongelmat ovat olleet ja löytää ehkä myös paremmin syyt sille, miksi niin on tapahtunut. Palautejärjestelmän käytännönjärjestelyt on yrittäjän itse sovittava, esimerkiksi kuinka usein palautteen saa ja kuka raportit koostaa ja lähettää. Työmääränä se on kuitenkin melko pieni, joten siitä ei koidu suurta vaivaa, vaikka yrittäjä itse hoitaisi sen.

10.3 Kustannukset

Trestiman hinnoittelu vaihtelee asiakkaiden tarpeiden mukaan, mutta se perustuu kuitenkin käyttöön, eli otettujen kuvien lukumäärään. Metsämyynti.fi -palvelu toimii Trestiman sovelluksella, ja heidän verkkosivuillaan yhden kuvan hinnaksi kerrotaan 1,22 €/kuva. (Trestima 2014) Jos lasketaan esimerkki ja oletetaan, että ammattikäytössä kuvan hinta olisi sama, sekä sen lisäksi olisi esimerkiksi noin 500 euron vuotuinen lisenssimaksu. Kyseinen koneyritys hakkaa puuta kahdella ketjulla noin 70 000 m^3 vuodessa ja leimikon keskikoko on noin 300 m^3. Se tarkoittaisi yhteensä 233 leimikkoa. Jos kuvataan keskimäärin 6 näytekuvaa leimikkoa kohden, tarkoittaisi se esimerkkihinnalla 1705,56 euron vuosimaksua kuvista. Siihen lisätään vielä vuotuinen lisenssimaksu, joka voisi olla noin 500 €, niin kokonaishinnaksi tulisi noin 2200 euroa vuodessa. Eli periaatteessa jos ajatellaan pelkästään tässä työssä mitattujen leimikoiden tulon menetys (kappale 9.3), olisi oikeilla harvennusvoimakkuudella maksettu Trestiman vuosikustannus jo kolmelta leimikolta takaisin.

Menetelmän todelliset kustannukset ovat kuitenkin paljon suuremmat ja käytännön järjestelyt onkin yrittäjän pohdittava tarkkaan. Mittauksista tulee suurin kustannus, jos kor-

juujäljen mittauksien takia täytyy erikseen ajaa leimikot läpi korjuun jo päätyttyä. Kilometrejä kertyy paljon ja se myös vie paljon työaikaa. Edullisin vaihtoehto olisi, jos joko koneenkuljettaja tekisi mittaukset leimikon päätyttyä, tai esimerkiksi siirtoauton kuljettaja tekisi mittaukset tulemalla paikalle hieman ennen leimikon päättymistä. Näin säästytään turhalta ajelulta. Toki jos yrittäjä haluaa itse tarkistaa kuljettajien työnjälkeä, niin tekemällä mittaukset itse saadaan varmasti kaikkein luotettavimmat tulokset.

11 POHDINTA

Puunkorjuu Suomessa on kokenut suuria mullistuksia viimeisen 30 vuoden aikana. Koneellinen puunkorjuu on syrjäyttänyt manuaaliset hakkuut jo lähes täysin. Suositukset ja menetelmät muuttuvat teknologian kehittyessä jatkuvasti. Nykyinen metsälaki on suhteellisen tuore ja antaa paljon enemmän vapauksia kasvattaa metsää vanhaan lakiin verrattuna. Metsänomistajat saavat itse melko vapaasti päättää, miten haluavat kasvattaa metsää. Erilaiset tavoitteet asettavat erilaisia vaatimuksia. Tämä luo myös osittain haasteita puunhankinnalle Suomessa, sillä jokainen leimikko on erilainen. On tavoitteet sitten mitkä tahansa, yleensä on olemassa suositukset, joilla pyritään mahdollisimman parhaaseen tulokseen metsän kasvatuksessa.

Puunkäytön lisääntyessä Suomessa, myös puunkorjuumäärät tulevat kasvamaan. Jotta Suomen puunkäytön lisäys pystytään toteuttamaan kestävällä tavalla, on siihen kiinnitettävä erityistä huomiota. Korjuujäljen laadulla voidaan todeta olevan erittäin suuri merkitys kestävässä kehityksessä. Huono korjuujälki altistaa metsän tuhoille ja voi aiheuttaa suuriakin tulonmenetyksiä metsänomistajalle. Suomen metsäkeskus suorittaa korjuujäljen tarkastusmittauksia ympäri maata, mutta otanta on suhteellisen pientä. Esimerkiksi Varsinais-Suomen alueella, jossa tilaajayritys pääasiassa toimii, tarkastettiin ainoastaan viisi harvennushakkuuleimikkoa Metsäkeskuksen toimesta vuonna 2017. Toki metsäyhtiöt ja muut puuta käyttävät tahot suorittavat oman puunkorjuunsa laadun tarkastuksia, mutta puunkorjuuyrityksen omavalvonnan merkitystä ei voi silti liikaa korostaa.

Laatu on tärkeää puunkorjuuyrityksen toiminnan kannalta. Laadukas työ tarkoittaa myös kannattavuutta yrityksen näkökulmasta, joten laadun voidaan sanoa olevan jopa elinehto korjuuyritykselle. Itse korjuujäljen laatuun vaikuttaa kuitenkin monet eri tekijät, joten vaikka yrityksen korjuujäljen laatu ei olisikaan suositusten rajoissa, ei siitä voida suoraan syyttää yrittäjää tai koneenkuljettajaa. Moitteeton korjuujälki vaatii onnistuakseen monen eri tahon panostusta, aina suunnittelusta toteutukseen. Laajavastuisen yrittäjyyden lisääntyessä, puunkorjuuyritys pystyy tulevaisuudessa yhä enemmän vaikuttamaan korjuujäljen laatuun hyvällä suunnittelulla. Saattaa kuitenkin tulla vastaan tilanteita, joissa tehtaiden puuhuollon turvaamiseksi joudutaan korjaamaan leimikoita vääränä ajankohtana, ja silloin korjuuvaurioiden riski suurenee. Yrityksen vanha toimintamalli oli epäkäytännöllinen, eikä se tuottanut lainkaan lisäarvoa yritykselle. Yritys ei pystynyt hyödyntämään

tuloksia omassa toiminnassaan tai antamaan luotettavaa palautetta kuljettajille. Uuden korjuuohjelman käyttöönoton myötä korjuujäljen laatua seurataan urakanantajan toimesta, mutta sekään ei tuonut tarvittua hyötyä korjuuyritykselle. Uuden toimintamallin kehittäminen oli siis erittäin ajankohtaista.

Tehdessäni selvitystä markkinoilla olevista korjuujäljen seurantaan tarkoitetuista tuotteista, jotka ominaisuuksiltaan soveltuisivat yrityksen käyttötarkoitukseen, ei vaihtoehtoja loppujen lopuksi ollut monia. Ominaisuuksiltaan sopivan sovelluksen kyllä olisi saanut melkein mistä vain palveluntarjoajalta, sillä kaikki olivat helposti räätälöitävissä, mutta hinta olisi siinä tilanteessa liian korkea kyseiseen käyttötarkoitukseen. Tämän tason korjuujäljen omavalvonta pienessä puunkorjuuyrityksessä ja varsinkaan sen kehittäminen oma-aloitteisesti ei ole millään tavalla yleinen käytäntö Suomessa. Sen huomasi pelkästään jo siitä, että palveluntarjoajat eivät ole tunnistaneet tarvetta kyseiseen tarkoitukseen sopivalle sovellukselle. Trestiman metsänmittaussovellus oli kuitenkin valmis paketti korjuujäljen omavalvontaan pienelle puunkorjuuyritykselle. Suuri valintaan vaikuttava tekijä oli ohjelmiston hinnoittelu. Lisäksi konenäköön perustuva puuston mittaus säästää työaikaa muihin sovelluksiin verrattuna.

Opinnäytetyössä käytetyn aineiston keruu onnistui hyvin, mutta määrä jäi kuitenkin vähäisemmäksi, kuin alun perin oli tarkoitus. Tämän työn tarkoituksena ei varsinaisesti ollut tutkia yrityksen korjuujälkeä, vaan löytää yritykselle uusi toimintatapa korjuujäljen omavalvontaan ja testata sitä käytännössä. Sen takia jo viiden mitatun kohteen jälkeen alkoi tuntua siltä, että uutta merkittävää tietoa menetelmän käyttöön liittyen ei enää saada. Menetelmän valinnan pystyi tekemään pelkästään ennakkotietojen perusteella ja siksi itse testaukseen ei tarvinnut valita monia eri menetelmiä. Yhden menetelmän testaukseen viisi leimikkoa riittivät hyvin. Jos kuitenkin olisi tarvinnut lähteä testaamaan muitakin menetelmiä, olisi aineiston kokoa pitänyt ehdottomasti kasvattaa. Työssä sovellettiin eri mittausmenetelmiä ja niiden sekoitusta, ja mittauksissa keskityttiin enemmän puunkorjuuyrityksen kannalta tärkeisiin asioihin, kuten korjuun kannattavuuteen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää korjuujäljen merkitystä harvennushakkuissa ja tavoitteena oli löytää yritykselle uusi menetelmä korjuujäljen omavalvontaan ja testata sen toimivuutta käytännössä. Tavoitteisiin päästiin mielestäni hyvin, sillä sopiva menetelmä löydettiin ja tilaajayritys on myös tyytyväinen tulokseen. Mittausten tuloksista oli

myös havaittavissa pientä kehitystarvetta korjuujäljessä, sillä poikkeamia löytyi. Opinnäytetyön toteutuksessa auttoi ehdottomasti se, että tekijällä oli aikaisempaa kokemusta puunkorjuusta sekä korjuujäljen mittauksista. Kokonaisuudessaan opinnäytetyö onnistui hyvin ja siitä on varmasti hyötyä monelle taholle.

LÄHTEET

Huurinainen, S. Toimitusjohtaja. 2018. Puhelinhaastattelu 21.11.2018. Haastattelija Saarivuori, J.

Hynynen, J. Valkonen, S. Rantala, S. 2005. Tuottava metsänkasvatus. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Ilmatieteenlaitos. N.d. Vuoden 2017 sää. Luettu 18.10.2018. https://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2017

Ilvesniemi, T. 2010. Koneellisen ja manuaalisen puunkorjuun laatukäsikirja. Metsätalouden koulutusohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Isomäki, A. Niemistö, P. 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Folia forestalia 756. http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1114-7

Kangas, A. Päivinen, R. Holopainen, Maltamo, M. 2011. Silva Carelia 40. Metsän mittaus ja kartoitus. Joensuu: Itä-Suomen yliopisto.

Kankaanhuhta, V. Saksa, T. 2012. Omavalvonnasta työkalu metsänhoidon laadun hallintaan. https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/pdf/article6458.pdf

Kokkarinen, J. 2012. Koneellinen puunkorjuu. Hallitusti hyvään tulokseen. Helsinki: Metsäteho Oy.

Kokko, P. Sirén, M. 1996. Harvennuspuun korjuujälki, korjuujäljen seurausvaikutukset ja niiden arviointi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 592. http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1501-0

Kuoppala, M. 2015. Korjuujäljen laatumittausmenetelmien (Tapio ja Metsäteho) vertailu kangasmaiden harvennus- ja ensiharvennushakkuissa Etelä-Pohjanmaalla. Metsätalouden tutkinto-ohjelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Lecklin, O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki: Talentum Media Oy

Liinakoski, E. Kontinen, K. 2014. Leimikonsuunnittelu-opas. Opetusmateriaali. Mikkelin ammattikorkeakoulu.

Luonnonvarakeskus. 2018a. Metsävarat. Metsävarat maakunnittain. Luettu: 20.11.2018. https://stat.luke.fi/metsavarat

Luonnonvarakeskus. 2018b. Tuoreimmat metsävaratiedot Luken tilastoportaalissa. Luettu: 20.11.2018. https://www.luke.fi/uutiset/tuoreimmat-metsavaratiedot-luken-tilastoportaalissa/

Maa- ja metsätalousministeriö. N.d. Suomen metsävarat. Luettu: 20.11.2018. https://mmm.fi/metsat/suomen-metsavarat

Masser Oy. N.d. Masser Oy. Luettu: 21.11.2018. https://www.masser.fi/fi/masser-oy/

Metsäfibre. N.d. Äänekosken biotuotetehdas. Luettu: 20.11.2018. https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Biotuotetehdas/Pages/default.aspx

Metsälaki. 12.12.1996/1093.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2018a. TAPIO metsänhoitokortisto. Metsän kasvatus. Kuusikon kasvatus. 02-010. Päivitetty: 16.11.2018. Luettu: 18.11.2018. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2018b. TAPIO metsänhoitokortisto. Metsän kasvatus. Ensiharvennus. 02-012. Päivitetty 16.11.2018. Luettu: 18.11.2018. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. 2018c. TAPIO metsänhoitokortisto. Puukauppa ja puunkorjuu. Korjuujälki harvennushakkuussa. 04-002. Päivitetty 16.11.2018. Luettu 18.10.2018 Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Metsäteho Oy. 2001. Hakkuukonetyömaan ennakkoraivaus. Metsätehon opas. Saatavilla: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Hakkuukonetyomaan_ennakkoraivaus_opas.pdf

Metsäteho Oy. 2003. Korjuujälki harvennushakkuissa. Opas. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuujalki_harvennushakkuussa_opas.pdf

Metsäteho Oy. 2005. Korjuun suunnittelu ja toteutus. Opas. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Korjuun_suunnittelu_ja_toteutus_ver02.pdf

Metsäteho Oy. 2008. Laajavastuinen yrittäjyys puunhankinnassa. Metsätehon katsaus nro33. Helsinki: Metsäteho Oy. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Katsaus_33.pdf

Mielikäinen, K. Riikilä, M. 1997. Kannattava puuntuotanto. Tapio ja metsäntutkimuslaitos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti

Nikon. 2018. Forestry Pro. Luettu:13.11.2018. https://www.nikon.fi/fi_FI/product/sport-optics/laser-range-finders/forestry-pro

Ovaskainen, H. 2012. Koneellinen puunkorjuu –opas. Helsinki: Metsäteho Oy.

Poikela, A. 2008. Korjuujälki. Teoksessa Rantala, S. (toim.) Tapion taskukirja. Hämeenlinna: Kariston kirjapaino Oy, 407-409.

Ponsse Oy. N.d. Ponsse Scorpion image2. Luettu 13.11.2018a. https://www.ponsse.com/fi/media-arkisto/kuvat/tuotteet/harvesterit/scorpion/(offset)/12

Ponsse Oy. N.d. Tuotteet. Kuorma-traktorit. Luettu 13.11.2018b. https://www.ponsse.com/fi/tuotteet/kuormatraktorit

Ponsse Oy. N.d. Tuotteet. Harvesterit. Luettu 13.11.2018c. https://www.ponsse.com/fi/tuotteet/harvesterit

Ponsse Oy. N.d. Tavaralajimenetelmä. Luettu 18.11.2018c. https://www.ponsse.com/fi/ponsse/toimiala/tavaralajimenetelmae

Rantala, S. 2008. Tapion taskukirja. 25. uudistettu painos. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Rantala, S. 2011. Metsäkoulu. 7. painos. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Rantanen, M. Yrittäjä. 2018. Puhelinhaastattelu 20.11.218. Haastattelija Saarivuori, J.

Saarivuori, E. Yrittäjä. 2018. Haastattelu 11.11.2018. Haastattelija Saarivuori, J. Paimio.

Sampo Rosenlew Oy. 2017. Sampo Rosenlew HR46X. Luettu: 13.11.2018. http://www.sampo-rosenlew.fi/fi/tuotteet/metsakoneet/harvesterit-/hr-46.html

Sirén, M. 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1635-1

Sirén, M. 2018. Korjuujälki ja sen merkitys suometsien puunkorjuussa. Luonnonvarakeskus. https://www.slideshare.net/Metsakeskus/korjuujalki-ja-sen-merkitys-suometsien-puunkorjuussa

Stora Enso. N.d. Korjuun suunnittelu alkaa kaupanteossa. Www-sivu. Luettu 18.10.2018a. https://www.storaensometsa.fi/korjuun-suunnittelu-alkaa-kaupanteossa/

Stora Enso. N.d. Rätt Metod. Luettu 18.10.2018b. https://storaensoskog.se/rattmetod/

Strandström, M. 2018. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2017. Tuloskalvosarja 8a/2018. Helsinki: Metsäteho Oy. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/Tuloskalvosarja_2018_08a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2017.pdf

Suomen metsäkeskus. 2014. Metsälain muutokset 2014. Uudistunut metsälainsäädäntö ja uudet metsänhoidon suositukset. Luettu 18.11.2018. https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/metsalain-muutokset-2014-hovila.pdf

Suomen metsäkeskus. 2017. Maastotarkastusohje. Luettu 18.10.2018 https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/maastotarkastusohje.pdf

Suomen metsäkeskus. 2018a. Korjuujäljen laatu. Luettu 18.10.2018. https://www.metsakeskus.fi/korjuujaljen-laatu

Suomen metsäkeskus. 2018b. Sateet vaikeuttivat puunkorjuuta – korjuujälki heikentyi edellisvuodesta. www-sivu. Luettu 18.10.2018. https://www.metsakeskus.fi/uutiset/sateet-vaikeuttivat-puunkorjuuta-korjuujalki-heikentyi-edellisvuodesta

Suomen Metsäyhdistys. N.d. Puunkorjuu (harvesting). Luettu 13.11.2018. https://smy.fi/sanasto/puunkorjuu-harvesting/

Trestima Oy. 2014. Metsänmyynti. Luettu 25.11.2018. https://metsanmyynti.fi

Trestima Oy. N.d. Maastotallennin käyttöohje. v.1.2. Luettu 1.11.2018a. https://www.trestima.com/w/wp-content/uploads/2018/06/TRES-TIMA_käyttöohje_fi_v1.2.pdf

Trestima Oy. N.d. Metsänmittausjärjestelmä. Luettu 1.11.2018b. https://www.trestima.com/w/metsanmittausjarjestelma/

Uittokalusto Oy. 2018. Mittaus. Luettu 22.11.2018. https://www.uittokalusto.fi/metsatyot/mittaus.html

Uurtamo, A. Myynti ja tuotekehitys. 2018. Puhelinhaastattelu 21.11.2018. Haastattelija Saarivuori, J.

Valtioneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä. 30.12.2013/1308.

Väätäinen, K. Asikainen, A. Sikanen, L. 2006. Metsäkoneiden siirtokustannusten laskenta ja merkitys puunkorjuun kustannuksissa. Metsätieteen aikakausikirja 3/2016: 391-397

Wuudis Oy. 2018. Palvelut. Luettu 21.11.2018. https://www.wuudis.com/fi/palvelut/#1490010778115-d5315d3b-13a4

LIITTEET

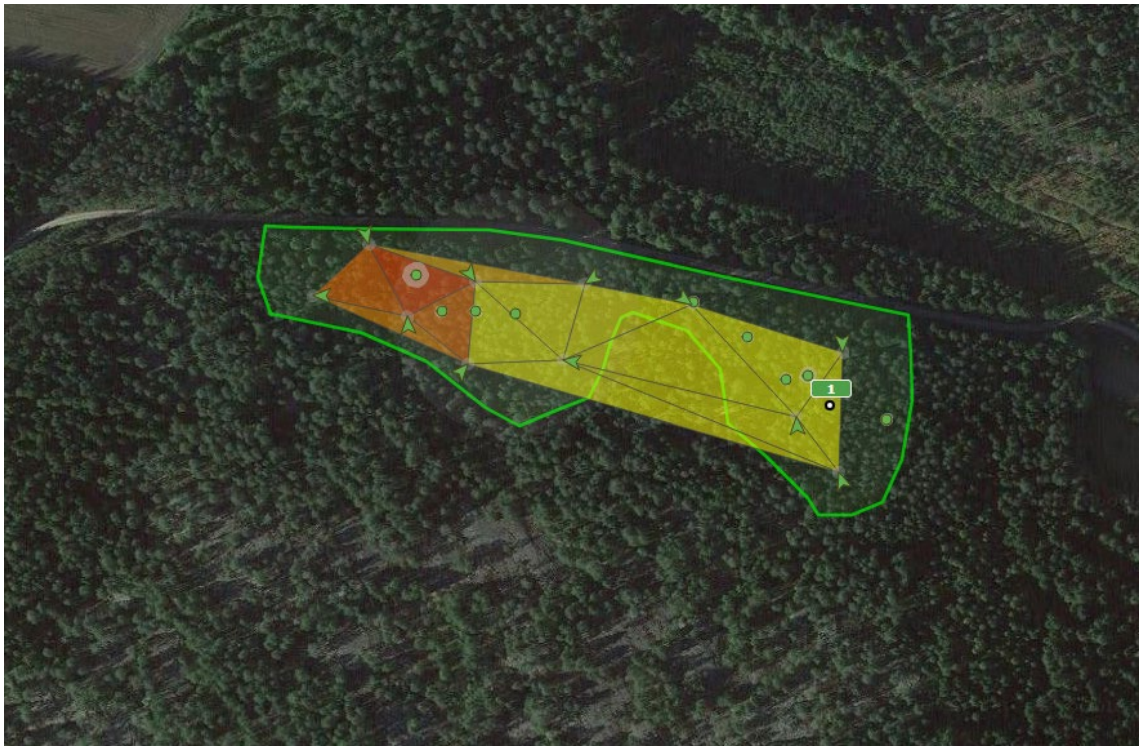
Liite 1. Kuvion 1 kartta.

Liite 2. Kuvion 2 kartta.

Liite 3. Kuvion 3 kartta.

Liite 4. Kuvion 4 kartta.

Liite 5. Kuvion 5 kartta.



Liite 6. Maastomittausohje

Korjuujäljen maastomittausohje

Mittavälineet: Trestima -metsänmittaussovellus & Bosch -laseretäisyysmittari

1. Mittaa puustotunnukset Trestiman -metsänmittaussovelluksella.
    a. Ota kuvat kuvion reunalta suuntaamalla kamera kuvion keskiosaa kohti.
    b. Ota kuva kohdasta, jossa on hyvä näkyvyys ja jonka puusto edustaa kuviota hyvin.
    c. Varmista, että kaikki kuvaan tulevat puut kuuluvat kuvioon.
    d. Kierrä koko kuvio reunoja pitkin ympäri ja ota yhteensä 5 – 10 kuvaa kuviota kohden.
    e. Havainnoi samalla kuvion yleisilmettä puusto- ja maastovaurioiden osalta.

2. Mittaa ajouratunnukset Bosch -laseretäisyysmittarilla.
    a. Mittaa ajouratunnukset kuvion pisimmän halkaisijan muodostamalta linjalta mahdollisuuksien mukaan. Pyri aina kulkemaan kohtisuoraan ajouralinjoja vastaan.
    b. Mittaa ajouraleveys valitsemalla ajouran vasemmalta ja oikealta puolelta ajouran reunaa lähimpinä olevat rungot kymmenen metrin matkalla. Mittaa molempien runkojen etäisyydet ajouran keskelle ja laske tulokset yhteen.
    c. Mittaa ajouraväli valitsemalla kulkusuuntaan nähden lähimpänä ajouran reunaa oleva runko ja kävele seuraavalle ajouralle. Asetu seisomaan ajouran keskelle ja mittaa etäisyys äsken valitsemaasi runkoon. Lisää tulokseen rungon etäisyys ajouran keskelle, jonka mittasit ajouraleveyttä mitattaessa.
    d. Suorita mittauksia yhteensä 5 – 10 kappaletta kuvion koosta riippuen.
    e. Havainnoi samalla kuvion yleisilmettä puusto- ja maastovaurioiden osalta.

3. Jos kuvion yleisilmeen perusteella puusto- ja maastovaurioita on runsaasti, suorita niiden mittaus erillisen ohjeen mukaan.