



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

HARVENNUSTEN VOIMAKKUUS JA SIJOIT- TUMINEN HARVENNUSMALLEIHIN

Laura Rantanen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2015
Metsätalous



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalous
Puunhankinnan erityiskysymykset

RANTANEN LAURA:

Harvennusten voimakkuus ja sijoittuminen harvennusmalleihin

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Joulukuu 2015

Tämä opinnäytetyö käsitteli harvennuksia, niiden metsänhoidollisia ja taloudellisia vaikutuksia, sekä Hyvän metsänhoidon suositusten mukaisia harvennusmalleja. Harvennusten voimakkuutta ja sijoittumista harvennusmalleihin tutkittiin 40 satunnaisesti valitun kuvion perusteella. Kuviot olivat Pirkanmaalla ja työn toimeksiantajana oli Metsä Group. Kuviot mitattiin relaskoopikoealoin pinta-alaan perustuvalla koealamäärällä. Näin saatuja kuviotietoja verrattiin harvennusmalleihin. Harvennusvoimakkuus saatiin vertaamalla metsäsuunnitelmista saatuja lähtöpuuston tietoja harvennuksen jälkeen mitattuihin jäävän puuston tietoihin. Lisäksi yhdeksällä kuviolla mittauksen tukena oli Trestima, joka on älypuhelimeen ladattava kuvatulkintaan perustuva metsänmittaussovellus.

Mitatuista 40 kuviosta metsänhoidon suositusten mukaan harvennettuja oli 22. Loput 18 kuviota oli harvennettu suosituksia harvemmiksi. Suurin osa alle suositusten harvennetuissa kuvioissa oli ensiharvennuksia, ja suositusten mukaan harvennetuista kuvioista suurin osa oli muita harvennuksia. Yksikään kuvio ei kuitenkaan mennyt alle lakirajojen, mutta yksi kuvio oli lakirajalla. Alle suositusten harvennetuissa kuvioissa vain kuusi kuviota oli suositusten mukaisessa harvennustarpeessa, ja loput sen alle. Harvennusvoimakkuus oli silti lähes sama kuin suositusten mukaan harvennetuissa kuvioissa, joissa lähes kaikissa harvennuksen lähtötilannekin oli suositusten mukainen. Lisäksi havaittiin, että suurimmalla osalla omistajista oli enemmän kuin yksi kuvio, ja puolella omistajista oli kuvioita sekä suositusten mukaan harvennetuissa että niiden alle harvennetuissa. Voidaan olettaa, että käsittelyalueiden kasvattamisen vuoksi kaikki omistajan kuviot eivät ole olleet harvennustarpeessa, mutta ne on kuitenkin samalla käsitelty.

Opinnäytetyössä mitattujen kuvioiden osalta selvisi, että ensiharvennuksien käsittely on ollut voimakkaampaa kuin muiden harvennusten. Lisäksi omistajan useiden kuvioiden yhdistäminen isommaksi käsittelyalueeksi näyttäisi johtavan siihen, että osaa kuvioista on käsitelty ennen kuin harvennusmallit sitä suosittavat ja harvennusvoimakkuutta ei ole kuitenkaan laskettu lähtöpuuston edellyttämälle tasolle.

Asiasanat: harvennus, harvennusmallit, harvennusvoimakkuus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Forestry
The special questions of timber procurement

RANTANEN LAURA:

Intensity of thinnings and how thinnings are carried out in comparison with the models

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 2 pages
December 2015

The thesis was commissioned by Metsä Group, a Finnish forestry industry enterprise. The aim of this thesis is to figure out the intensity of thinnings and how these thinnings compare with the models of thinnings. The models of thinnings show the optimal limits to economically and silviculturally carried out thinnings.

The data of this thesis was collected by measuring 40 compartments in Pirkanmaa. The compartments were occasionally chosen from Metsä Group's customers, who had forest management plans. In all experimental plots the following quantities were measured: basal area, height, diameter and number of stems. The amount of these experimental plots were based on the area of compartments. With this information and information from forest management plans it was possible to quantify the intensity of thinnings. After comparing the results of measuring with the models of thinnings, it showed how well thinnings were made by models.

It was found out that the majority of thinnings were made according to the models of thinnings. The study also showed that the first thinnings were made stronger than later thinnings. The majority of too strongly thinned compartments were first thinnings and the compartments mostly consisted of pines. It was also concluded that one forest owner had many compartments in the same area and that led to thinnings in some compartments, which were not in need of thinning. With these compartments, that had not yet reached the optimal thinning time, the intensity was too strong compared with the treestand. The compartments, that needed to be thinned, the intensity was mostly implemented according to the models.

The conclusion of this thesis is to pay attention especially to the intensity of first thinnings when the dominant treespecies is pine. Too strongly made thinnings cause loss at growth of forest stand when the area is not in optimal use of wood production. Also intensity of thinnings should be at the level the treestand requires.

Key words: thinning, models of thinnings, intensity of thinnings

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	HARVENTAMINEN	8
2.1	Harvennusten metsänhoidollinen ja taloudellinen merkitys	8
2.2	Harvennusten vaikutukset jäävään puustoon	11
2.3	Harvennustavat	13
2.3.1	Alaharvennus.....	14
2.3.2	Yläharvennus.....	15
2.3.3	Laatuharvennus	15
2.4	Ensiharvennus ja muut harvennukset	16
2.4.1	Ensiharvennus	16
2.4.2	Muut harvennukset.....	17
3	HARVENNUSMALLIT JA NIIDEN TAUSTA	19
3.1	Hyvän metsänhoidon suositukset.....	19
3.2	Harvennusmallit.....	20
3.3	Männyn ja kuusen mallien taustat	21
3.3.1	Männyn optimointimalli	22
3.3.2	Kuusen optimointimalli.....	23
3.4	Muita tutkimustuloksia harvennusten ajoituksesta ja voimakkuudesta ...	24
3.5	Korjuujäljen tarkastukset	26
3.6	Hakkuukoneen kuljettajien työskentely harvennuksilla	27
4	AINEISTO JA -TUTKIMUSMENETELMÄT.....	29
4.1	Tutkimusaineisto.....	29
4.2	Mitattavat puustotunnukset.....	30
4.3	Mittausmenetelmä ja koealojen sijoittelu	30
4.4	Mittauksen kehittäminen ja mahdolliset tulosvirheet	31
5	TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI.....	33
5.1	Ensiharvennukset	36
5.2	Muut harvennukset	38
5.3	Mäntyvaltaiset kuviot	39
5.4	Kuusivaltaiset kuviot	40
5.5	Suosituksen mukaan harvennetut kuviot	41
5.6	Alle alarajan harvennetut kuviot.....	42
5.7	Vertailumittaukset Trestima–metsänmittausmenetelmällä.....	43
5.8	Johtopäätökset ja virhetarkastelu	45
5.9	Kehitysehdotukset.....	49
	LÄHTEET.....	50

LIITTEET	52
Liite 1. Maastolomake	52
Liite 2. Trestima ja omat mittaukset.....	53

1 JOHDANTO

Metsikön suurin kokonaistuotos eli biomassa, jonka metsikkö kaikkiaan pystyy tuottamaan, saavutetaan kasvattamalla metsikkö harventamatta. Tällöin metsikössä kuolee kilpailussa heikoille jääneitä puita luonnostaan kasvutilan loppuessa. Kokonaisuudessaan tämä luonnollinen poistuma voi olla jopa kolmannes puuston kokonaistuotoksesta. Harvennettaessa poistetaan yleensä noin kolmannes sen hetkisestä puustosta ja harvennuskertoja on yleisimmin 1–3. Vaikka harventamalla menetetään enemmän biomassaa kuin harventamattomissa metsiköissä, on se kuitenkin taloudellisesti ja metsänhoidollisesti järkevää, sillä harvennuksissa saadaan talteen luonnonpoistuman kautta menetettävää puustoa teollisuuden käyttöön ja metsänomistaja saa tuloja tasaisemmin koko metsikön kiertojen aikana. Lisäksi kasvu voidaan keskittää metsikön parhaisiin yksilöihin ja lisätä näiden yksilöiden kasvua ja laatua. (Huuskonen, Hynynen & Valkonen 2014, 68–69.)

Harvennuksen optimaalinen ajoitus ja voimakkuus riippuvat monesta eri tekijästä. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio on laatinut laajan tutkimustyön pohjalta Hyvän metsänhoidon suositukset (2014) ja harvennusten osalta harvennusmallit, joihin on laskettu harvennusten optimaalinen voimakkuus ja ajoitus. Harvennusmalleissa on huomioitu taloudelliset ja metsänhoidolliset näkökohdat sekä kasvupaikka, puulaji ja maantieteellinen sijainti. Taimikonhoidolla on merkittävä rooli ensiharvennuksen ajoituksen ja kannattavuuden suhteen. Ensiharvennuksen pieni viivästyttäminen lisää usein harvennustuloja, sillä korjattava puusto on ainespuunmitoissa ja korjuu näin kannattavampaa. Metsänhoidollisesti ensiharvennuksen ajoitus on kuitenkin tuloja tärkeämpää, sillä ensiharvennuksessa luodaan metsikölle hyvät kasvuedellytykset kehittyä tasaiseksi, elinvoimaiseksi ja järeäksi päätehakkuuseen asti. Mikäli ensiharvennusta lykätään liikaa puuston tarpeisiin nähden, ei puusto enää toivukaan toivotulla tavalla, ja harvennuksen hyödyt kasvun kiihtymisen suhteen pienenevät. Muiden harvennusten ajoitus ja voimakkuus taas riippuvat muun muassa kasvupaikasta, puulajista ja siitä, pyritäänkö laatupuun tuottoon. Tutkimusten mukaan optimaalinen harvennusvoimakkuus on noin 30 % puuston tilavuudesta, laatuharvennuksissa 40 %. (Ojansuu & Hynynen 2006; Huuskonen ym. 2014, 70–73; Äijälä, Koistinen, Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014.)

Tämä opinnäytetyö on Metsä Groupin toimeksianto. Tehtäväni on mitata 40 harvennuskuviota Pirkanmaalla ja selvittää toteutunut harvennusvoimakkuus ja verrata sitä Metsätalouden Kehittämiskeskus Tapion suosituksiin hyvästä metsänhoidosta ja harvennuksille laadittuihin harvennusmalleihin. Opinnäytetyössäni selvitän satunnaisesti valitun otoksen perusteella kuinka harvennusmallien noudattaminen toteutuu ja mahdollisia syitä harvennusmalleista poikkeamiseen. Ensiharvennusten rooli on etenkin metsänhoidollinen, ja niissä pyritään aikaansaamaan tilajärjestykseltään tasainen ja kehityskelpoinen metsikkö. Ensiharvennuksilla oletan esiintyvän enemmän poikkeamia harvennusmalleihin kuin muilla harvennuksilla. Muiden harvennusten oletan olevan suhteellisesti tasaisempia kuin ensiharvennusten. Lisäksi tarkoituksena on tarkastella lehtipuuston säilymistä kuvioilla, joilla sitä jo ennestään on.

Metsä Group on suomalainen metsäteollisuuskonserni, jolla on toimintaa 30 maassa. Metsä Groupin emoyritys on Metsäliitto Osuuskunta, johon kuuluu 122 000 metsänomistajaa osuuskunnan jäseninä. Osuuskuntaan kuuluvat lisäksi Metsä Forest ja Metsä Wood sekä osuuskunnan tytäryhtiöt Metsä Tissue, Metsä Fibre ja Metsä Board. Puunhankinta ja metsäpalvelut kuuluvat Metsä Forestille, jolle tämä opinnäytetyö tehdään. (Metsä Group 2015.)

Korjuun kannattavuuden ja sitä kautta suurempien harvennustulojen näkökulmasta on oletettavaa, että harvennukset toteutetaan suositusten alarajalle, elleivät lähtöpuusto tai muut tekijät edellytä muuta käsittelyä. Metsäkeskuksen korjuujäljen laadun tutkimuksissa on käynyt ilmi, että harvennukset toteutetaan useammin liian voimakkaina kuin liian lievinä, jolloin puusto jää liian harvaksi ja kasvutila ei ole optimaalisesti puutuotannon käytössä (Metsäkeskus 2011 & 2012). Harvennusajankohtaan taas vaikuttavat lähtöpuuston elinvoimaisuus ja kasvupaikka sekä tilatasolla pyrkimys mahdollisimman suuren alueen yhtäaikaiseen käsittelyyn, mikä voi aiheuttaa liian aikaisen tai myöhäisen harvennuksen puustoon nähden.

2 HARVENTAMINEN

Metsänkäytön historia puolsi pitkään harsintahakkuita, joissa poistettiin metsikön suurimpia puita suurien tukkipuiden kysynnän vuoksi. Tämä niin kutsuttu tukkipuun harsinta johti siihen, että metsiköstä haettiin tukkikokoinen arvokas puu yhdellä tai useammalla kertaa ja jätettiin metsä selviämään rajusta käsittelystä ilman mahdollisesti tarvittavia uudistamistoimenpiteitä. Tällöin mahdollisesti kasvamaan jäänyt pieni puusto ei toipunut käsittelyistä, mikä johti metsien puuntuotoskyvyn pysyvään ja laajamittaiseen alenemiseen. Jo vuonna 1948 metsänhoitomiehet antoivat julkilausuman harsintahakkuiden kestättömyydestä metsien käytön kannalta, ja tämä lausuma antoi alkusysäyksen luonnollisemmalle metsien käsittelyn kehityssuunnalle. Tämän jälkeen suosittiin alaharvennuksia, mutta varsinaisia harvennusmalleja ei ollut. 1970-luvulla alkanut metsätyön koneellistuminen ja teollisuuden kasvava puuntarve asetti entisestään tarpeen tutkia, miten harvennuksista saadaan kannattavia, kuinka usein ne kannattaa tehdä ja kuinka voimakkaina. (Vuokila 1970, 5–9.)

Luonnonmukaisen metsikön käsittelyn periaatetta kehitettiin Ilvessalon laatimien kasvu- ja tuotostaulukoiden tuloksista. Kalela (1948) esitti alaharvennusta kannattavat luontaisen käsittelyn periaatteet ja ensimmäiset nykyaikaisten suositusten kaltaiset harvennusohjeet, joilla pyrittiin poistamaan kilpailussa heikommalle jääneet puuyksilöt ja kasvamaan jäisivät tasaisesti metsikön kehityskelpoisimmat puut. (Kalela 1948.)

2.1 Harvennusten metsänhoidollinen ja taloudellinen merkitys

Harvennushakkuilla tavoitellaan metsikölle parempaa puuntuotoskykyä ja näin ollen parempaa rahallista tuottoa. Metsätalouden näkökulmasta harvennuksilla poistetaan puustoa, joka myöhemmin menetettäisiin luonnonpoistumana tai joka on tuotantopuuston kehityksen tiellä, kuten sairaita tai muuten viallisia puita. Harvennuksilla metsänomistaja saa välittömiä hakkuutuloja eli tuotto realisoituu jo kiertoajan alkupuolella ja harvennus parantaa puun laatua ja tukkiosuutta myöhempään harvennuksiin ja lopulta päätehakkukseen kasvattaen niiden arvoa. (Mielikäinen & Riikilä 1997, 24–25, 65, 67.)

Harvennuksilla pyritään saavuttamaan jo mahdollisesti taimikonhoidossa tavoiteltua puuston tasaisuutta, sillä metsikön sisällä kasvueroja aiheutuu etenkin puulajien välillä mutta myös mahdollisesti maaperän ja kasvillisuuden pienipiirteisestä vaihtelusta ja mahdollisista tuhoista sekä taudeista. Mikäli metsikkö jätetään hoitamatta, puusto valtaa koko kasvutilan juuriston ja latvusten käyttöön, jolloin lopulta saavutetaan niin sanottu itseharvenemisraja. Tällöin metsiköstä alkaa luonnollisen kilpailun kautta kuolemaan puita alkaen pienimmistä, alimman latvuserroksen puista. Harvennuksilla vapautetaan kasvutilaa ja jo kilpailusta kärsineet puut poistetaan pienemmän kokonsa ja usein heikomman laatunsa vuoksi. Näin kuviolle saadaan tasakokoinen ja -laatuinen puusto, jolla on tilaa kasvaa. (Huuskonen ym. 2014, 27–30.)

Metsikön puuston pituutta ja valta-asemaa kuvataan latvuserroksilla, joita ovat päävaltapuut, lisävaltapuut, välipuut ja aluspuut. Lisäksi metsikössä voi olla alikasvosta ja ylispuita. Hoidetuissa talousmetsissä puiden kokovaihtelu on suhteellisen pientä, sillä se on harvennuksien myötä tasoittunut. Puuston tilajärjestystä pyritään myös tasoittamaan harvennuksissa, sillä hyvin epätasainen ja aukkoinen metsikkö voi aiheuttaa jopa 20–25 %:n kasvutappion tasaisen tilajärjestyksen puustoon verrattuna. Puuntuotos ja laatu kärsivät aukkopaiikkojen reunoilla, sillä oksat jäävät karsiutumatta ja puu saattaa kasvaa toispuoleiseksi aukon suuntaan. Samoin laatu ja puuntuotoskyky heikkenevät tiheiden ryhmien keskellä, sillä paksuuskasvu kärsii ja puiden latvukset supistuvat. (Huuskonen ym. 2014, 29–30.)

Harvennusten taloudelliseen kannattavuuteen vaikuttavat leimikon ja puuston ominaisuudet, metsikön hoidon taso ja vallitsevat markkinat eli puun hinta. Myös harvennuksen ajoitus ja voimakkuus vaikuttavat kannattavuuteen kyseisellä harvennushetkellä mutta myös myöhemmissä hakkuissa. (Huuskonen ym. 2014, 68.)

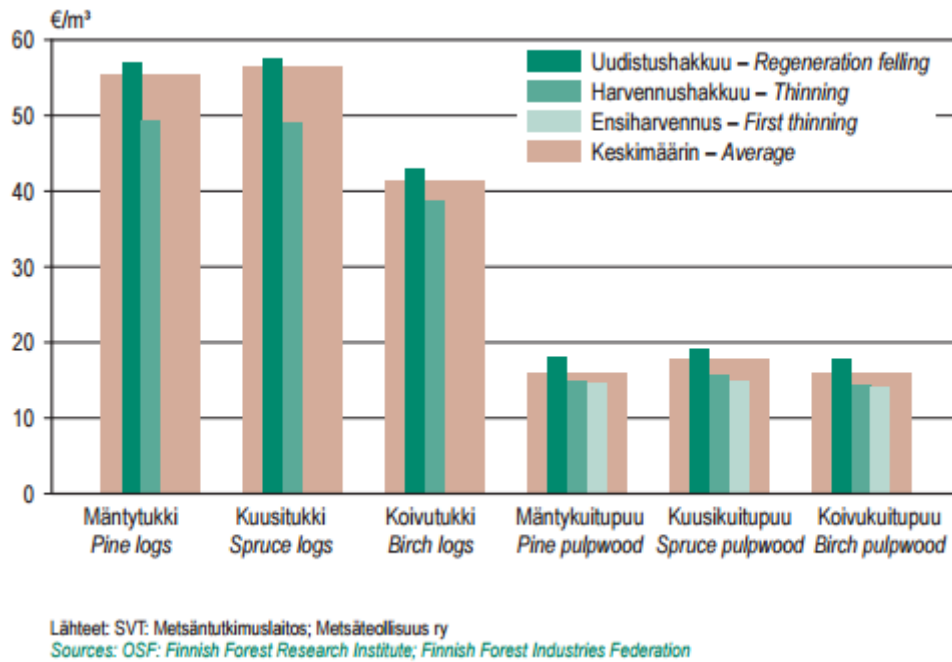
Oikea-aikaisella varhaisperkauksella ja taimikonhoidolla on todettu olevan parantava vaikutus puuston järeyskehitykseen ensiharvennusvaiheessa ja myöhemmin muissa harvennuksissa tukkipuusouden tuotokseen. Myös metsikön kiertoaika jää lyhyemmäksi, kun taimikkoa on hoidettu. Taimikonhoidosta aiheutuvat kustannukset tasoittuvat metsikön kiertoajalla antaen suuremman tuoton kuin hoitamatta jättäminen. (Huuskonen ym. 2014, 68–72.)

Leimikkotasolla harvennuksen kannattavuuteen markkinahinnan ohella vaikuttavat leimikon sijainti (hyvät metsätiet ja kaukokuljetusyhteydet), puuston ominaisuudet (hoitettu vai ei, puuston koko ja laatu), käsittelytapa (ensiharvennus, muu harvennus, päätehakkuu, muu käsittely) ja maaston ominaisuudet (kaltevuus, kivisyys). Lisäksi mahdollinen ennakkoraivauksen tarve laskee saatavaa kantohintaa. Leimikon korjuukelpoisuus (kesä, talvi vai kelirikko), leimikon pinta-ala ja tukkiosuus ovat myös hinnoittelun perustana, kuten myös yleisesti kyseisistä puutavaralajeista valmistettävien tuotteiden kysyntä markkinoilla. (Huuskonen ym. 2014, 36–37; Metsäteollisuus, Puukauppatilastot 2015.)

Koneellisen puunkorjuun kustannukset vaikuttavat metsänomistajalle maksettavaan puunhintaan. Korjuun kustannukset koostuvat hakkuutyöstä ja metsäkuljetuksesta eli hakkuukoneen ja ajokoneen työskentelystä. Hakkuukoneen ja ajokoneen työskentely (m^3/h) tehostuvat, kun työstettävien puiden runkokoko on suuri. Poistuvan puuston tiheys vaikuttaa myös molempiin työlajeihin, sillä tiheämmässä metsässä ei kulu työskentelyaikaa turhaan liikkumiseen palstalla ja poistuvan puuston määrä hehtaarilla kasvaa. Kuitenkin, mitä suurempi on rungon koko, sitä tehokkaampaa on etenkin ajokonetyöskentely. (Kuuluvainen & Valsta 2009, 108–110.)

Taloudellisesti ajateltuna tulisi suosia voimakkaita harvennuksia poistuman kasvattamiseksi, mutta liian voimakkaat harvennukset pienentävät puustopääomaa ja lisäävät metsikön kasvutappiota, kun koko kasvutila ei ole optimaalisesti käytössä. Myös lumen, myrskyjen ja hyönteistuhojen aiheuttamat riskit kasvavat harvennuksen jälkeen ja etenkin kuusella jokainen harvennuskerta on riski juurikäävän leviämislle. Liian lievinä tehdyt harvennukset taas johtavat useampiin harvennuskertoihin ja niiden kannattavuus poistuvan puuston määrän vähäisyyden vuoksi pienenee, metsikön kiertoaika pitenee, eli päätehakkuutulosten saanti viivästyy eikä liian lievinä tehty harvennus edistä puuston järeytymistä tehokkaasti. Harvennuskertojen taloudellinen optimimäärä riippuu monesta eri tekijästä ja metsikön ominaisuuksista, kuten tiheydestä ja kasvureaktion voimakkuudesta, vallitsevasta korkokannasta, metsänomistajan tuotto-odotuksesta ja korjuun kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista. (Kuuluvainen & Valsta 2009, 107–111.)

Seuraavassa tilastossa (kuvio 1) havainnollistuvat kantohintojen määrät ja hakkuutavan vaikutus kantohintaan. Ensiharvennuksien kantohinnat ovat siis alhaisimmat korkeampien korjuukustannusten mukaisesti, sitten harvennushakkuut ja suurinta kantohintaa maksetaan uudistushakkuista.



KUVIO 1. Yksityismetsien kantohinnat hakkuutavoittain 2013. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 153.)

2.2 Harvennusten vaikutukset jäävään puustoon

Harvennuksen jälkeen puiden välinen kilpailu vähenee tiheyden laskettua ja kasvutilan laajennuttua. Tiheyden laskettua myös valon määrä metsikössä lisääntyy, mikä nostaa metsikön lämpötilaa, edistää ravinteiden kiertoa ja siten juurten kasvua. Latvusto ei sido sadantaa enää yhtä paljon, ja lisääntynyt veden määrä voi etenkin turvemaidella nostaa pohjaveden tasoa ja ojitustarvetta, kun latvuspäitä ja maaperästä vettä haihduttava puusto vähenevät, sillä liian kostea maa hidastaa puiden kasvua. Talvella lumi pääsee kerrostumaan paksummaksi kerrokseksi, mutta roudan paksuus jää ohuemmaksi kuin tiheämmässä metsikössä. Keväällä routa ja lumi sulavat nopeammin valon ja lämmön ansiosta. Metsikköön vapautuu ravinteita vähitellen hakkuutähteistä – etenkin lehdistä ja neulasista – kasvavan puuston käyttöön kasvua lisäämään. Näiden muuttuneiden kasvuolosuhteiden aiheuttamaa puuston kasvua kutsutaan harvennusreaktioksi, jonka reagointiaika ja -voimakkuus riippuvat harvennusta edeltäneistä kasvuoloista, puulajista, puiden iästä, kunosta ja asemasta metsikössä. (Huuskonen ym. 2014, 74.)

Harvennusreaktio on voimakkain ja nopein kuusella, männyn ja hieskoivun reaktio on pienin ja rauduskoivu sijoittuu näiden välille. Kuusen reaktivoimakkuuteen vaikuttanee

viljava kasvupaikka, jossa metsikön pienilmasto muuttuu voimakkaimmin ja kuusen runsas hakkuutähdekertymä, mikä vapauttaa runsaasti ravinteita. Rauduskoivun latvusto ottaa lisääntyneen valon ja tilan nopeasti käyttöönsä, kun taas hieskoivun usein turvepohjaiset kasvupaikat estävät kasvureaktiota pohjaveden nousun takia. Männiköissä kasvureaktiota joudutaan usein odottamaan 5–10 vuotta ravinteiden hitaan vapautumisen vuoksi. Männiköillä tilavuuskasvu harvennuksen jälkeen on pitkään harventamatonta pienempää, kun muut puulajit ohittavat harventamattomien metsiköiden kasvun 11–20 vuodessa harvennuksen jälkeen. Puuston ikä vaikuttaa myös harvennusreaktioon. Nuori puusto reagoi vanhaa puustoa voimakkaammin. Metsikön valtapuilla on jo ennen harvennusta ollut parhaat kasvuolot, joten harvennusten suurimmat hyötyjät ovat keskikokoiset ja pienet puut, joiden kasvuolot muuttuvat eniten. (Hynynen, Valkonen & Rantala, S. 2005, 85, 90.)

Harvennus vapauttaa kasvutilaa latvuksille, joiden kasvu nopeutuu valon ja tilan ansiosta. Samoin kasvutilaa on vapautunut juuristolle, joka alkaa laajeta ja vallata kasvutilaa. Juuriston ja latvuksen kasvun myötä puu saa maasta enemmän vettä ja ravinteita, ja latvustossa on enemmän yhteyttämistuotteita ja -alaa. Tästä seuraa puun paksuuskasvun nopeutumista, sillä kasvava latvus tarvitsee vahvemman rungon. Pituuskasvuun harvennuksilla ei juurikaan ole vaikutusta. Tiheässä kasvaneet puut voivat saada niin sanotun harvennusshokin, jolloin puut eivät pysty käyttämään vapautunutta latvus- ja juuristotilaa hyväkseen olosuhteiden äkillisesti muuttuessa, ja hitaan totuttelun aikana osa puista saattaa keltastuttaa neulasensa haihduntaolosuhteiden muuttuessa ja yksittäisiä puita voi kuolla. (Huuskonen ym. 2014, 75–77.)

Harvennukset pääsääntöisesti edistävät metsätuhojen torjuntaa, sillä hoidettu metsä on harvennuksesta toivuttuaan tuhonkestävämpi kuin hoitamaton. Latvuksien ja juuriston kunto kertovat puuston elinvoimaisuudesta ja sitä kautta kestävydestä ulkoisia tuhonaiheuttajia vastaan. Vahvat juuret kestävät paremmin tuuli- ja myrskytuhoja ja vankempi latvus lumen painoa. Juuri harvennetut metsiköt ovat alussa alttiimpia myrsky- ja lumituhoille, sillä kestää aikansa, ennen kuin latvukset ja sitä kautta juuristo sopeutuvat tuuleen, joka pääsee nyt paremmin metsikön sisälle ja routaantumisen vähenemiseen, mikä lisää puiden kaatumisen riskiä talvella. Etenkin taimikonhoito ja ensiharvennus tulisi tehdä ajallaan, sillä liian tiheässä kasvaneen puuston latvukset supistuvat kasvutilan puutteesta ja puut riukuuntuvat eli puiden juuristo ja ohuet rungot eivät ole tarpeeksi vankkoja niitä kestäväksi. (Hynynen ym. 2005, 80–83.)

Harvennuksen riskinä jäävälle puustolle ovat mahdolliset korjuuvauriot puiden runkoihin tai juuristoon. Näistä kolhuista aiheutuu laatutappioita, mutta myös riski tyvilahoon. Etenkin Etelä-Suomen kangasmaiden kuusikoissa riskinä on useimmiten lahoa aiheuttava juurikäpää, joka leviää tartunnan saaneessa metsikössä sulan maan aikaan kivennäismaiden kuusikoissa kannoista ja juuriyhteyksien kautta, mutta pakkasen aikana lahottamisprosessi ja rihmastojen leviäminen pysähtyy. Siksi kesäharvennuksilla kannot käsitellään urea- tai harmaaorvakkavalmistein. Jo tartunnan saaneista metsiköistä tautia ei voida enää harvennuksin poistaa, vaan kantokäsittelyllä estetään taudin leviäminen harvennettaessa terveissä metsissä. Itä- ja Kaakkois-Suomen kangasmailla riskinä on mäntyihin iskevä juurikäpää, joka aiheuttaa tyvitervastautia. Myös näillä riskikohteilla käytetään sulan maan harvennuksilla kantokäsittelyä. (Kasanen 2009, 93–101.)

2.3 Harvennustavat

Harvennustavalla kuvataan menetelmää, jolla valitaan harvennuksessa poistettavat puut ja mitkä puut jätetään kasvamaan. Suomessa käytetään lähinnä valikointiin perustuvia harvennustapoja. Valikoivia harvennustapoja ovat alaharvennus, yläharvennus ja laatuharvennus. Systemaattinen harvennus tarkoittaa etukäteen sovitun systeemin mukaan tehtävää harvennusta, esim. tietyn määrävälän tai sijainnin jälkeen, mutta tämä ei sovellu kannattavaan metsänhoitoon Suomessa. Ajourien teko on systemaattista, mutta muuten harvennuksien käsittely on valikointiin perustuvaa. Ajourien leveys ja ajouravälän pituudella on merkittävä osuus harvennuksien onnistumisesta. Ajourilta poistettavat puut aiheuttavat tilajärjestyksen muuttumisen siten, että ajourien reunapuut saavat auenneesta kasvutilasta reunavaikutukseksi kutsutun kasvunlisäyksen valon, veden ja ravinteiden määrän kasvaessa ja uralta poistetut puut aiheuttavat metsikölle kasvutappiota. (Hynynen ym. 2005, 110; Mielikäinen ym. 1997, 95.)

Metsikön puiden kokoluokituksessa niiden pituuden mukaan käytetään Ilvessalon (1929) latvuserrosmallia (kuvio 2). Siinä puut on jaettu vallitsevaan latvuserrokseen eli päävaltapuihin (1), joita ovat metsikön pisimmät puut eli ylin ja vallitsevin latvuserros ja lisävaltapuihin (2), jotka ovat 80–90 % päävaltapuiden pituudesta ja latvukseltaan heikompiä puita. Vallittuun latvuserrokseen taas kuuluvat kolmannen latvuserroksen muodostavat välipuut (3), jotka ovat noin 80–70 % päävaltapuiden pituudesta ja ovat hei-

kosti kehittyneitä sivuvarjostuksen takia, sillä ne ovat usein valtapuiden väleissä. Alimman latvuserroksen muodostavat aluspuut (4), jotka ovat pituudeltaan noin 70–60 % päävaltapuiden pituudesta ja ylhäältä tulevan varjostuksen vuoksi välipuitakin heikomminkin kehittyneitä. Puuluokitukseen voidaan vielä tarpeen tullen lisätä alikasvos (A), jonka pituus on yli puolet pienempi kuin päävaltapuiden ja usein eri puulajia, ja ylispuut (Y), jotka ovat yli 40 vuotta muita puita vanhempia ja usein pidempiä ja järeämpiä kuin muut puut. (Ilvessalo 1929, 4–5.)



KUVIO 2. Latvuserrokset. (Puikko 2014, 9.)

2.3.1 Alaharvennus

Alaharvennuksessa tehdään kasvutilaa pää- ja lisävaltapuille ja poistettavat puut ovat kooltaan pienimmästä päästä. Myös huonolaatuiset, kuten mutkaiset ja haaraiset puut, poistetaan alaharvennuksissa. Alaharvennuksessa valitaan elinvoimaisimmat puut jatkaamaan järeyskasvua, jotta seuraavilla harvennuksilla ja päätehakuussa puusto on mahdol-

lisimman järeää ja kiertoaika lyhenee eli päätehakkuu on mahdollisimman aikaisin. Alaharvennuksen jälkeen metsikön keskiläpimitta nousee, koska poistumassa on enemmän pieniläpimittaista puustoa. Alaharvennusta käytetään etenkin ensiharvennuksilla, ja se on yleisin Suomessa käytettävä hakkuutapa. (Huuskonen ym. 2014, 79.)

2.3.2 Yläharvennus

Yläharvennuksessa poistettavia puita ovat pienempien puiden lisäksi metsikön vialliset, sairaat ja heikkolaatuiset puut sekä suurimmat päävaltapuut. Näin kasvu kohdennetaan hyväkuntoisiin lisävaltapuihin. Valtapuita poistetaan 50–100 puuta hehtaarilta valiten poistettavaksi suurempi puu ja pienempi jätetään kasvamaan. Yläharvennuksilla haetaan useimmiten suurempia hakkuutuloja tukkiosuuden kasvaessa, mutta samalla kokoerot ta-soittuvat ja usein puuston laatukin paranee, kun isot ja mahdollisesti oksikkaat puut poistetaan. Yläharvennus pidentää metsikön kiertoaikaa tai vastaavasti pienentää päätehakkuutuloja, jos kiertoaikaa ei kasvata noin 10–15 vuodella. Yläharvennusta ei suositella hitaamman kasvun vuoksi karuille kasvupaikoille eikä hoitamattomiin metsiin, sillä kasvamaan jätettävien lisävaltapuiden elinvoimaisuus on tiheyden vuoksi heikentynyt. Soveltuvia metsiköitä yläharvennuksille ovat hoidetut männiköt ja kuusikot. (Hynynen ym. 2005, 110; Huuskonen ym. 2014, 79–80; Äijälä ym. 2014, 156–157.)

2.3.3 Laatuharvennus

Laatuharvennuksessa metsiköstä poistetaan kehityskelvottomat ja huonolaatuiset, kuten oksikkaat puut, ja kasvamaan jää tällöin useimmiten metsikön lisävaltapuita. Laatuharvennuksessa tavoitellaan laadukkaan tukkipuun tuottoa myöhempiin hakkuisiin harven-tamalla huonolaatuisia puita kaikista kokoluokista. Laatuharvennusta käytetään lähinnä männiköihin varhaisena ensiharvennuksena, joten hakkuukertymä ei ole kovinkaan suuri, mutta korjuukustannukset alenevat, koska poistettavissa puissa on myös kookkaita yksilöitä. Toimenpiteenä laatuharvennus on tärkeä osa laatumännyn kasvatusta. (Huuskonen ym. 2014, 80; Äijälä ym. 2014, 155.)

2.4 Ensiharvennus ja muut harvennukset

Käsittelen työssäni ensiharvennuksia ja muita harvennuksia, joita tehdään kiertoajan kuluessa ennen päätehakkuuta 1-3.

2.4.1 Ensiharvennus

Ensiharvennus on ensimmäinen tuloja tuottava metsänhoidollinen toimenpide uudistamisen jälkeen. Ensiharvennuksen tulot riippuvat taimikonhoidon tasosta, poistettavien puiden koosta ja mahdollisen alikasvoksen ja muun pienpuuston aiheuttamista työvaikeuksista sekä lisäksi leimikon sijainnista ja muista leimikon ominaisuuksista. Metsikön kiertoajan tuottamasta kantorahatulosta ensiharvennus tuo noin 10 % koko tuotosta. Kuitenkin korkovaatimuksen kasvaessa aikaisten hakkuutulojen merkitys kasvaa tulojen diskonttauksen vaikutuksesta. Taloudellista kannattavuutta merkittävämpää onkin ensiharvennuksen metsänhoidollinen vaikutus tulevaisuuteen, sillä ensiharvennuksella luodaan kasvuedellytykset parhaille metsikön puille ja lisätään tukkiosuuden kasvua ja laatua, jotka lisäävät myöhempien hakkuiden kantorahatuloja. (Hynynen ym. 2005, 97–98; Huuskonen, 2014, 80; Äijälä ym. 2014, 147.)

Ensiharvennuksen ajankohtaa lykkäämällä voidaan vaikuttaa hakkuukertymään ja hakkuusta saataviin tuloihin, mutta lykkäämisellä on myös riskinsä. Ensiharvennuksen tärkeys metsikön jatkokehityksen kannalta on olennainen ja siksi on tärkeää, ettei metsikkö pääse riukuuntumaan ja latvukset liikaa supistumaan, sillä tällöin metsikön elinvoimaisuus ja toipumiskyky heikentyvät, ja tuhoherkkyys harvennuksen jälkeen kasvaa. Ensiharvennus tulisi tehdä ennen kuin latvukset supistuvat liikaa ja ylitiehyys alkaa karsia puustoa luonnonpoistuman kautta. Harvennus tulisi suorittaa ennen kuin latvukset supistuvat männyllä alle 40 %:iin rungon pituudesta ja kuusella ja koivulla alle 50 %:iin. Hoidtamattomassa metsikössä ensiharvennuksen ajankohta on usein suositeltua jo 10–11 metrin pituusvaiheessa (Etelä-Suomi) ja hyvin hoidetun taimikkovaiheen jälkeen 14–17 metrin pituusvaiheessa. Turvemailla ensiharvennuksen lykkääminen on usein perusteltua hakkuukertymän kasvattamiseksi ja pohjaveden nousun estämiseksi. (Mielikäinen ym. 1997, 68; Huuskonen ym. 2014, 81,84.)

Männikön ensiharvennuksen suositeltuna ajankohtana on 13–16 metrin valtapituus ja tiheys harvennuksen jälkeen 900–1000 runkoa hehtaarilla. Laatuharvennus voidaan toteuttaa jo 10–13 metrin valtapituudessa ja tiheys jätetään 1100–1300 runkoon hehtaarilla. (Huuskonen ym. 2014, 85–86.)

Kuusen ensiharvennus voidaan tehdä voimakkaana (jopa 40 % pohjapinta-alasta) voimakkaan harvennusreaktion vuoksi. Ensiharvennus suositellaan tehtävän 13–16 metrin pituusvaiheessa ja tiheys harvennuksen jälkeen olisi 900–1000 runkoa hehtaarilla. (Huuskonen ym. 2014, 87.)

Rauduskoivun ensiharvennuksen ajankohta on olennainen jatkokehityksen kannalta. Rauduskoivun pituuskasvu ja harvennusreaktio ovat voimakkaat, sillä pituuskasvua voi tulla nuorena metsikössä jopa metrin vuodessa. Ensiharvennus suositellaan tehtäväksi voimakkaana 13–15 metrin pituusvaiheessa ja kasvamaan jätetään 700–800 runkoa hehtaarille. (Huuskonen ym. 2014, 88.)

Hieskoivulla harvennusreaktio on heikko rauduskoivuun verrattuna, joten se jätetään suurempaan tiheyteen ja harvennetaan usein ainoan kerran 13–15 metrin valtapituudessa 900–1000 runkoon hehtaarilla. (Huuskonen ym. 2014, 89.)

2.4.2 Muut harvennukset

Ensiharvennusten jälkeen tehtävillä harvennuksilla on metsänhoidollisen merkityksen lisäksi vahva taloudellinen hyöty. Harvennustapa ja ajankohta riippuvat jo vapaammin metsänomistajan tuotto-odotuksista, markkinatilanteesta ja muista mahdollisista tavoitteista. Puuston elinvoimaisuus ja latvusten elintila ovat edelleen ratkaisevia perusteita harvennuksen ajoitukselle. Harvennusreaktio heikkenee puuston iän kasvaessa ja liian voimakkaat harvennukset voivat johtaa nuoruusvaihetta herkemmin kasvutappioihin. (Huuskonen ym. 2014, 82–83.)

Kuusella harvennuskertojen määrä kannattaa juurikäävän leviämisen riskin vuoksi pitää alhaisena. Kuusikoissa kaksi harvennuskertaa yleensä riittää, joskus myös kolmas harvennus yläharvennuksena voi olla kannattavaa. Liian voimakasta harvennusta tulisi välttää myöhemmissä harvennuksissa, sillä harvennusreaktio heikkenee ensiharvennusreaktiosta

– etenkin turvemaililla. Myös yhden harvennuksen menetelmää voi soveltaa kuusikoihin, jolloin ainoa harvennus tehdään 16–17 metrin valtapituudessa ja tiheys jää 700–800 puuhun hehtaarilla. Yhden harvennuksen malli voi soveltua reheville maille ja juurikäpäriskialueille. Kahden harvennuksen malli on kuitenkin usein kannattava ja kasvupaikasta riippuen sen ajankohta olisi 10–25 vuotta ensiharvennuksesta. (Huuskonen ym. 2014, 82–83, 87–88.)

Männiköiden harvennuskerrat riippuvat etenkin puuston laadusta. Laadullisesti heikommassa männiköissä kaksi harvennuskertaa riittää, ja tavoite on tukkipuun hyvä saanto. Mikäli puuston laatu on hyvä, voidaan harvennuskertoja lisätä kolmeen, jolloin kasvu keskitetään laatupuihin ja niiden kasvuun. Turvemaiden harvennuskertoiksi riittää yleensä kaksi, sillä kasvu- ja korjuuolosuhteet eivät useinkaan puolla kolmatta harvennusta. (Huuskonen ym. 2014. 82–83.)

Rauduskoivikoilla riittää kaksi voimakasta harvennusta, sillä rauduskoivu kasvaa ja järeytyy nopeasti ja harvennusreaktio on voimakas, kunhan metsikkö ei ole päässyt riukuuntumaan ja kasvamaan liian tiheässä. Toinen harvennus suositellaan kasvupaikasta riippuen tehtäväksi 10–20 vuotta ensiharvennuksen jälkeen ja jäävä tiheys on noin 400–450 runkoa hehtaarilla. Hieskoivulle ja ylipäätään turvemaille kasvavalle puustolle suositellaan yhtä tai kahta harvennusta heikon kasvureaktion, maan heikon kantavuuden ja korjuun kalleuden vuoksi. (Huuskonen ym. 2014, 83.)

3 HARVENNUSMALLIT JA NIIDEN TAUSTA

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio on maa- ja metsätalousministeriön rahoituksella laatinut Hyvän metsänhoidon suositukset -oppaan. Oppaassa on metsänhoidollisten tutkimusten perusteella laaditut käsittely- ja hoito-ohjeet metsänomistajille ja metsäalan ammattilaisille erilaisten tavoitteiden toteuttamiseksi lainsäädännön ja kestävän metsien käytön kriteereitä noudattaen. (Äijälä ym. 2014, 9–13.)

Suomessa metsien käyttöä säädellään laeilla, joista tärkein on metsälaki (1996/1083), jonka tarkoituksena on edistää metsien hoitoa ja käyttöä taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävällä tavalla siten, että metsät antavat kestävästi hyvän tuoton ja biologinen monimuotoisuus säilyy. Metsälakia täsmennetään valtioneuvoston asetuksella metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä, ja nämä määrittävät metsänkäsittelyn lakisääteiset raamit. (Metsälaki 1996/1083, 1 §.)

Metsälain 5 §:ssä määritetään, että kasvatushakuun jälkeen käsittelyalueelle on jätävä tasaisesti jakautuneena riittävästi kasvatuskelpoista puustoa. Käsittelyalueen maantieteellinen sijainti, kasvupaikka, kasvatushakkuiden toteuttamistapa ja valtapituus vaikuttavat kasvatuskelpoisen riittävän puuston määrän arvioinnissa. (Metsälaki 2013/1085, 5 §.)

3.1 Hyvän metsänhoidon suositukset

Hyvän metsänhoidon suositukset -opas on laadittu vastaamaan 2014 uudistetun metsälain muutoksiin, uuden tutkimustiedon tuottamiin tuloksiin, yhteiskunnan valistuneisuuden ja sitä kautta perustelujen tärkeyden lisääntymiseen ja ennakoituun ilmastonmuutokseen. Opas tarjoaa erilaisia käsittelyvaihtoehtoja erilaisin tavoittein (mm. monikäyttö, eri-ikäiskasvatus) ja painotuksin (taloudellinen, ekologinen ja sosiaalinen) metsiään hoitaville metsänomistajille ja alan toimijoille. Suositukset edustavat niin sanottua huippuhyvän metsänhoidon tasoa, seuraavaa tasoa edustaisi metsien sertifiointin (FSC, PEFC) mukainen metsänhoito ja pohjalla olisivat lain määrittämät vähimmäisarvot. Vuoden 2014 suositusten teema, ”tavoitteidesi mukainen metsä”, on vahvasti metsänomistajien erilaisia tavoitteita ja vaihtoehtoja tarjoava perusteleva ohjekirja. (Äijälä ym. 2014, 11; Vanhatalo 2014.)

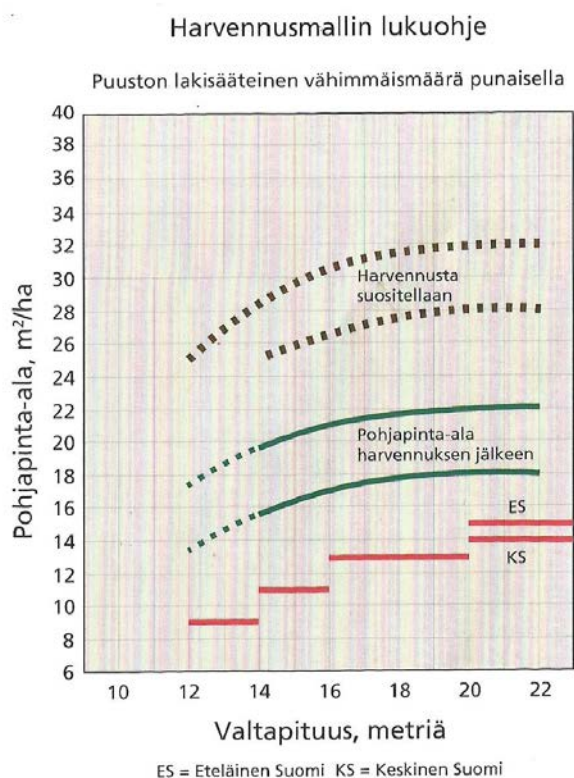
3.2 Harvennusmallit

Harvennusmallit löytyvät Hyvän metsänhoidon suosituksista ja suosituksista kootusta Maastotaulukot-oppaasta, ja niiden tehtävänä on osoittaa metsikön harvennustarve ja harvennuksessa kasvamaan jäävän puuston määrä. Harvennusmallilla näkyy puuston tiheys, jonka yksikkönä on pohjapinta-ala (m^2/ha) ja puuston kehitysvaihetta osoittaa valtapituus (m). Ensiharvennustarvetta ja ensiharvennuksen jälkeen jäävää puustoa arvioitaessa suositellaan käytettävän runkolukuun ja valtapituuteen perustuvaa taulukkoa. Harvennusmallit soveltuvat hoidettuihin viljelymetsiköihin ja tasaikäisinä luontaisesti syntyneisiin metsiköihin. Harvennuksen jälkeisen puuston määrän arviointiin voidaan käyttää pohjapinta-alan ja pituuden sijaan myös pohjapinta-alasta johdettua keskiläpimittaa, jolloin saadaan metsikön runkoluku pohjapinta-alan sijaan. Harvennusmalleja noudattamalla päästään kiertoajan kuluessa 1–3 harvennuskertaan riippuen puustosta, kasvupaikasta ja harvennusvoimakkuudesta. Harvennusmalleissa on otettu huomioon ajourien vaikutus, mutta mikäli mittaukset tehdään aina ajourien väliin, pohjapinta-alasta tulee tehdä 1–2 m^2 vähennys ja runkoluvusta 100–300 rungon vähennys saaduista tuloksista. (Äijälä ym. 2014, 245.)

Harvennusmalleja on laadittu kasvupaikan ja puulajin mukaan Etelä-Suomeen, jonka lämpösumma on yli 1200 d.d, Väli-Suomeen, jonka lämpösumma on 1000–1200 d.d. ja Pohjois-Suomeen, joka on alle 1000 d.d:n lämpösumma-alueella. Mallit on laadittu kasvupaikan perusteella kuuselle (lehtomainen kangas), kuuselle ja männylle (tuore kangas), männylle (kuivahko kangas ja kuiva kangas), rauduskoivulle (lehtomainen ja tuore kangas) ja hieskoivulle (viljava turvemaa). Ensiharvennustaulukkomalleissa on lisäksi ohjearvot lehtikuuselle ja haavalle. Ensiharvennettavalle metsikölle on laadittu yhteinen malli Etelä- ja Keski-Suomeen ja oma malli Pohjois-Suomen hoidetuille metsiköille, sekä yhteinen taulukko hoitamattoman metsikön harvennusmallista. Näissä malleissa on esitetty harvennettavan puuston valtapituus ja harvennuksen jälkeen jäävä runkoluku. Suositukset ohjeistavat jättämään sitä suuremman runkoluvun, mitä pienempää puusto on. (Äijälä ym. 2014, 240, 243–249.)

Harvennusmalli kertoo ruskeilla katkoviivoilla pohjapinta-alan ja valtapituuden perusteella rajat, jolloin harvennusta suositellaan. Vihreällä merkitään harvennuksen jälkeiset raja-arvot ja punaisella on merkitty lain määrittämät minimiarvot Etelä- ja Pohjois-Suomeen. Kun lähtöpuusto on raja-arvojen yläviivalla, on tällöin harvennettaessa pyrittävä vastaavasti jäävän puuston ylärajalle. Näitä ovat usein ylitiheät metsiköt ja näin pyritään

vaikuttamaan tuuli- ja lumituhoriskeihin. Vastaavasti pyritään harventamaan alarajalta alarajalle, jolloin harvennusvoimakkuus pysyy vakiona. Turvemaille sovelletaan samoja harvennusmalleja kuin kivennäismailla, mutta niihin voidaan tehdä pohjapinta-alaan 2-3 m²/ha lisäys harvennustarpeeseen ja 1-2 m²/ha lisäys jäävään puustoon kivennäismaihin verrattuna. Seuraavassa kuviossa (kuvio 3) on havainnollistettu harvennusmallin tulkitseminen. (Äijälä ym. 2014, 245.)



KUVIO 3. Harvennusmallin lukuohje.

3.3 Männyn ja kuusen mallien taustat

Hyvän metsänhoidon suosituksia varten harvennusmalleihin on laadittu taustaraportteja, joissa on tutkittu eri kasvupaikoille ja puulajeille soveltuvia malleja. Vuonna 2005 tehtiin laaja tutkimus taloudellisesti optimaalisista harvennuksista ja kiertoajoista männylle ja kuuselle. Tätä tutkimusta käsitellään Metlan työraportissa 143, jossa kuvataan tehty las-kentatyö ja taloudelliset muuttujat on otettu huomioon tuoreilla tiedoilla (puun hinta, korjuun kustannukset, korot ja muut markkinatilanteen muutokset). Aiemmat tutkimukset ovat jättäneet metsien taloudellisen kannattavuuden tutkimisen unohtaen pääoman kor-

kokustannuseriaatteen metsätaloudessa ja ovat keskittyneet lähinnä suuren tukkipuuntuotoksen käsittelyyn. Nyt painotus on metsäekonomisessa puolella ja tutkimuksessa haetaan optimoinnilla metsänkäsittelyketjuja, jotka tuottavat suurimman mahdollisen nettotulojen nykyarvon omistajalleen. (Hyytiäinen, Tahvonen, & Valsta 2006, 56.)

Optimointilaskelmien muuttujina haettaessa kuusen ja männyn mahdollisimman suurta nettotulojen nykyarvoa ovat harvennusvoimakkuus, harvennusten määrä (1–4), harvennustapa ja päätehakkuun ajankohta. Lisäksi Tapio antoi lumi- ja myrskyvaurioiden estämiseksi rajoitteita; ensiharvennuksilla poistuma sai olla korkeintaan 50 % puuston pohjapinta-alasta, myöhemmissä harvennuksissa korkeintaan 40 %. Harvennuksien minimipoistuman tuli olla 30 m³/ha. Ensiharvennuksilla laatuvalinnan ja ajouraverkoston takia poistettavia puita kaikista kokoluokista on oltava vähintään 23 %. Myöhemmissä harvennuksissa eri kokoluokan puita poistetaan välillä 5–95%. Lisäksi Tapio asetti kuivan kankaan männiköt harvennusvelvoitteeseen, kun pohjapinta-ala saavutti 28 m²/ha. (Hyytiäinen ym. 2006, 9, 11.)

3.3.1 Männyn optimointimalli

Männyn tutkimusaineistossa käytettiin vakiintuneita taimikoita, jotka olivat viljellen perustettuja tuoreella ja kuivahkolla kankaalla ja luontaisesti uudistettuja kuivan kankaan kasvupaikalla. Näihin kaikkiin sisältyy kustannuksia taimikonhoidosta, maanmuokkauksesta ja viljelyssä lisäksi kylvökustannukset. Korjuukustannuksien määrittelyssä käytettiin Metsätehon korjuukustannusmallia. Hinnoitteluperiaatteena sovellettiin laatuhinnoittelua ja perinteistä tukki-kuituhinnoittelua. (Hyytiäinen ym. 2006, 10–11.)

Matalaa korkotasoa seurattaessa harvennukset tehdään kevyinä ja puuston pohjapinta-ala pidetään suurempana, ja näin metsikön kiertoaika lisäämällä kasvatetaan harvennuskerroja. Vastaavasti tavoiteltaessa korkeaa korkoa kiertoaika pidetään mahdollisimman lyhyenä ja harvennukset voimakkaina, jolloin tulot saadaan realisoitua aiemmin ja suurempina. Kevyillä harvennuksilla pyritään käyttämään metsikön puuntuotoskyky mahdollisimman tarkasti ja keskitytään laadukkaaseen tukkipuuston kasvattamiseen. Harvennus olisi järkevää tehdä ennen kuin tiheys aiheuttaa luontaista puuston poistumaa ja valita poistettaviksi puiksi arvokynnyksen ylittäneet rungot, jotka nostavat arvokkaamman puutavaralajin kertymistä, esimerkiksi kuidusta tukiksi. (Hyytiäinen ym. 2006, 13.)

Taimikonhoidossa jätetty runkoluku määrittää ensiharvennuksen optimaalista ajankoh-
taa. Mitä suurempi runkojen määrä taimikonhoitovaiheessa on jätetty, sitä aiemmin ensi-
harvennus pitää tehdä ja poistuvia runkoja on enemmän. Harvennus tulisi ajoittaa ennen
tiheydestä johtuvaa luonnon poistumaa. Harvennuksen lykkääminen lähelle kyseistä rajaa
tekee ensiharvennuksesta kannattavampaa alhaisempien korjuukustannusten vuoksi. Har-
vennusta ei kuitenkaan kannata lykätä, mikäli metsikkö sitä jo kaipaa. Metsänhoidolliset
vaikutukset tasoittavat ensiharvennuksen kannattavuuden laskua koko kiertoajan jak-
solla, kuin jos se tehtäisiin myöhemmin ja puusto ei toipuisikaan harvennuksesta toivo-
tusti. Optimointimalleissa ensiharvennus pyritään tekemään ainespuuharvennuksena,
mutta energiapuuharvennus 10–12 metrin pituudessa puuston kehityksen kannalta on
myös järkevää, vaikka tukia ei saisikaan. (Hyytiäinen ym. 2006, 14.)

Harvennuksissa poistetaan puustoon sitoutunutta pääomaa, ja voimakkaammat harven-
nukset heikoimmilla kasvupaikoilla ovat järkevämpiä, sillä tukkiarvon laatukasvua ei ole
odotettavissa kiertoajan loppuvaiheillakaan. Tämä johtaa kiertoajan loppua kohden pie-
nenevään pohjapinta-alaan, joka on usein järkevä tapa rehevilläkin kasvupaikoilla, eten-
kin jos kiertoajan lopun harvennukset tehdään osittain poimintaluonteisena yläharven-
nuksena. Kiertoajan loppua kohden pienenevä pohjapinta-ala on myös usein perinteisen
kuitu–tukki-hinnoitteluperusteen vallitessa optimaalista. Laatuhinnoittelussa harvennus-
ten ajankohdat ovat hieman eriävät perinteiseen hinnoittelumalliin verrattaessa ja pohja-
pinta-ala säilyy tasaisemmin tai kasvaa, koska harvennukset ovat lievempiä ja niitä on
usein enemmän. Laatuhinnoittelun kannattavuudessa korolla on usein suurempi merkitys
kuin perinteisessä hinnoittelussa. Tutkimukset osoittavat, että päätehakuussa puuston
keskiläpimitta on sitä korkeampi, mitä pienempi taimikon tiheys on ollut. (Hyytiäinen
ym. 2006.)

3.3.2 Kuusen optimointimalli

Kuusikot ovat istuttaen perustettuja ja kustannuksia on kertynyt maanmuokkauksesta, is-
tutuksesta ja yhdestä taimikonhoidosta. Kuusen harvennuksilla korkeillakin koroilla poh-
japinta-alan taso on vielä viimeiselläkin harvennuksella korkeahko, eikä taimikon alkuti-

heys vaikuta juurikaan uudistettavan metsikön läpimittaan kuten männyllä todettiin. Ensiharvennus oli kannattavaa alaharvennuksena ja muut harvennukset yläharvennuksena. (Hyytiäinen ym. 2006, 11, 31).

3.4 Muita tutkimustuloksia harvennusten ajoituksesta ja voimakkuudesta

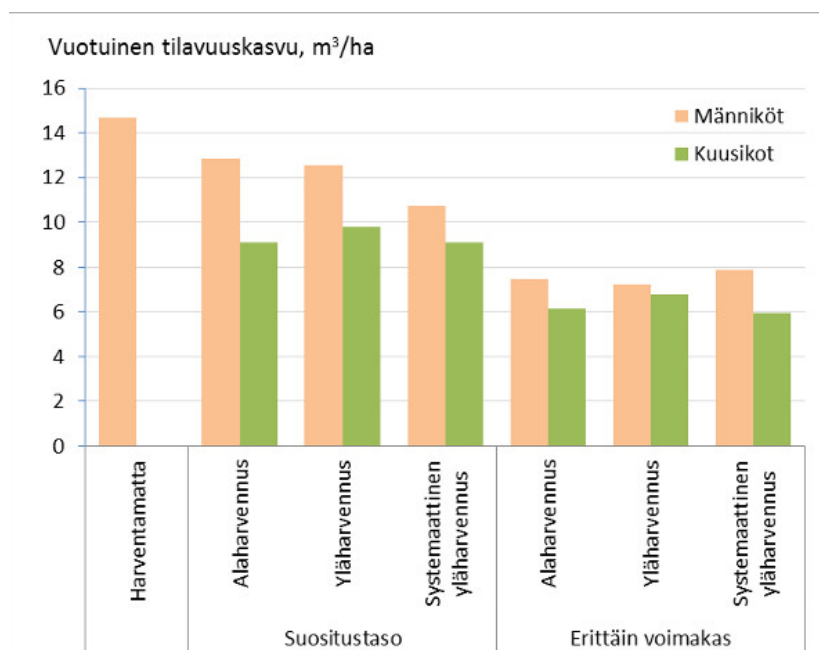
Tutkimukset ovat osoittaneet jo ennen tätä vuonna 2006 julkaistua optimointitutkimusta, että harvennukset tehdään usein suosituksia korkeammilla pohjapinta-aloilla ja harvennukset voimistuvat kiertoajan loppua kohden ja ne toteutetaan usein poimintaluonteisena yläharvennuksena, jolloin pohjapinta-ala on laskeva kiertoajan loppuun. Puuston epätasaisen tilajärjestyksen vertaaminen tasaiseen tilajärjestykseen osoitti, että epätasainen tilajärjestys aikaistaa ensiharvennusta ja alentaa jäävää pohjapinta-alaa verrattuna tasaiseen tilajärjestykseen. (Hyytiäinen ym. 2006, 45.)

Männikön ensiharvennusta voi viivästyttää 10–15 vuodella metsänhoidolliselta kannalta, mikäli taimikonhoito on tehty riittävän voimakkaana ja ajallaan. Viivästyttäminen (valtapituus 17,7 metriä) voi jopa kaksinkertaistaa poistuman määrän ja alentaa merkittävästi korjuukustannuksia. Aikainen harvennus, joka tehtiin 13 metrin valtapituudessa, taas käynnisti voimakkaamman järeyskasvun. Mitä voimakkaampana harvennus toteutettiin – eli käytännössä viivästetyissä harvennuksissa – aiheutti se puuntuotoksen alenemisen heti harvennuksen jälkeen. Tutkimuksessa männiköiden ensiharvennuksen ajoituksesta todettiin, että aikaisin harvennetut männiköt lisäsivät paksuuskasvuun harvennuksen jälkeisenä viitenä vuotena, kun taas myöhään harvennetuissa kasvun lisäystä ei vielä viiden vuoden kuluessa havaittu. Tutkimuksessa kuitenkin päädyttiin siihen, ettei ensiharvennuksen ajankohdalla koko kiertoajan suhteen olisikaan taloudellisesti suurta merkitystä. Puuston elinvoimaisuuden turvaaminen harvennusten oikealla ajoittamisella olisi tärkeintä, sillä myöhäinen harvennus siirtää myös seuraavan harvennuksen ajankohtaa, jolloin tulot siirtyvät kauemmas nykyarvosta. Tämä nähdään kannattavuuden laskuna, kun tulot diskontataan nykyhetkeen. (Hynynen & Arola, 1999.)

Metsäkeskuksen korjuujäljen mittausten mukaan männiköiden ensiharvennukset tehdään usein liian voimakkaina suosituksiin nähden, kun taas kuusikoilla tällaista ei ole havaittu. Kuitenkaan ei havaittu merkittäviä kokonaispuuston eroja tukkipuun osuudessa eikä kantorahatuloissa, oli harvennus toteutettu ajoissa kevyempänä tai myöhässä voimakkaam-

pana. Liian voimakas ensiharvennus voi kuitenkin aiheuttaa kuivahkon kankaan männiköissä jopa 25 % tilavuustappion, kun puusto ei pysty käyttämään vapautunutta kasvutilaa kokonaan hyväkseen. (Huuskonen & Ahtikoski 2005.)

Liian voimakkaina tehdyistä harvennuksista ei ole ollut merkittävää tutkimusaineistoa, mutta vuosina 2005–2008 perustetut voimakkaiden harvennusten koealat osoittavat, että liian voimakas harvennus johtaa puutuotostappioon, kun koko kasvutila ei ole kokonaan käytössä. Voimakkaat harvennukset aiheuttivat männiköissä 22 %:n runkotilavuustappion ja kuusikoissa 33 %:n tappion suositusten mukaisiin harvennuksiin verrattuna. Tuuli- ja lumituhoja ei esiintynyt juuri enempää kuin suositusten mukaisilla harvennuksilla, mutta koealat eivät olleet ihanteelliset tuhojen tutkimisen kannalta. Seuraavassa kuviossa (kuvio 4) on esitetty harvennusvoimakkuuden aiheuttamat erot. Suositukset ovat harvennusmallien mukaisen voimakkuuden mukaiset ja voimakkaat puolet suositusten määristä. (Metla 2.)



KUVIO 4. Vertailu suositusten mukaisten ja voimakkaiden harvennusten vaikutuksesta runkotilavuuteen kuusikoissa ja männiköissä. (Metla 2.)

Ojansuun ja Hynysen (2006) taustaraportissa suositusten uusimista varten tehdyissä laskelmissa (MOTTI-ohjelma) on tultu johtopäätökseen, että toisistaan merkittävästikin poikkeavat kasvatusohjelmat antavat kuitenkin lähes yhtä hyvät nettotulojen nykyarvot, vaikka harvennuskäsittelyt olisivat hyvinkin poikkeavat. Tutkimuksessa selvisi myös,

että nuoret metsät kannattaa pitää jopa suosituksia korkeammilla puustopääomilla sekä kuusikoissa että männiköissä parhaiden kannattavuuslaskelmien mukaan. Harvennusvoimakkuuden ihanteeksi saatiin 30 %, mutta järeiden laatumänniköiden kohdalla 40 %:n harvennusvoimakkuus antoi parhaan tuloksen. Ensiharvennukset suositetaan tekemään alaharvennuksina ja muut harvennukset ylaharvennuksina. Kiertoajan lyhentäminen johti tutkimuksessa muista tutkimuksista poiketen pienempään nettotulojen nykyarvoon, ja kiertoajan pidentäminen matalilla koroilla laskettuna pienensi nettotulojen nykyarvoa vain vähän, kun harvennukset toteutettiin suositusten mukaan. (Ojansuu & Hynynen 2006.)

3.5 Korjuujäljen tarkastukset

Harvennuksia seurataan etenkin korjuu- ja työnjäljen valvonnan avulla. Metsäkeskus valvoo säännöllisesti korjuujälkeä osana metsälain valvontaa Tapion kehittämällä tarkastusmenetelmällä. Korjuujäljen käsite harvennushakkuissa käsittää harvennusvoimakkuuden, puustovauriot, puuvalinnan, ajouravälit, ajouraleveydet ja ajourapainauumat. Käsite työnjälki kattaa lisäksi puutavaran laadun, metsään jääneen puutavaran määrän, latvuksiin ja kantoihin jääneen ainespuun, ympäristönhoidon ja varastopaikkajärjestelyt. Korjuu- ja työnjälkeä mitataan etenkin isoissa yrityksissä ja seurataan näin säännöllisesti korjuun onnistumista. (Metsäteho 2003, 4–5.)

Vuosina 2004–2012 Metsäkeskuksen tekemissä korjuujäljen tarkastuksissa mitatut harvennusvoimakkuudet olivat keskimääräisesti suositusten mukaan tehtyjä. Männiköiden ensiharvennuksissa harvennusvoimakkuus vaihteli 37–50 %:n välillä ja kasvamaan jäävät runkoluvut väleillä 836–950. Kuusikoiden ensiharvennuksissa poistuma vaihteli 35–53 %:n välillä ja runkoluvut 892–1042 kappaletta hehtaarilla. Rauduskoivulla poistuma vaihteli 38–61 %:n välillä ja runkoluvut olivat väleillä 706–873. Männikön muiden harvennusten poistumaprosentteja ei ollut saatavilla, mutta jääneet runkoluvut olivat väleillä noin 600–690 runkoa hehtaarilla. Kuusikoiden muissa harvennuksissa poistuma vaihteli 38–45 %:ssa ja runkoluvut 604–694 runkoa hehtaarilla. Vuonna 2012 huomautuksiin ja virheisiin johtaneita tarkastuksia oli 151 kappaletta 300:sta tarkastuskohteesta ja näistä harvennusvoimakkuuden osalta aiheutui 16 % huomautuksista ja virheistä. 3 %:ssa tapauksista metsikkö oli jätetty liian tiheäksi ja 13 %:ssa oli harvennettu liian harvaksi. Vuonna 2011 tehdyissä tarkastuksissa poikkeavia kohteita oli 163 kappaletta, joista 3 %

oli jätetty liian tiheäksi, 6 % hakattu liian harvaksi ja 13 % alle suositusten pohjapinta-alarajan. (Metsäkeskus, korjuujäljen laatu 2011 ja 2012.)

3.6 Hakkuukoneen kuljettajien työskentely harvennuksilla

Hakkuukonetyöskentelyä opetetaan ja seurataan työpisteajattelun avulla, jossa työpisteen keskipisteen määrittää hakkuukoneen puomin jalustan kohta. Työsektorin taas määrittää puomin tai ajokoneessa kuormaimen ulottuvuusalue eli alue, johon yletytään työpisteestä liikuttamatta konetta. Työsektori jaetaan etu- ja sivusektoreihin ja ajouraan. Harvennusta suoritetaan työpiste kerrallaan ja harvennuksilla työpisteet valitaan ajouran reunaan jäävien reunapuiden perusteella. Reunapuut ja sivusektoreilta ja ajouralta poistettavat puut määrittävät pysähtymiskohdan, joka on yleensä jäävien ajouranvarsipuiden kohdalla tai hieman edempänä, joten poistettavien puiden tyvet ovat sopivasti puomin ulottuvilla. Työpistetyöskentely on optimaalista, kun puiden ottoetäisyys puomin maksimiulottumasta on 60–100 %. Työteho kasvaa työpisteiden välien kasvaessa, mutta liian suuret välit lisäävät puustovaurioiden riskiä. Harvennustiheys tarkastetaan ennen uuteen työpisteeseen siirtymistä. Työpisteiden ketju muodostaa ajolinjan ja leimikkotasolla ajouraverkoston. (Kokkarinen 2012, 44–47.)

Sektorityömalli on perustyömalli harvennushakkuilla. Sen mukaisesti avataan ensin ajoura ja harvennetaan uran reunat. Seuraavaksi harvennetaan toinen etusektoreista ja saman puolen sivusektori ja viimeiseksi toisen puolen sektorit. Sektorit muodostavat noin 220 asteisen alueen työpisteellä. Työpisteellä 10–20 % poistettavista puista jää sivusektoreille, joilla käytetään hyväksi kuormaimen koko ulottumaa. 80–90% poistettavista puista on ajouran ja etusektorien muodostamalla alueella, joissa toimintaetäisyys on maksimissaan 8 metriä. Harvennuksen toteutuksen suunnittelu helpottuu, kun koneenkuljettajan näkemä olisi sen hetkiseltä työpisteeltä 3–5 työpistettä eteen- ja taaksepäin. (Kokkarinen 2012, 57, 81.)

Hakkuukoneen kuljettaja työskentelee annetun harvennustavan mukaisesti. Kaikissa harvennustavoissa poistetaan heikkolaatuisimmat puut ja jokaisella harvennustavalla harvennettaessa seurataan tilajärjestystä, kasvamaan jätettävien puiden mitta- ja laatuvaati-

muksia ja harvennusvoimakkuutta. Tavoitteena on puuston tasainen tilajärjestys ja harvennusmallien mukainen tiheys, joka saadaan osaltaan oikealla ajouran leveydellä ja ajouraväleillä ja samalla vältetään maasto- ja puustovaurioita. (Kokkarinen 2012, 53.)

Harvennusvoimakkuutta hakkuukoneenkuljettaja mittaa puoliympyrältä, jonka säde on 11 metriä. Helpoiten puoliympyrän saa mitattua hakkuukoneen 11 metriseksi avatun puomin avulla (myös metsurin mitalla) ja määrittämällä sillä puoliympyrälle jäävät puut. Puoliympyrälle jäävistä puista tulee määrittää rinnankorkeudelta keskiläpimitta, jonka saa kouralla mitattua (tai esimerkiksi mittasaksilla). Keskiläpimitalla saadaan Tapion harvennustaulukosta ohjerunkoluku kyseiselle läpimittaluokan puustolle. Kaadettavien ja kasvamaan jätettävien puiden valintaa helpottaa työpisteen jako ajouraan ja etu- ja sivusektoreihin, jolloin tilajärjestys, ajoura ja puuston tiheys on helpompi hahmottaa. (Kokkarinen 2012, 54–55.)

4 AINEISTO JA -TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimusaineiston sain Metsä Groupilta ja se käsitti syksyllä 2015 harvennettuja kohteita. Mitattavat tunnuksot perustuivat harvennusmallien tulkitsemiseen tarvittaviin puustotietoihin ja satunnaisotantaan, jotta tulos olisi mahdollisimman sattumanvarainen ja näin ollen kertoisi harvennusten todellisuudesta.

4.1 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto koostuu neljästäkymmenestä kesän 2015 jälkeen harvennetusta kuvioista, joiden pinta-alat vaihtelevat välillä 0,6–7,1 hehtaaria. Joukossa on ensiharvennuksia ja muita harvennuksia ja maantieteellisesti nämä sijoittuvat Pirkanmaalle (kuvio 5). Kuviot ovat sattumanvaraisesti valittuja harvennuksia Metsä Groupin sopimusasiakkaista, joilla on metsäsuunnitelma Metsä Groupilla. Sattumanvaraisella otannalla saadaan mahdollisimman vaihteleva kuva harvennusvoimakkuudesta erilaisilla kasvupaikoilla, puulajijakaumilla sekä hoidollisesti eritasoisissa metsiköissä. Näin tuloksiin ei päästä ennalta vaikuttamaan, mutta tulokset ovat vertailukelpoisia, sillä kaikki kohteet ovat sulan maan aikaisia harvennuksia ja mittausolosuhteet ovat samanlaiset kaikissa mittauksissa.



KUVIO 5. Koealojen sijoittuminen Pirkanmaalla.

4.2 Mitattavat puustotunnukset

Runkoluku mitattiin kappalemääränä hehtaarilla. Tämän mittasin 5,64 metrin mittanauhalla ja saadun runkoluvun ympyräkoelalla kerroin 100:lla, jotta tulos saatiin muotoon runkoa hehtaarilla. (Rantala 2007, 175.)

Pohjapinta-ala kertoo metsikön puiden pohjapinta-alojen summan ja yksikkönä se ilmaistaan m²/hehtaari. Tämän mittasin 65 senttimetrin ketjun päässä olevalla ketjurelaskoopilla käyttäen sen 1,3 cm:n hahloa, jolloin jokainen hahlon täyttävä puu vastaa yhtä neliometriä hehtaarilla (m²/ha). Mikäli koelalle osui rajapuita, eli juuri hahlon mitat täyttäviä runkoja, laskin näistä joka toisen mukaan pohjapinta-alaan. (Rantala 2007, 174.)

Keskiläpimitan arvioinnissa käytin aritmeettista eli laskennallista keskiarvoa koelalle osuvien puiden läpimitasta. Keskiläpimitan perusteena on yhden silmävaraisesti valitun, koealan puiden keskiläpimittaa edustavan puun mittaus puulajeittain. Keskiläpimittaa tarkastellaan aritmeettisena Hyvän metsänhoidon suosituksiin perustuvassa Maastotaulukot-kirjassa, jossa harvennuksen jälkeisen puuston määrän mittaukseen voidaan harvennumallien lisäksi tulkita aritmeettiseen keskiläpimitaan ja runkolukuun perustuvaa taulukkoa. Läpimitan mittauksessa käytin talmeteriä. (Tapio, Fälttabeller 2014, 24–37.)

Harvennumalleissa pituustunnuksena käytetään valtapituutta. Valtapituus tarkoittaa sadan hehtaarilla kasvavan läpimitaltaan paksuimman puun aritmeettista keskipituutta. Valtapituuden mittauksessa käytin Nikonin laserkorkeusmittaria. Valtapituuden mittaukseen valikoin yhden koealan isoimmista puista. (Kangas & Päivinen 2000, 66.)

Puuston iän sain suoraan Metsä Groupin metsäsuunnitelmien kuviotiedoista, joissa oli puuston ikä kuvioittain ja puulajeittain. Suunnitelmien tekovuosi vaihteli välillä 1990-2015, mutta puiden kasvu oli päivitetty suunnitelmiin kerran vuodessa.

4.3 Mittausmenetelmä ja koealojen sijoittelu

Mitattavia kohteita olivat valmiin metsäsuunnitelman mukaiset metsikkökuviot. Koealamäärät sain toimeksiantajalta; yhden hehtaarin ja sitä pienempien kuvioiden koealamäärä oli viisi kappaletta ja jokaista alkavaa hehtaaria kohden viisi koealaa lisää, kuitenkin niin,

että maksimissaan mitattavia koealoja tuli 20 kappaletta kuviolle. Koealoja on suhteellisen paljon, jolloin päädyimme oletukseen, että ajourien vaikutukset jakaantuvat tasaisesti. Tapion harvennusmalleissa on myös otettu ajouravaikutus huomioon, eli mallit pätevät, kunhan ei mittaa aina ajourien välistä. Mikäli mittaus tehdään ainoastaan ajourien välissä, tulisi tehdä 1–2 m²:n vähennys pohjapinta-alaan ja 100–300 vähennys runkolukuun. Itse mittaillessani tarkkailin koealojen sijoittelua ja pyrin seuraamaan koealojen suhdetta ajouraan etenkin pienemmillä kuvioilla. Koealavälin mittauksessa käytin askelmittaa.

Kuviolta mitattiin relaskooppi-koemat systemaattisen välimatkamenetelmän mukaan seuraavalla kaavalla:

$$Välimatka = \sqrt{10000 * \frac{Pinta-ala}{koealojen\ määrä}}$$

Koemat siis sijoituivat kuviolle kaavan avulla tietyn metrimäärän välein toisistaan. Kuviot ovat usein hyvinkin epäsymmetrisiä, joten ensin suunnittelin kartalle koealojen sijoittelua ja sen jälkeen kuvion muotoja seuraten toteutin ne maastossa. (Kangas & Päivinen 2000, 160–161.)

Tulokset kirjasin maastossa paperiselle maastolomakkeelle (Liite 1). Maastotyön jälkeen siirsin mittaustulokset Exceliin, jossa sain jokaiselle kuviolle koealojen keskimääräiset puustotunnukset. Näiden tulosten perusteella vertailin niitä harvennusmalleihin ja kuinka harvennukset niille sijoituivat.

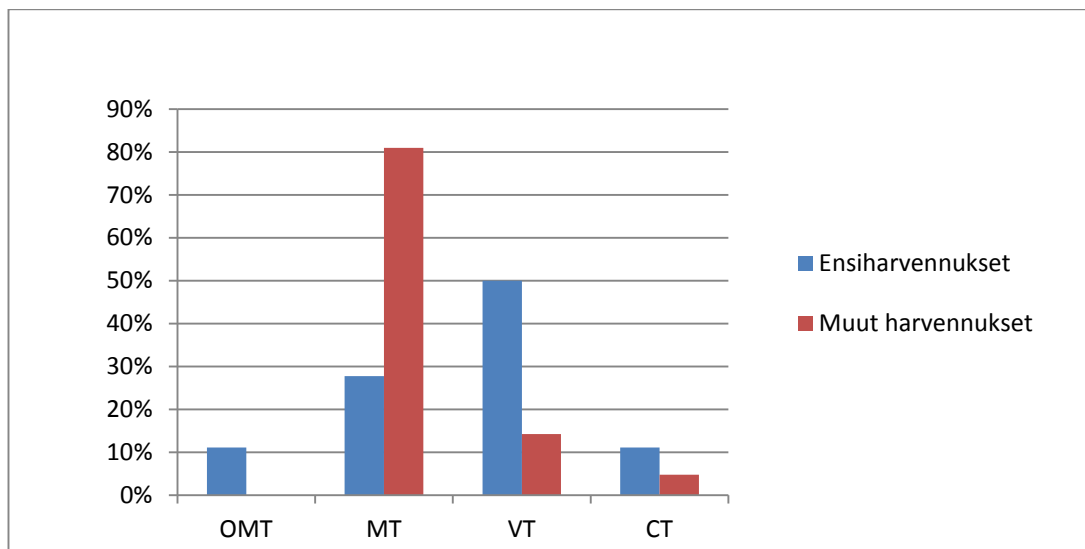
4.4 Mittauksen kehittäminen ja mahdolliset tulosvirheet

Ensimmäiset kaksi mittaamaani kuviota muodostuivat niin sanotuiksi testikuvioiksi, joiden jälkeen tein kaksi muutosta. Vaihdoin keskiläpimitan mittauksessa käyttämäni kaulaimen ja sitä kautta saamani kahden senttimetrin tasaavan läpimittaluokituksen talmeteeriin, jotta sain keskiläpimitan puolen senttimetrin tarkkuudella. Kaulaimen antama tulos nosti keskiläpimittaa ensiharvennuksella mielestäni jopa huomattavasti. Toinen muutos oli runkoluvun mittausmenetelmän vaihtaminen 3,99 metrin koealasäteestä 5,64 metrin koealasäteeseen, eli yhden aarin koealaan, sillä harvennuksilla liian pieni koealaympyrä ei anna luotettavaa tulosta runkoluvusta.

Mittaukseen liittyy inhimillisten virheiden mahdollisuus monessa vaiheessa. Maastomittauksessa kaikkiin puustotunnusten mittauksiin sisältyy mittausvirheen mahdollisuus ja samoin koealojen sijoitteluun ja edustavuuteen kuviolla. Lisäksi tulosten kirjaamisessa voi tulla näppäilyvirheitä ja harvennusmallien lukemisessa. Nämä virhemahdollisuudet ovat kuitenkin koko ajan tiedossa, joten niiden välttäminen on mahdollista huolellisella työskentelyllä.

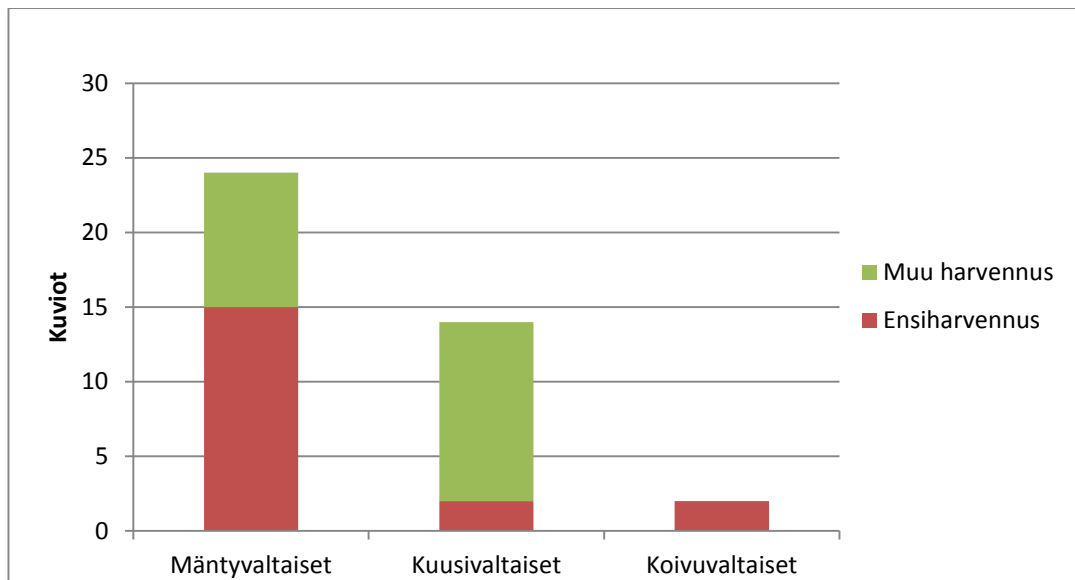
5 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

Mittaamistani kuvioista ensiharvennuksia oli 19 kappaletta ja muita harvennuksia 21 kappaletta; yhteensä 40 kuviota. Metsätyypeistä tuoreen kankaan (MT) kasvupaikkoja oli yli puolet, 53 %. Kuivahkolle kankaalle (VT) osui 30 % kuvioista, kuivalle kankaalle (CT) 8 % ja lehtomaiselle kankaalle 5 %. Seuraavassa kuvioissa (kuvio 6) hahmottuvat mittamieni kuvioiden metsätyyppit ensiharvennuksille ja muille harvennuksille jaoteltuna.



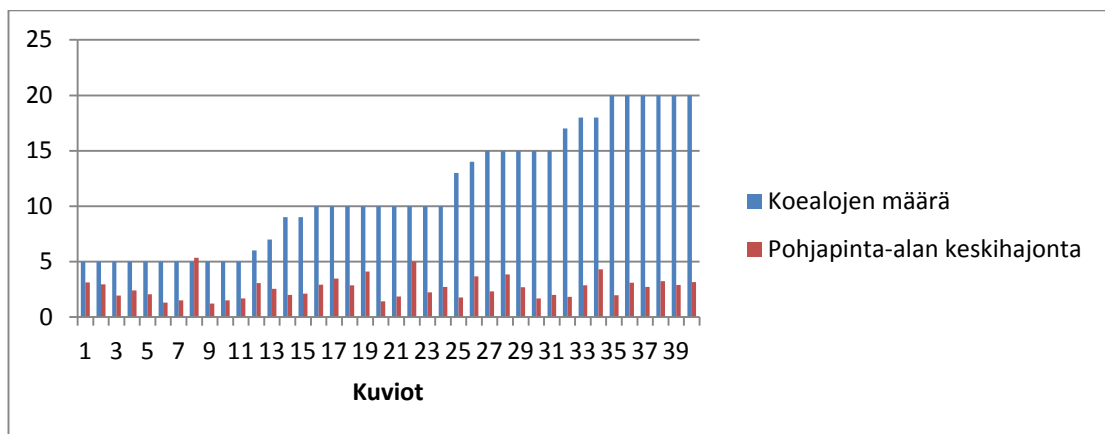
KUVIO 6. Harvennuskuvioiden jakautuminen metsätyypeittäin.

Tulosten käsittelyä varten jaottelin kuviot ensiharvennuskuvioihin ja muihin harvennuskuvioihin. Lisäksi tein jaottelun valtapuulajin mukaan. Mäntyvaltaisia kuvioita (mäntyä yli puolet pohjapinta-alasta) oli 24 kappaletta eli 60 % kaikista kuvioista, kuusivaltaisia oli 14 kappaletta eli 35 % kaikista kuvioista ja koivuvaltaisia oli 2 kappaletta eli 5 % koko mittausaineistosta. Koivikoita en käsittele erikseen, sillä otos on liian pieni. Tilastollisesti aineistoon tekemääni jaotteluun otoskoko on pienehkö, mutta tuloksia voidaan pitää suuntaa antavina harvennuksien sijoittumisessa harvennusmalleihin ja harvennusvoimakkuuden seurannassa. Seuraavassa kuviossa (kuvio 7) on kuvattu graafisesti kuvioiden jakautuminen valtapuulajin ja harvennuksien mukaan.



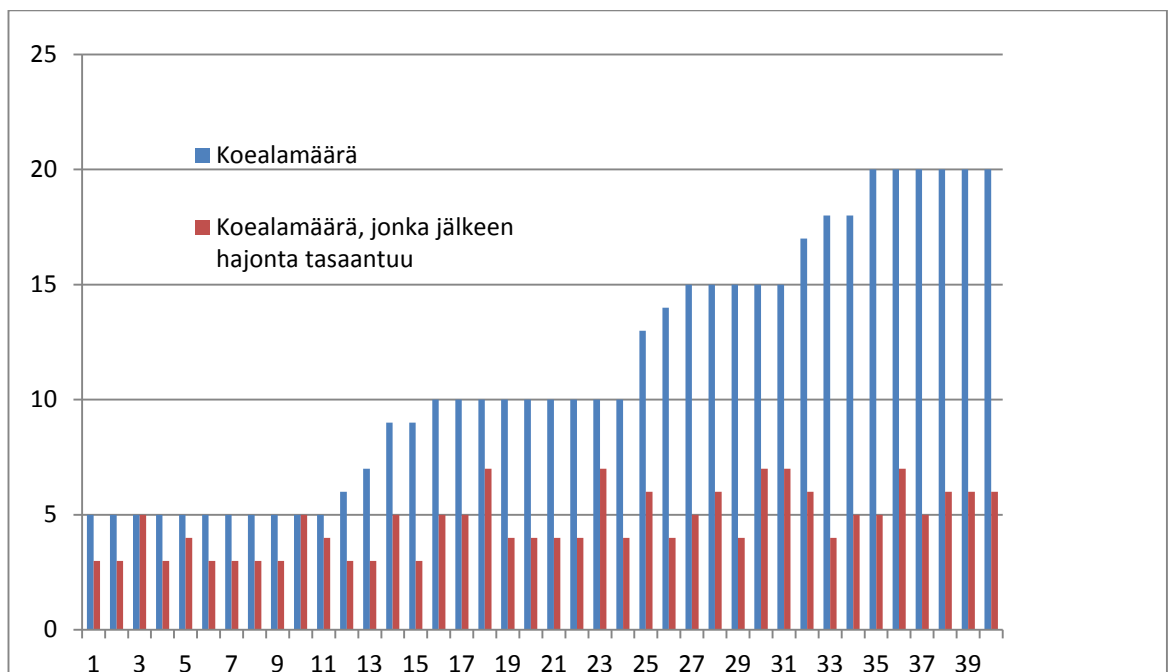
KUVIO 7. Puuston jakautuminen pääpuulajin ja harvennusten mukaan.

Koealamäärä vaihteli mitattavan kuvion pinta-alan mukaan. Korrelaatiota ei löytynyt kuvioittaisen pohjapinta-alan keskihajonnan ja pinta-alan suhteen, joten koealojen määrä on ollut riittävä vaihdellessaan 5 ja 20 välillä pinta-alasta riippuen. Puuston ikä ja keskiläpimitta taas korreloivat odotettavasti vahvasti keskenään, sillä iän karttuessa myös läpimitta kasvaa. Lisäksi vahva korrelaatio (arvo 1) löytyi harvennusvoimakkuuden ja lähtöpuuston välillä; mitä suurempi oli lähtöpuusto, sitä voimakkaampi oli harvennus. Ohessa kuvaaja (kuvio 8), jossa näkyy keskihajonnan riippumattomuus koealamäärästä.



KUVIO 8. Koealamäärä ja pohjapinta-alan keskihajonta kuvioittain.

Koealamäärän riittävyys kuviokohtaisesti voidaan määrittää laskemalla jokainen koeala vuorollaan ja verrataan edellistä ja edellisiä koealoja aina seuraavaan. Tämä saadaan laskettua pohjapinta-alojen keskiarvon, keskihajonnan, keskivirheen ja näiden kautta saatavien luottamusvälien ylä- ja alarajojen avulla. Näistä saadaan siis skaala, jonka sisällä kuvion todellinen keskiarvo on 95 %:n todennäköisyydellä. Tämän avulla voidaan kuvaajan avulla määrittää, kuinka monta koealaa kuviolta olisi riittänyt mittauksiin, eli minkä koealan kohdalla keskihajonta ei enää juurikaan muutu. Tämä siis kertoo, kuinka monen koealan jälkeen saadaan kuviota edustava otos. Seuraavassa kuviossa (kuvio 9) näkyvät koealamäärät ja koealat, joilla olisi jo saatu riittävän tarkka tulos.



KUVIO 9. Kuviot, mitatut koealat ja koealamäärä, jolla pohjapinta-alan keskihajonta tasoittuu.

Koealojen riittävyys keskimäärin yksi hehtaaria ja sitä pienemmillä kuvioilla oli neljä koealaa. 1–2 hehtaarin kuvioilla keskimääräinen koealamäärä olisi ollut riittävä myöskin neljällä koealalla. Kuviot, joiden pinta-ala oli yli 2 hehtaaria, riittävä koealamäärä olisi ollut kuusi kappaletta. Mitattuja kuvioita on siis reilusti etenkin isommilta kuvioilta.

Tulosten käsittelyssä vertaan saatuja arvoja harvennusmallien alarajaan, sillä se on alin arvo suositusten mukaisesti ja näin vähimmäisarvo vertailuun. Sallin pohjapinta-alaan $\pm 1 \text{ m}^2$:n heiton alarajasta ja ± 100 runkoa/ha heiton alarajasta, sillä koealat ovat relaskoopikoealoja, joilla mittaustarkkuus ei ole verrattavissa yksin puin mitattuihin metsiköihin.

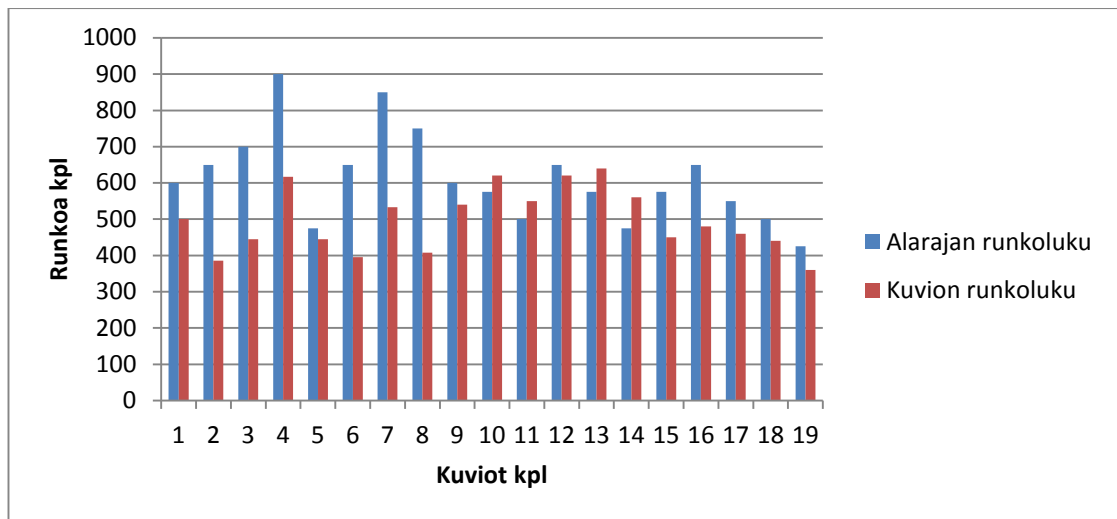
Lisäksi koin ajoittain, että kuvion muodosta riippuen koealat osuivat systemaattisen metrimäärän kaavalla liikaa ajourille, ja näin pohjapinta-ala ja runkoluku ovat saattaneet jäädä todellisuutta alhaisemmiksi esimerkiksi kapeilla ja pitkillä kuvioilla, jolloin koealat osuivat ajouralta ajouralle.

Lisäksi haluttiin selvittää lehtipuuston säilyminen harvennuksilla, mikäli sitä on kuviolla ollut lähtötietojen mukaan ennen harvennusta. Valituista 40 kuvioista lähes kaikilla oli lehtipuustoa säilynyt kuviolla tai tullut pohjapinta-alaan, vaikka sitä ei lähtöpuuston tiedoissa olisi ollutkaan. Ainoastaan kolmella kuviolla ei koealoihin osunut lehtipuuta vaikka sitä lähtötiedoissa olikin 1–2,8 m². Määrä on hyvin pieni ja tämäkin voi johtua siitä, ettei koealoihin vain osunut lehtipuuta, vaikka sitä siellä olisi ollutkin. Tämä kertoo siitä, että lehtipuuston säilyttäminen on hyvin onnistunut otoksen kuvioilla.

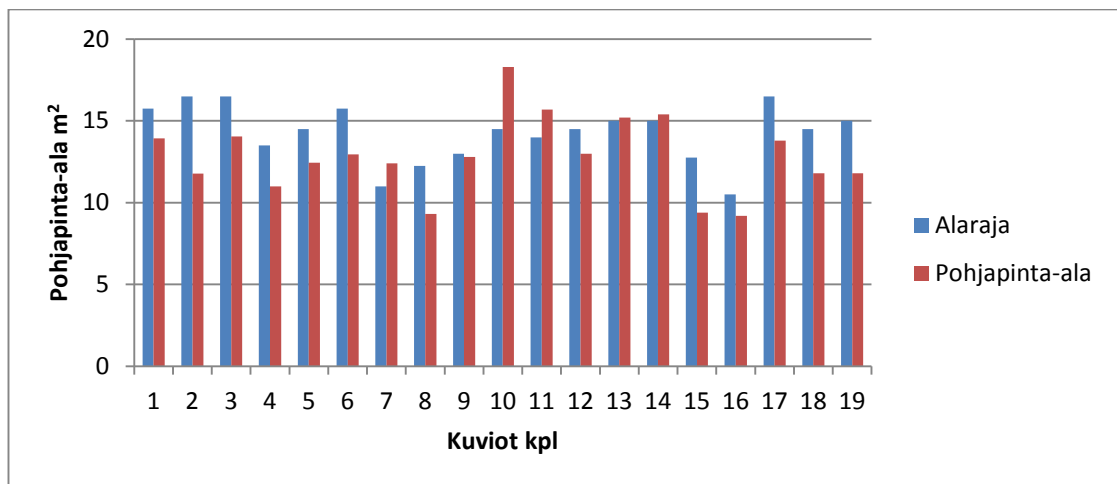
5.1 Ensiharvennukset

Ensiharvennuksilla lähtöpuusto korreloi täysin (arvo 1) harvennusvoimakkuuden kanssa, eli mitä suurempi on ollut lähtöpuusto, sitä voimakkaammin on harvennettu. Ensiharvennusten valtapituus harvennuksen jälkeen sijoittui välillä 12–17 metriä, joten liian aikaisin ei ensiharvennuksia pääsääntöisesti ole tehty, sillä pituudet ovat harvennusmallien mukaisissa rajoissa. Keskimääräinen valtapituus ensiharvennuskuvioilla oli 14,7 metriä.

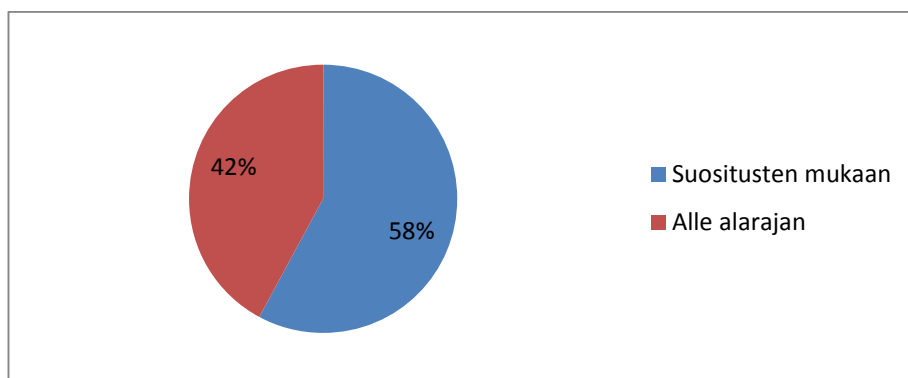
Ensiharvennuksilla käytän runkolukuun ja valtapituuteen perustuvaa harvennusmallia sekä pohjapinta-alaan perustuvaa mallia ja niiden alarajaa, sillä runkoluku on ensiharvennuksilla pohjapinta-alaa havainnollistavampi, mutta pituuden mukaan myös pohjapinta-alamallia voi käyttää. Ensiharvennukset sijoittuvat alarajalle ja suosituksiin nähden 58 %:ssa kuvioista ja loput 42 % asettuivat alle suositusten vaihteluvälillä 125–342 runkoa alarajalta. Suositusten mukaan harvennettujen kuvioiden (kuvio 12) runkoluvut sijoittuivat väleille -100–85 runkoa alarajalta. Pohjapinta-alan mukaan tarkasteltuna 37 % kuvioista oli harvennettu suositusten mukaan ja 63 % jäi alle. Pohjapinta-ala sijoittuu -5-4 m² alarajasta. Seuraavassa kuviossa (kuvio 10) on havainnollistettuna suositusten alarajat ja kuvion runkoluku sekä pohjapinta-ala (kuvio 11).



KUVIO 10. Runkolukujen sijoittuminen suositusten alarajalle ensiharvennuksilla.



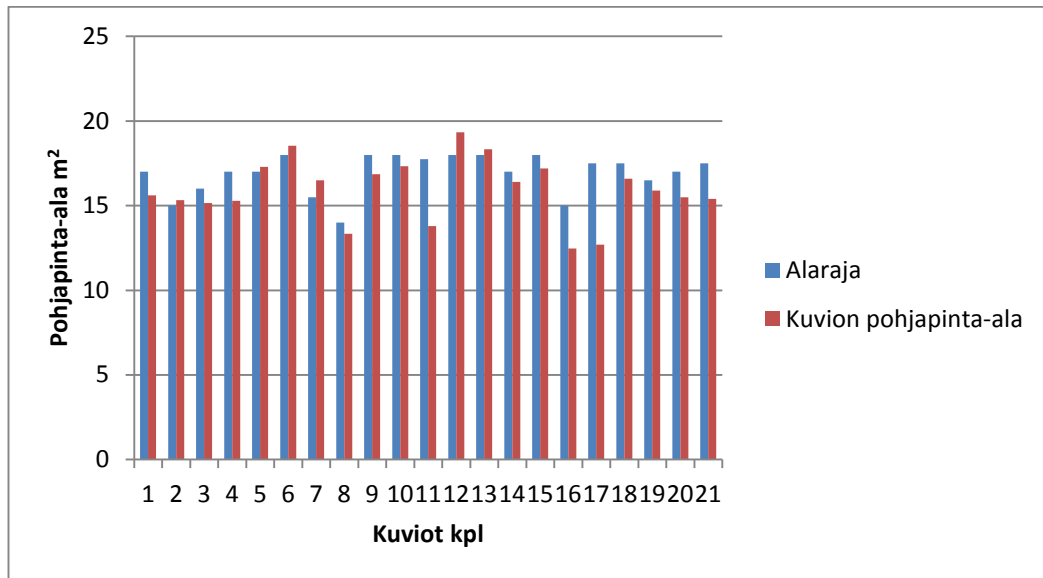
KUVIO 11. Ensiharvennusten sijoittuminen suositusten alarajalle pohjapinta-alan mukaan.



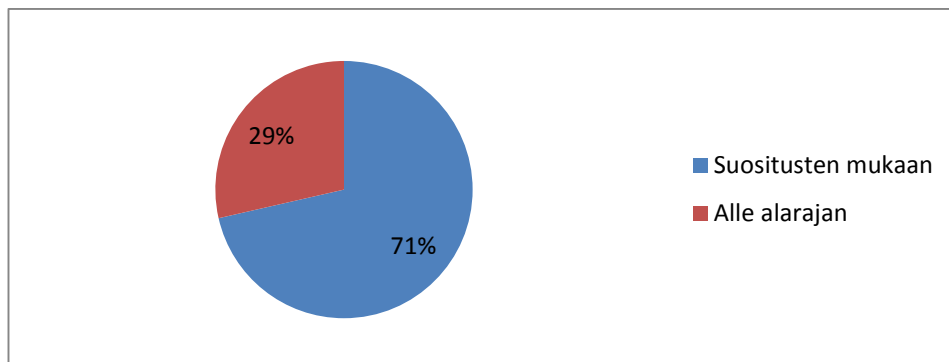
KUVIO 12. Vertailu metsänhoitosuositukseen runkoluvun osalta ensiharvennuksilla.

5.2 Muut harvennukset

Muut harvennukset esitän pohjapinta-alan ja valtapituuden suhteen (kuvio 13). Harvennuksilla 71 % kuvioista sijoittui alarajalle ja 28 % kuvioista jää sen alle $-4-1 \text{ m}^2$ pohjapinta-alasta (kuvio 14). Seuraavassa kuviossa on esitettyä suositusten alaraja ja mitattu pohjapinta-ala. Keskimääräinen valtapituus harvennuskuvioilla oli 17,5 metriä.



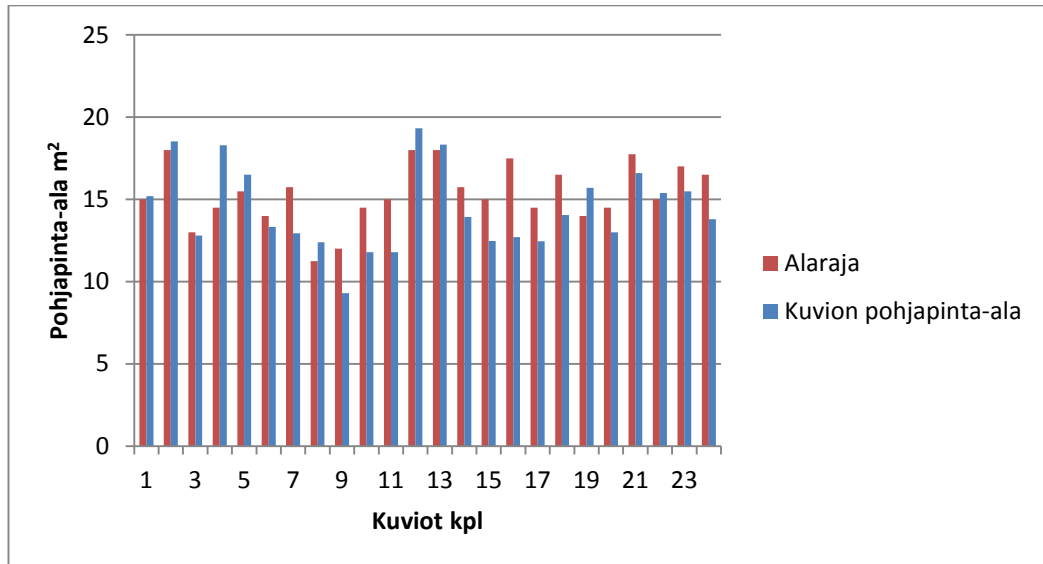
KUVIO 13. Pohjapinta-ala muilla harvennuksilla suosituksiin nähden.



KUVIO 14. Muiden harvennusten sijoittuminen suosituksiin.

5.3 Mäntyvaltaiset kuviot

Mäntyvaltaisia kuvioita oli 24 (kuvio 15). Näistä 11 oli kuivahkon kankaan kasvupaikoilla, 10 tuoreen kankaan kasvupaikoilla ja kolme kuivalla kankaalla.



KUVIO 15. Pohjapinta-alat ja suositusten alarajat mäntyvaltaisilla kuvioilla.

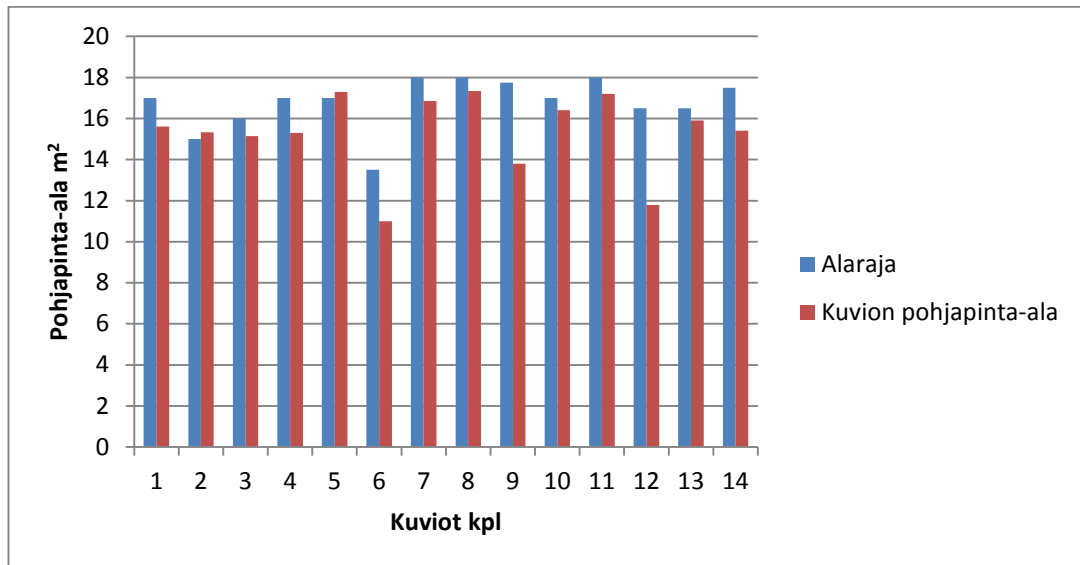
Mäntyvaltaisista kuvioista 13 sijoittui alarajalle, 1 kuvio yli alarajan ja loput 10 kuvioita alle alarajan (kuvio 16).



KUVIO 16. Mäntyvaltaisten kuvioiden sijoittuminen harvennuskalleihin.

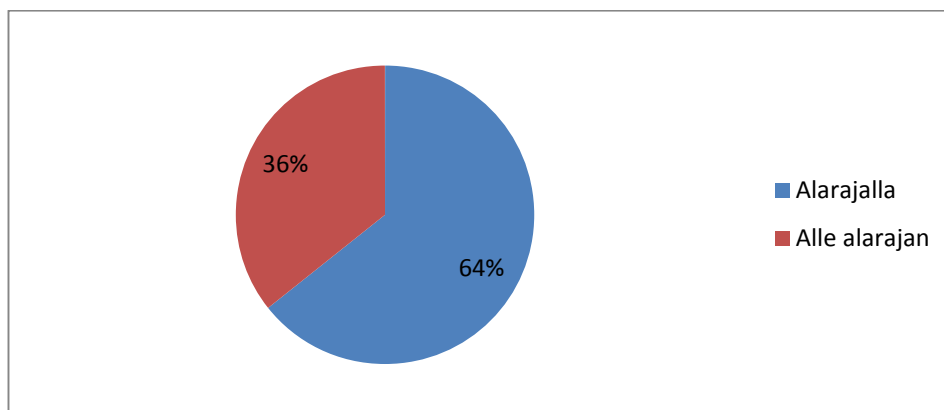
5.4 Kuusivaltaiset kuviot

Kuusivaltaisista kuvioista 13 oli metsätyypiltään tuoreen kankaan kasvupaikkoja ja yksi kuvio sijoittui kuivahkolle kankaalle. Kasvupaikalla ei ollut merkitystä harvennusten sijoittumisen kannalta. Seuraavassa kuviossa (kuvio 17) kuvioittaiset pohjapinta-alat verrattuna suositusten alarajoihin.



KUVIO 17. Pohjapinta-ala kuusivaltaisilla kuvioilla.

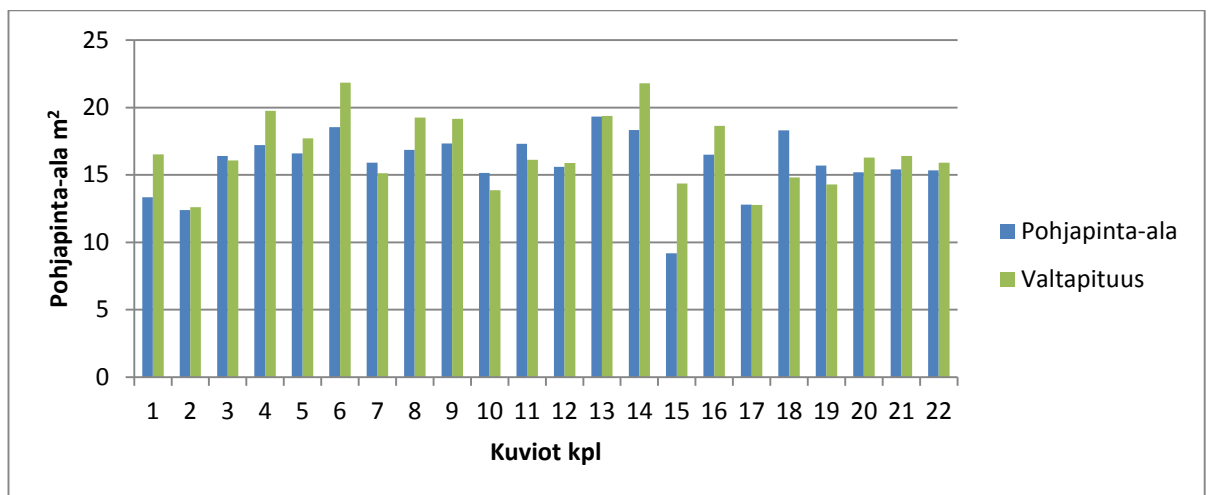
Kuusivaltaiset kuviot oli harvennettu pääosin alarajalle (9 kuviota) ja 4 kuviota alle alarajan. Seuraavassa kuviossa (kuvio 18) harvennusten sijoittumisen osuudet.



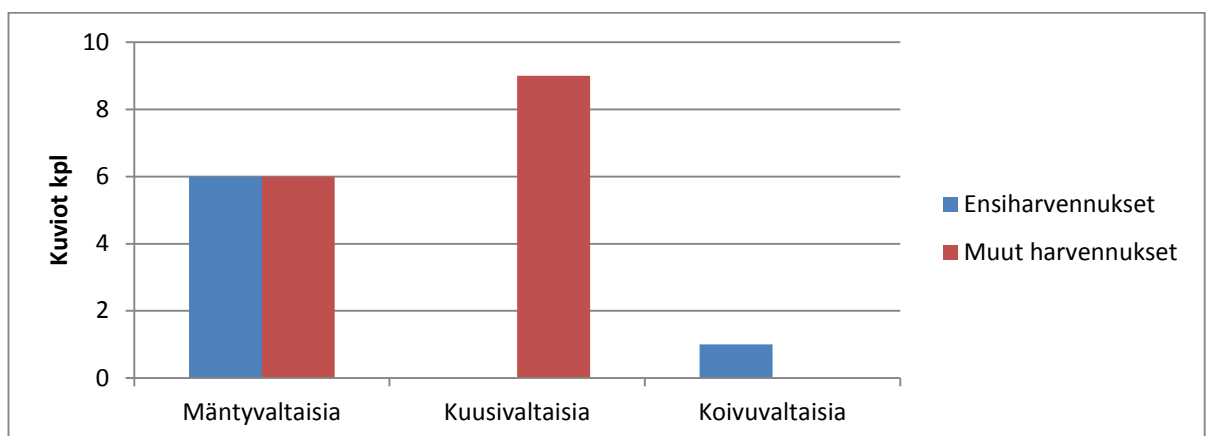
KUVIO 18. Kuusivaltaisten kuvioiden sijoittuminen suositukseen nähden.

5.5 Suositusten mukaan harvennetut kuviot

Harvennusmallien mukaan harvennettuja kuvioita oli 22 kappaletta. Niistä ensiharvennuksia oli 7, ja muita harvennuksia 15 kuvioita. Keskimääräinen kuviokoko suositusten mukaan harvennetuilla kuvioilla oli 1,8 hehtaaria, vaihdellen kuvioittain 0,7 ja 4,9 hehtaarin välillä. Suurin osa kuvioista oli mäntyvaltaisia, joista puolet oli ensiharvennuksia ja puolet muita harvennuksia. Pohjapinta-alat olivat välillä -1-4 m² alarajasta. Seuraavassa kuviossa (kuvio 19) on esitetty harvennusmallien alarajalle harvennettujen kuvioiden pohjapinta-alat ja valtapituudet.



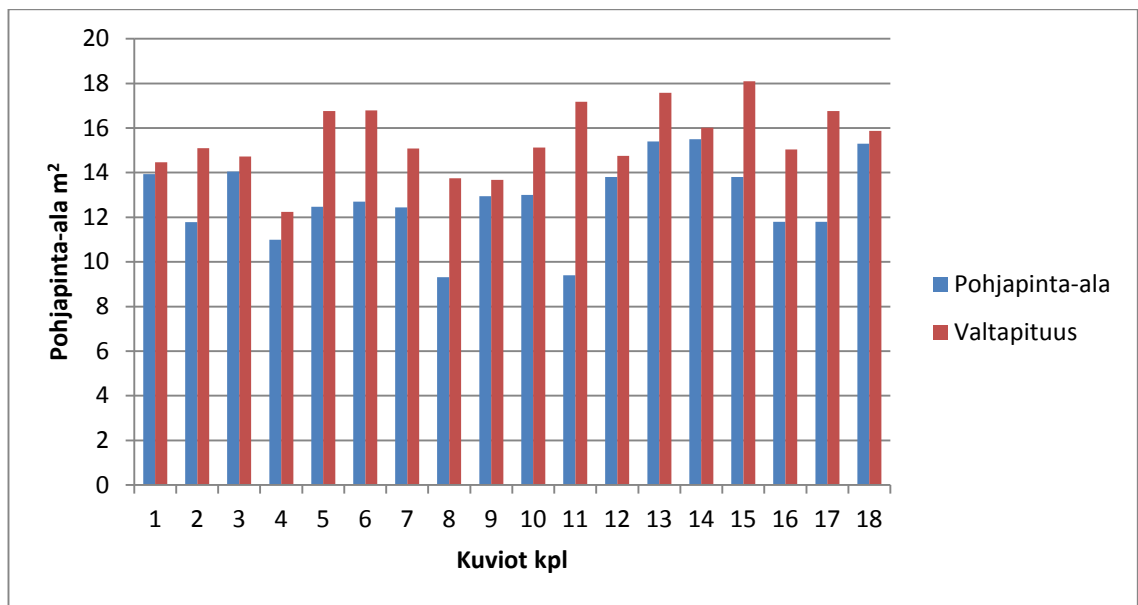
KUVIO 19. Pohjapinta-alat ja valtapituudet suositusten mukaan harvennetuilla kuvioilla.



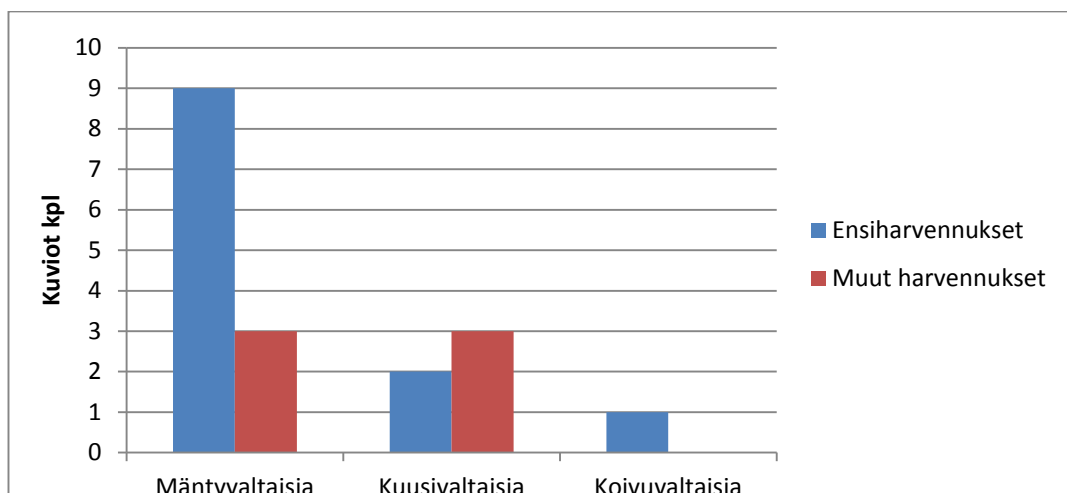
KUVIO 20. Kuvioiden jakautuminen valtapuulajin ja harvennuksen mukaan suositusten mukaan harvennetuilla kuvioilla.

5.6 Alle alarajan harvennetut kuviot

Harvennusmallien alarajan alle jääneitä kuvioita oli 18 kappaletta. Näistä ensiharvennuk-
sia oli enemmistö, 12 kuvioita, ja muita harvennuksia oli 6 kuvioita (kuvio 22). Alle suo-
situsten harvennettujen kuvioiden keskimääräinen pinta-ala kuviolle oli 3 hehtaaria. Ku-
vioiden pinta-alat vaihtelivat väleillä 0,6 – 7,1 hehtaaria. Yksikään kuvio ei ollut alle la-
kirajan, mutta yksi kuvioista oli lakirajalla. Pohjapinta-alat olivat $-2-(-)5 \text{ m}^2$ suositusten
alarajasta (kuvio 21).



KUVIO 21. Pohjapinta-alat ja valtapiuudet alle alarajan harvennetuilla kuvioilla.



KUVIO 22. Kuvioiden jakautuminen valtapuulajin ja harvennuksen mukaan suositusten
alle harvennetuilla kuvioilla.

Metsäkeskuksen tekemien korjuulaadun mittauksien tuloksissa on tullut ilmi, että harvennukset toteutetaan harvoin liian lievinä, mutta huomautuksia on tullut liian voimakkaasti harvennetuista kohteista, etenkin männiköiden ensiharvennusten osalta (Metsäkeskus, korjuujäljen laatu 2011 & 2012). Tämä suuntaus näkyy myös otoksen kuvioissa; vain yksi kuvio oli jätetty liian tiheäksi, mutta oli silti suositusten mukainen, ja muut suosituksista poikkeavat kuviot olivat jääneet liian harvoiksi harvennuksen jälkeen. Suuri osa näistäkin oli männiköiden ensiharvennuksia.

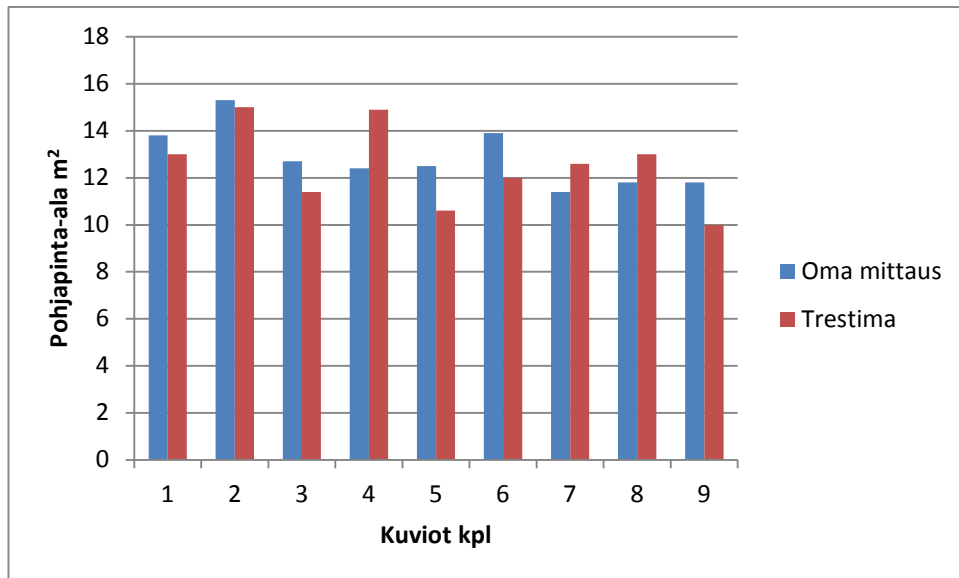
5.7 Vertailumittaukset Trestima–metsänmittausmenetelmällä

Sain myös Trestima-sovelluksen käyttöni ja mittaustulokset 9 kuviolta. Trestima on älypuheliiniin ladattava sovellus, joka mittaa relaskoopikoealat metsiköstä kuvatulkinnan avulla. Pohjapinta-alan sovellus mittaa kuvassa näkyvistä rungoista, keskiläpimitan rinnankorkeudelta, ja pituuden ja runkolukusarjan läpimitaan perustuvasta tilastollisesta aineistosta. Mittauksessa voidaan myös käyttää todellista pituutta ja lisäksi asettaa ennakkotiedoksi metsätyyppi, jolloin tulos olisi vieläkin tarkempi. Tässä mittaukset tehtiin ilman näitä tarkennuksia.

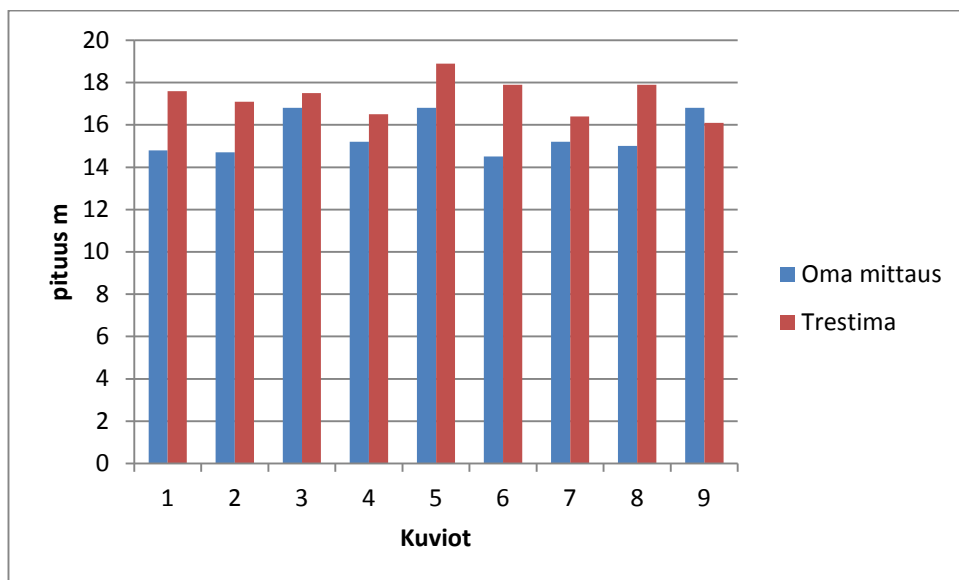
Trestiman antamat tulokset verrattuna omiin mittauksiini olivat pääosin lähellä toisiaan. Pohjapinta-alat olivat lähellä omia mittauksiani (kuvio 23), mutta etenkin runkoluvussa ja pituudessa oli eroja. Pituudeksi trestima antoi yhtä kuviota lukuunottamatta kuvion keskipituudeksi enemmän kuin oma mittaukseni, 0,7–3,2 metrin vaihteluvälillä (kuvio 24). Koska Trestima mittaa keskipituutta, vähensin mittaamistani valtapituuksista yhden metrin, jotta sain valtapituuden sijaan kuvion keskipituuden. Läpimitan suhteen eroja ei juurikaan ollut (ero vaihteli välillä 0,1–3,9 cm), etenkin kun omiin mittauksiini keskiläpimittaa edustavat puut olivat silmävaraisesti valittuja. Runkolukujen vaihteluväli omien mittauksieni ja trestiman välillä olivat 16–129 runkoa. Pohjapinta-alan vaihteluväli oli 0,3–2,5 m².

Kuvasin Trestimalla mahdollisimman tasaisesti ajouran reunasta metsään päin, ajouraa pitkin ja ajouran yli. Näillä kuvilla ajattelin saavani edustavat otokset kuviolta, koska korjuulaadun mittauksissa sovelletaan samaa periaatetta. Tosin kuvien sijoittelu kuviolla ei ollutkaan niin tasaista kuin olin mitatessani kuvitellut. Kuvat eivät siis ole samoista

kohdin otettuja kuin omat mittaukseni. Trestiman antama keskivirheprosentti ei korreloinut oman mittaukseni ja Trestiman mittauksen erojen välillä, joten Trestiman virheprosentilla ei ole yhteyttä mittausten eroavaisuuteen. (Liite 2.)



KUVIO 23. Mittausvertailu pohjapinta-alan suhteen omien mittausteni ja Trestiman välillä.



KUVIO 24. Mittausvertailu pituuden suhteen omien mittausteni ja Trestiman välillä.

5.8 Johtopäätökset ja virhetarkastelu

Koealamäärä pinta-alaan nähden on ollut riittävä, sillä keskihajonnan ja pinta-alan suhteen ei ollut korrelaatiota. Kuitenkin ajouravaikutusta tuli mielestäni kuvion muodosta riippuen, jolloin pohjapinta-ala ja runkoluvut ovat saattaneet olla hieman todellisuutta alhaisemmat. Tämä tasoittunee ainakin pohjapinta-alan osalta kun tuloksiin sallin $\pm 1 \text{ m}^2$:n heiton alarajasta. Harvennuskalleissa on ohjeena tehdä 1-2 m^2 vähennys pohjapinta-alaan, mikäli koealat otetaan aina ajourien välistä. Tämä puoltaa tekemääni vähennystä, koska omat mittaukseni ovat tuntuneet ajoittain painottuneen ajourille. Koealamäärät ovat olleet runsaat, sillä tarkastellessa hajonnan tasaantumista, päästiin neljän tai kuuden kuvion riittävyteen pinta-alasta riippuen.

Lähtöpuusto ja harvennusvoimakkuus korreloivat voimakkaasti keskenään. Mitä suurempi oli lähtöpuusto, sitä voimakkaampi oli harvennus. Lähtöpuuston tiedot metsäsuunnitelmissa kuitenkin vaihtelivat vuodesta 1990 vuoteen 2015. Tämä aiheutti epävarmuutta lähtöpuuston oikeellisuuteen ja siten harvennusvoimakkuuteen tulee suhtautua varauksella tietyillä kuvioilla. Lisäksi oli yllättävää, että alle suositusten harvennetut kuviot ovat keskimäärin 3 hehtaaria pinta-alaltaan, kun suositusten mukaan harvennetut ovat keskimäärin 1,8 hehtaaria. Ei voida siis suoraan olettaa, että pienet kuviot on yhdistetty isojen kuvioiden kanssa samaan käsittelyalueeseen, vaan isot kuviot ovat voimakkaammin käsiteltyjä.

Oletin alun perinkin, että ensiharvennuksilla harvennusvoimakkuus ja vaihtelu kuvioiden välillä on suurempaa kuin muilla harvennuksilla. Ensiharvennuksilla luodaan pohja metsikölle kehittyä puustoltaan tasaiseksi ja muilla harvennuksilla tämä tasaisuus on jo paremmin saavutettu. Sama suunta esiintyy myös tutkimusaineistossani, sillä ensiharvennuksista suositusten mukaan harvennettuja kuvioita oli 58 % ja muista harvennuksista 71 %. Harvennusvoimakkuus ensiharvennuksilla oli keskimäärin 46 % ja muilla harvennuksilla 35 %. Tosin ensiharvennuksiin lukeutuvat reilummin harvennetut koivikot, ja mikäli nämä jätti laskujen ulkopuolelle, ensiharvennusten keskimääräinen voimakkuus oli 44 %. Tutkimusten mukaan ideaali harvennusvoimakkuus on noin 33 % ja laatuharvennuksissa 40 %, joten tuloksia voi pitää oikeansuuntaisina muilla harvennuksilla ottaen huomioon lähtöpuuston aiheuttamat virheet harvennusvoimakkuuksiin. Ensiharvennuksissa harvennusvoimakkuus on ollut liian suuri, mikäli lähtöpuuston tiedot ovat olleet oikein. Lisäksi ensiharvennuksia tarkasteltaessa kävi ilmi, että runkoluvun mukaan suurin

osa kuvioista oli suositusten mukaan harvennettuja ja suurin osa mäntyvaltaisia kuvioita. Pohjapinta-ala tarkastelussa taas suurin osa jäi alle suositusten alarajan. Mäntyvaltaisista kuvioista lähes puolet oli tuoreella kankaalla, mikä on aiheuttanut suurehkoja rinnankorkeusläpimittoja ikään nähden nuorissa männiköissä. Voisi siis olla, että rehevän maan männiköt ovat tyvekkäitä, mutta pituus ei kasva samaa tahtia, jolloin hakkuukoneen kuljettajien käyttämä läpimittaan perustuva harvennusvoimakkuus poikkeaa sen tähden pituuteen perustuvista harvennusmalleista.

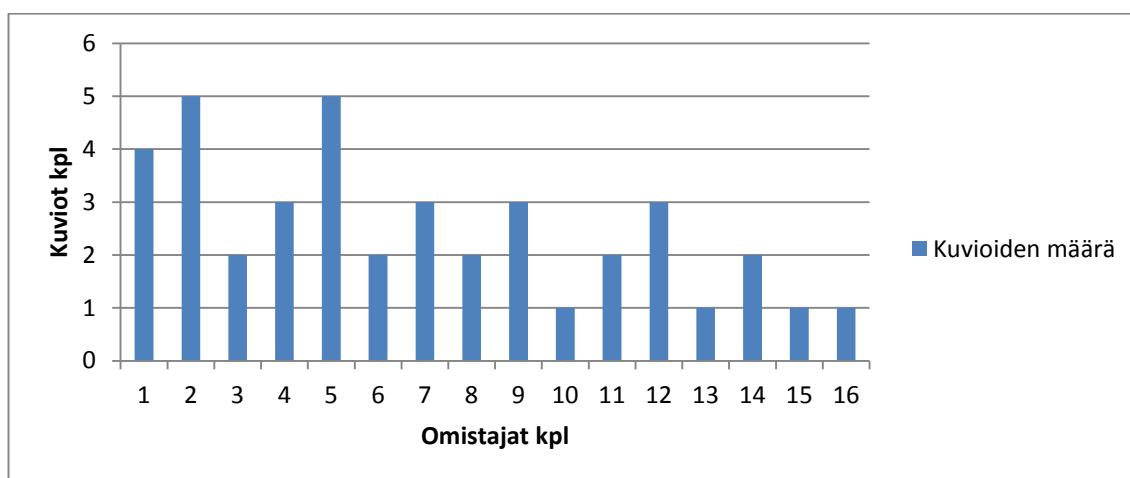
Kuusivaltaisten ja mäntyvaltaisten kuvioiden välillä ei esiintynyt merkittäviä eroja, mutta kuusivaltaisissa suurin osa oli muita harvennuksia ja tulos parempi. Sekä kuusi- että mäntyvaltaisissa kuvioissa yli puolet pohjapinta-aloista sijoittui alarajalle ja loput sen alle, paitsi mäntyvaltaisilla kuvioilla 4 % sijoittui yli alarajan, mutta suositusten mukaan.

Liian voimakkaasti harvennetut kuviot aiheuttavat kasvutappiota ja vaikuttavat näin taloudellisesti heikentävästi, sillä metsikön puuntuotospotentiaali ei ole maksimaalisessa käytössä. Lisäksi etenkin männiköissä liian voimakkaat harvennukset vaikuttavat voimakkaammin tuotostappioihin kuin kuusikoissa heikomman harvennusreaktion takia. Liian voimakas ensiharvennus voi aiheuttaa jopa 25 %:n tilavuuskasvutappion männiköissä. Kuusikoissa ja rauduskoivikoissa kasvutappiot eivät ole niin merkittäviä voimakkaankaan (40 % lähtöpuuston pohjapinta-alasta) harvennuksen jälkeen. Kuusikoissa kasvutappio oli tällöin 10 %:n ja rauduskoivikoissa 15 %:n luokkaa. (Huuskonen & Ahtikoski 2005, 113; Huuskonen ym. 2014, 84.)

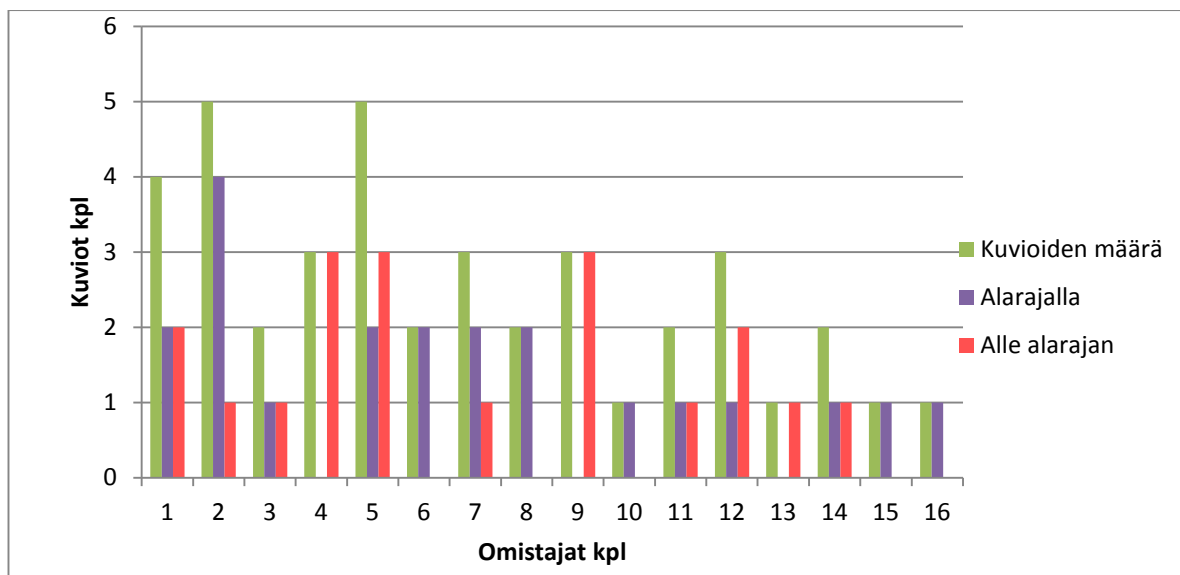
Ensiharvennuskuviot ovat kaikki valtapituudeltaan yli 12 metrisiä, eli niihin voi soveltaa harvennusmalleja myös pohjapinta-alan mukaan. Yhteensä eri omistajia 40 kuviolla on 16. Yli puolella (67 %) omistajista, joilla oli enemmän kuin yksi kuvio, sijoittuivat kuviot sekä alarajalle että alarajan alle. Tämä voisi johtua siitä, että vaikka ajankohta ei olisikaan ihan otollisin kaikkien kuvioiden osalta harvennukselle, on harvennusten keskittäminen isommaksi alueeksi kuitenkin kannattavampaa. Tätä puoltaisi myös se, että lähtöpuuston keskimääräinen pohjapinta-ala suositusten mukaan harvennetuissa kuvioissa oli keskimäärin 27 m² ja alarajan alle menneissä keskimäärin 21 m². 67 % alle alarajan harvennetuista kuvioista oli lähtöpuustoltaan alle harvennusmallien mukaisen harvennussuosituksen. Keskimääräisessä harvennusvoimakkuudessa ei kuitenkaan ollut eroja; suosituksien mukaan harvennetuissa se oli keskimäärin 38 % ja alarajan alla olevissa 40 %. Kuten jo

aiemmin kävi ilmi ensiharvennusten ja muiden harvennusten väliset erot, myös tässä näkyi, että suositusten mukaan harvennetuissa oli 68 % muita harvennuksia, kun alarajan alle jääneissä niitä oli 33 %. Metsätyypit jakautuvat lähes tasan molempien kesken eli niillä ei ole merkitystä harvennuksien sijoittumisen kannalta.

Suosituksien mukaan harvennetuissa kuvioissa kuvioiden lähtötilanne osui 70 % harvennusmallien mukaan harvennustarpeen alueelle ja loput kuusi kuviota jäivät lähelle harvennusmallien mukaista harvennusajankohtaa. Alle suositusten menneissä harvennuksissa taas harvennustarve harvennusmallien mukaisesti oli 33 %:lla kuvioista ja loput jäivät osalla kuvioista jopa reilusti alle suositellun harvennusajankohdan. Lisäksi kun tarkastellaan omistajien ja kuvioiden määrää, havaitaan, että kahdeksalla omistajalla on kuviota niin suositusten mukaan harvennetuilla kuin alle jääneillä. Voidaan siis olettaa, että samalla omistajalla kaikki kuviot eivät ole olleet vielä harvennustarpeessa, mutta käsittelyalueen kasvattamiseksi ne on kuitenkin samalla käsitelty. Seuraavissa kuvioissa (kuviot 25 ja 26) havainnollistuu kuvioiden jakautuminen omistajien kesken.



KUVIO 25. 75 %:lla omistajista on enemmän kuin 1 kuvio.



KUVIO 26. Omistajakohtaiset kuviomäärät ja kuvioiden jakaantuminen suositusten alarajan mukaan.

Trestiman käyttö mittausvälineenä on nopeaa ja sovellus on hyvin käyttäjäystävällinen. Trestima antaa mielestäni tarpeeksi tarkat tiedot metsikön puustosta. Kuvien ottaminen metsikköä edustavista kohdista ja kuvien riittävä määrä on tärkeää oikeiden tulosten saamiseksi. Trestima mittaa kamerasta riippuen noin 70 asteen laajuisen osan relaskoopialasta ja laskee arvot sen mukaan koko ympyrälle (Rouvinen, 2014). Käytin Trestimaa omien mittauksieni vertailukohtana ja eroja syntyi lähinnä puiden pituuden ja runkoluvun suhteen. Puuston pituus oli Trestimalla pidempi yhtä kuviota lukuunottamatta. Koealojen määrän suhteenkaan ei esiintynyt riippuvuutta. Kävimme Metsä Groupilta keskustelussa Trestiman kehittäjän kanssa mittaamistani kuvioista, ja siellä saimme vielä tarkennuksia sovelluksen periaatteista. Sovellukseen oli hiljattain tullut mahdollisuus kirjata mittaajan pituus, eli tulokseni hieman muuttuivat, koska kalibrointi oli tehty lähes 190 cm mittaajalle – itse olen 159 cm pitkä. Näin korjattuna muutamalla kuviolla pohjapinta-ala ja keskiläpimitta lähenivät oman mittaukseni ja Trestiman välillä. Lisäksi kuvia olisi pitänyt olla enemmän ja tasaisemmin kuvioilla kuin mitä nyt olin kuvannut. Keskivirhe, jonka Trestima laskee kuviolle, olisi hyvä saada alle 15 %:n, minkä olisin saanut, jos kuvia olisi ollut enemmän kuvioittain. Muutamalla kuviolla tähän pääsinkin. Trestima antaa laskelmien mukaan (Kivimäki) noin 1–2 %:n aliarvion pohjapinta-alasta, mikä on todella vähäistä. Uskon Trestiman käytön lisääntyvän ja vähentävän perinteiseen mittaukseen kuluvaan aikaa merkittävästi.

5.9 Kehitysehdotukset

Mittausmenetelmän suhteen voidaan todeta, että muiden kuin ensiharvennusten mittauksessa menetelmät ovat onnistuneet. Ensiharvennusten mittauksiin voisi harkita runkolu-kumittaukseen suurempaa koealaympyrää. Koealamäärät voisivat laskelmien perusteella olla alhaisemmat etenkin isoilla kuvioilla. Lähtöpuuston oikeellisuuden varmentamiseksi olisi ollut hyvä mitata kuviot ennen harvennusta ja harvennuksen jälkeen samalla menetelmällä, jotta ne olisivat olleet luotettavampia ja vertailukelpoisempia. Tämä tosin kasvattaa tutkimuksen tekoaikaa. Lisäksi olisi huomioitava, että käsittelyalue saattaa todellisuudessa hieman poiketa metsäsuunnitelman mukaisesta kuviorajasta, ja tämä mahdollinen poikkeama tulisi myös arvioida harvennusvoimakkuutta arvioitaessa. Lisäksi Trestiman käyttöön harvennuksilla olisi hyvä vakiinnuttaa yleiset ohjeet, jotta ne tulisi tehtyä aina samalla periaatteella ja kuvia otettua riittävästi.

Onko ostajan, myyjän ja hakkuukoneyrittäjän kannalta järkevää, että harvennuksia mahdollisesti toteutetaan omistajakohtaisesti laajemmin, vaikka tarvetta ei vielä olisi? Yleinen periaate kuitenkin on, että mahdollisimman isot käsittelyalueet ovat kannattavia, joten ehkä tämä on pääasiassa taloudellisesti järkevää. Kuviokohtaisesti metsänhoidolliset ja taloudelliset näkökohdat tosin saattavat kärsiä, mutta lähinnä metsänomistajatasolla. Toisaalta kuviokoot keskimäärin ovat pieniä, eli tällöin ei ole järkevääkään jättää pieniä kuvioita käsiteltäväksi eri kerralla. Voisiko myös olla, että tuoreen kankaan männiköt ovat sen verran tyvekkäämpiä pituuteen nähden, että keskiläpimittaan perustuvat harvennusohjeet tekisivät puustosta liian harvaa tai että keskiläpimittaan perustuva malli ei kohdaisi pohjapinta-alaa ja pituuteen perustuvassa mallissa?

LÄHTEET

Huuskonen, S. & Ahtikoski, A. 2005. Ensiharvennuksen ajoituksen ja voimakkuuden vaikutus kuivahkon kankaan männiköiden tuotokseen ja tuottoon. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2005:99–115.

Huuskonen, S., Hynynen, J. & Valkonen, S. (toim.) 2014. *Metsänkasvatus. Menetelmät ja kannattavuus*. Porvoo: Metsäkustannus Oy.

Hynynen, J., Valkonen, S. & Rantala, S. (toim.) 2005. *Tuottava metsänkasvatus*. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

Hynynen, J. & Arola, M. 1999. Ensiharvennusajankohdan vaikutus hoidetun männikön kehitykseen ja harvennuksen kannattavuuteen. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/1999: 5–23.

Hyytiäinen, K., Tahvonen, O. & Valsta, L. 2010. Taloudellisesti optimaalisista harvennuksista ja kiertoajoista männylle ja kuuselle. *Metlan työraportteja* 143. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp143.htm>

Ilvessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. *Acta Forestalia Fennica*: 34 (38): 1-15.
[//helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/17782/34-1929_Ilvessalo-L.pdf?sequence=1](http://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/17782/34-1929_Ilvessalo-L.pdf?sequence=1)

Kalela, E. Luonnonmukainen metsien käsittely. *Silva Fennica*. 1948. 64:16–32. Suomen Metsätieteellinen seura.

Kangas, P. & Päivinen, R. 2000. Metsän mittaaminen. *Silva Carelica* 35. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.

Kasanen, R. 2009. Metsäpuiden sienitaudit. Metsäkustannus Oy.

Kivimäki, S. CEO, Trestima. 2015. Haastattelu 27.11. Haastattelija Rantanen, L. Tampere.

Kokkarinen, J. (toim.) 2012. Koneellinen puunkorjuu. Hallitusti hyvään tulokseen. Joensuu: Metsäteho Oy.

Kuuluvainen, J. & Valsta, L. 2009. *Metsäekonomian perusteet*. Helsinki: Gaudeamus Helsinki University Press Oy Yliopistokustannus.

Metla 1. Harvennuskerrat kuusikossa. 25.11.2014. Luettu 19.10.2015. <http://www.metla.fi/uutiskirje/mkl/2014-3/uutinen-3.htm>

Metla 2. Hyvin voimakkaat harvennukset ovat riski varttuneissa metsissä. 25.11.2014. Luettu 19.10.2015. <http://www.metla.fi/uutiskirje/mkl/2014-3/uutinen-4.htm>

Metsäteollisuus. 2015. Puukauppatilastot. Julkaistu 04.06.2015. Luettu 28.09.2015. <http://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/metsat-puuhuolto/puu-ja-metsa-palvelumarkkinat/Puukauppatilastot--79.html>

Metsä Group. 2015. Luettu 23.10.2015.

<http://www.metsagroup.com/fi/yhtio/Pages/default.aspx>

Metsäkeskus. Korjuujäljen laatu 2011 ja 2012. <http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/smk-korjuujalki-2012.pdf>

http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/korjuujaljen-laatu-raportti-2011_0.pdf

Metsälaki. 12.12.1996/1093.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=mets%C3%A4laki%202014#L2P5>

Metsäteho, 2003. Korjuujälki harvennushakkuussa-opas. Helsinki: Metsäteho Oy.

Metsätilastollinen vuosikirja. 2014. Puukauppa. Tampere: Metsäntutkimuslaitos.

http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2014/vsk14_04.pdf

Mielikäinen, K. & Riikilä, M. (toim.) 1997. Kannattava puuntuotanto. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.

Ojansuu, R. & Hynynen, O. 2006. Harvennusohjelman ja kiertoajan vaikutus metsikön puuntuotokseen ja taloudelliseen tuotokseen yksijaksoisissa ja puhtaissa kangasmaan männiköissä ja kuusikoissa. Laskelmia taustamateriaaliksi Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion metsänhoitosuosituksen uusimista varten. Vantaa: Metla.

Puikko, J. 2014. Ylä- ja alaharvennuksen vaikutus männiköiden ja kuusikoiden kasvuun sekä tuotokseen. Metsien ekologia ja käyttö. Helsingin yliopisto. Metsätieteiden laitos. Maisterin tutkinto.

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43061/Pro%20gradu_Juho%20Puikko.pdf?sequence=1

Rantala, S. (toim.) 2007. Metsäkoulu. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

Rouvinen, T. 2014. Metsätieteen aikakauskirja. 2/2014. Metla.

Tapio. Fälttabeller. Råd i god skogsvård. 2014. Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio. Metsäkustannus Oy

Vanhatalo, K. Uudistetut metsänhoidon suositukset. Suometsien kokonaisvaltainen käsittely-hanke 10.4.2014. Seinäjoki.

<http://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/mhs-uudet-metsanhoidon-suositukset-vanhatalo.pdf>

Vuokila, Y. Harsintaperiaate kasvatushakkuissa. 1970. Acta Forestalia Fennica. Vol 110. Helsinki: Suomen Metsätieteellinen seura.

Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Hyvän metsänhoidon suositukset – METSÄNHOITO. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.

