



Karelia-ammattikorkeakoulu
Metsätalousinsinööri (AMK)

Kantavien telojen vaikutus ajouraleveyteen ensiharvennuk- sessa

Juho Karhula

Opinnäytetyö, Maaliskuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2024
Metsätalouden koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä(t)
Juho Karhula

Nimike
Kantavien telojen vaikutus ajouraleveyteen ensiharvennuksessa

Toimeksiantaja
Metsä Group

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkittiin ei-kantavien, puolikantavien ja kantavien telojen vaikutusta ensiharvennuksessa syntyvän ajouran leveyteen. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko kantavien telojen aiheuttamalla lisälevydeillä yhteyttä ajouran leveyteen. Samalla tutkittiin, eroaako kantavilla teloilla varustetun metsäkoneen korjuujälki ei-kantavilla tai puolikantavilla teloilla varustettujen metsäkoneiden korjuujäljistä.

Opinnäytetyö toteutettiin toimeksiantona Metsä Groupille. Tutkimusaineisto kerättiin Metsä Groupin omien korjuujälkitarkastusten ensiharvennuskohteilta ja se kerättiin kesän 2023 aikana. Tutkimuksessa oli yhteensä 117 eri ensiharvennustyömaata, joista muodostui 566 koalaa. Mitattavia tunnuksia olivat ajouraleveys, ajouraväli, ajourapainumat ja korjuuvauriot.

Tutkimusaineistoa tutkittiin kvantitatiivisella tutkimusmenetelmällä. Tutkimusaineistoa vertailtiin suhteessa toisiinsa ja testattiin, onko saaduilla tuloksilla eroavaisuuksia. Tutkimuksessa mukana olleiden aineistojen välillä ei ollut tilastollista merkittävyyttä. Kaikkien tutkimuksessa tarkasteltujen tunnusten väliset erot olivat vähäisiä.

Kieli
suomi

Sivuja 41

Asiasanat
metsäkoneet, ensiharvennus, telat



THESIS
March 2024
Degree Programme in Forestry

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Juho Karhula

Title
Effect of Flotation Tracks on Groove Width in First Thinning

Commissioned by
Metsä Group

Abstract

In the thesis, the effect of non-flotation, semi-flotation and flotation tracks on the width of the rut created in the first thinning was investigated. The purpose of the study was to find out whether the additional width caused by the load-bearing rollers is related to the width of the driving track. At the same time, it was investigated whether the harvest trace of a forest machine equipped with load-bearing rollers differs from the harvest traces of forest machines equipped with non-load-bearing or semi-load-bearing rollers.

The thesis was carried out as an assignment for Metsä Group. The research material was collected from the first thinning sites of Metsä Group's own post-harvest inspections and was collected during the summer of 2023. There were a total of 117 different first thinning sites in the study, which made up 566 test plots. The characteristics to be measured were rut width, rut spacing, rut marks and harvesting damage.

The research material was studied using a quantitative research method. The research material was compared in relation to each other, and it was tested whether there were any differences in the obtained results. There was no statistical significance between the materials included in the study. The differences between all characteristics examined in the study were minor.

Language
Finnish

Pages 41

Keywords
forestry machines, first thinning, tracks

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Ensiharvennus	5
2.1	Ensiharvennusten toteuttaminen	5
2.2	Ensiharvennuksen ajoitus ja ennakkoraivaustarve	6
2.3	Ensiharvennuksessa jätettävän puuston tiheys	7
3	Korjuujäljen inventointimenetelmät	9
3.1	Tapion Metsänhoidon suositusten mukainen inventointimenetelmä ..	10
3.2	Metsä Groupin käyttämä inventointimenetelmä	11
3.3	Korjuujäljestä inventoitavat tunnuksset.....	12
3.3.1	Ajouraleveys	12
3.3.2	Ajouraväli	13
3.3.3	Ajourapainaumat.....	13
3.3.4	Puustovauriot.....	14
4	Ensiharvennuksessa käytettäviä koneita ja telakalustoa	15
4.1	Tutkimuksessa mukana olleet koneet sekä telavaihtoehdot	16
4.2	Telat.....	17
4.2.1	Kantavien telojen määritelmä.....	17
4.2.2	Puolikantavat sekatelat ja kantamattomat yleistelät.....	20
4.3	Ketjut	20
5	Tutkimuksen tavoite	21
6	Aineisto ja käytetyt menetelmät	22
6.1	Aineisto	22
6.2	Suunnittelu ja rajaus	23
6.3	Aineiston keruu ja yhteensovittaminen	23
6.4	Aineiston käsittely	24
6.5	Hypoteesi.....	26
7	Tulokset	26
7.1	Ajouraleveys	27
7.2	Ajouraväli	29
7.3	Painaumaprosentit.....	31
7.4	Kokonaisvaurioprocentit	33
8	Tulosten tarkastelu.....	35
9	Pohdinta.....	38
9.1	Luotettavuus	38
9.2	Jatkotutkimusten tarve.....	39
	Lähteet.....	40

Liitteet

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin kantavien telojen vaikutusta ensiharvenuksessa syntyvän ajouran leveyteen. Tutkimuksessa oli käytetty aineistona Metsä Groupin ensiharvennusten korjuuvalvonnassa mukana olleita maastokohteita kesällä 2023. Kantavat telat lisäävät hakkuu- ja ajokoneiden kantavuutta ja mahdollistavat toiminnan pehmeämmässä maasto-olosuhteissa kuten turvekan-kailla. Kantavien telojen ansiosta harvennuksia on mahdollista tehdä koneiden uppoamatta kosteisiin ja upottaviin maastoihin. Kantavat telat ylittävät usein koneiden renkaiden reunan ja tekevät samalla koneesta leveämmän.

Tutkimuksessa selvitettiin lisääkö kantavien telojen tuoma renkaan reunassa tapahtuva ylitys tarvetta ajouran leventämiselle tai syntyvien puustovaurioiden määrälle. Leveämpi ajoura vähentää metsän kasvupotentiaalia ja laskee tuotteita. Puustovaurioiden syntyessä ajouran reunapuihin, niiden laatu heikkenee ja puut voivat lahota ja kuolla mittavasta vaurioitumisesta. Mikäli tutkimus osoittaa merkittävää yhtäläisyyttä, laaditaan aiheesta vielä tarkempaa ja laajempaa tutkimusta valtakunnallisesti Metsä Groupin toimesta ja päivitetään kantavien telojen käyttöön liittyvää ohjeistusta korjuuyrittäjille.

2 Ensiharvennus

2.1 Ensiharvennusten toteuttaminen

Ensiharvennuksella tarkoitetaan taimikosta varttuneen liian tiheäksi kehittyvän metsän harventamista usein koneellisesti haluttuun tiheyteen. Ensiharvennuksen tavoitteena on parantaa metsään jäävien puiden laatua parantamalla kasvuolosuhteita ja poistamalla huonompilaatuisia puita. Ensiharvennuksessa pyritään hoitamaan puiden latvuksia, jotta yhteyttävä pinta-ala pysyy mahdollisimman suurena ja kasvu saadaan pidettyä hyvänä. (Metsänhoidon suositukset 2024a.)

Ensiharvennus toteutetaan lähes aina koneellisesti hakkuukoneen ja ajokoneen muodostamalla koneketjulla. Harventamalla oikeaan aikaan luodaan jäävälle puustolle hyvät edellytyksen nopeammalle kasvulle ja laadukkaamman puuosan eli tukkipuun järeytymiselle. Harventamalla oikea-aikaisesti voidaan vähentää syntyvien metsätuhojen riskiä ja puut pysyvät elinvoimaisina. (Ovaskainen, Heikki; Schildt, Veera. 2022.)

2.2 Ensiharvennuksen ajoitus ja ennakkoiraivaustarve

Ensiharvennuksen ajankohta riippuu kohteen sijainnista ja kasvupaikasta, puuston tiheydestä, aikaisemmista taimikonhoitotoista sekä pääpuulajista. Ensiharvennuksen ajoitukseen vaikuttaa eniten metsikön metsänhoidollinen tila. Tällöin ensiharvennus pyritään toteuttamaan ajoissa ennen kuin puiden latvukset kasvavat liian tiheiksi. Liian tiheässä kasvaessaan puiden latvukset alkavat kilpailla valosta keskenään. Kilpailun seurauksena liian vähän valoa saavat latvukset alkavat supistua ja hidastaa puiden kasvua. Latvuksen suhde puun pituuteen on hyvä indikaattori metsikön elinvoimaisuudesta. Latvussuhteiden määrä harvennuksen jälkeen olisi hyvä olla männiköissä vähintään 40 %, koivikoissa 50 % ja kuusikoissa 60 %. Ajoitukseen vaikuttaa myös lisäksi metsänomistajan muut mahdolliset hakkuu- tai harvennuskohteet sekä maaperän korjuukelpoisuusluokitus. Ensiharvennus toteutetaan yleensä, kun metsän valtapituus on 12–15 metriä. (Metsänhoidon suositukset 2024a.)

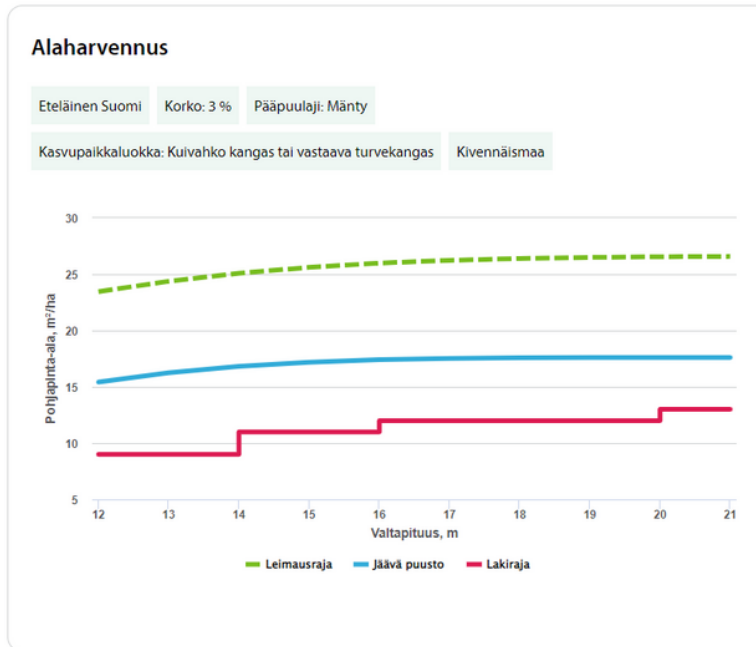
Ensiharvennus on metsän kiertokulussa ensimmäinen hakkuu, joka tuottaa myyntikelpoista ainespuuta, useimmiten sellun valmistukseen käytettävää kuitupuuta. Myyntikelpoisen hakkuukertymän määrä riippuu usein merkittävästi aikaisemmista taimikonhoidoista, ja etenkin harvennettavan puuston läpimitta on hoitamattomissa kohteissa usein pienempi. Hoitamattomissa kohteissa ensiharvennuksen ajankohta aikaistuu latvuskilpailun vuoksi pienentäen kokonaiskertymää. Hoitamattomissa kohteissa usein tarvitaan ennakkoiraivaus, jolloin raivaussahalla poistetaan harvennusta haittaavaa, aines- tai energiapuuksi kelpaamatonta vesakkoa kohteelta. Etenkin tiheissä ja hoitamattomissa kohteissa näkyvyyden lisäämiseksi ennakkoiraivaus on usein välttämätöntä laadukkaan

ensiharvennuksen saavuttamiseksi. Ennakkoraivaus toteutetaan 1–3 vuotta ennen harvennusta, jolloin raivattu alikasvos ehtii painua maahan. Hoidetuissa kohteissa ennakkoraivausta ei usein tarvita ennen ensiharvennusta, mikäli taimihoidot on toteutettu ajallaan ja riittävän voimakkaina. (Metsänhoidon suositukset 2024b.)

Harvennuksen yhteydessä on mahdollista toteuttaa energiapuun korjuuta, mikäli kohteelta kertyy paljon pieniläpimittaista energiakäyttöön soveltuvaa rannaa. Metsikön kiertokulun aikana ennen päätehakkuuvaihetta harvennuksia toteutetaan yleensä yksi tai kaksi kappaletta, joissain kohteissa kolmas harvennuskerta voi olla perusteltua. Näitä kohteita ovat esimerkiksi hyvälaatuiset vartuneet männiköt, jolloin kolmannella harvennuksella turvataan puuston korkeaa arvokasvua puustoon sidottuun pääomaan suhteutettuna. (Metsänhoidon suositukset 2024b.)

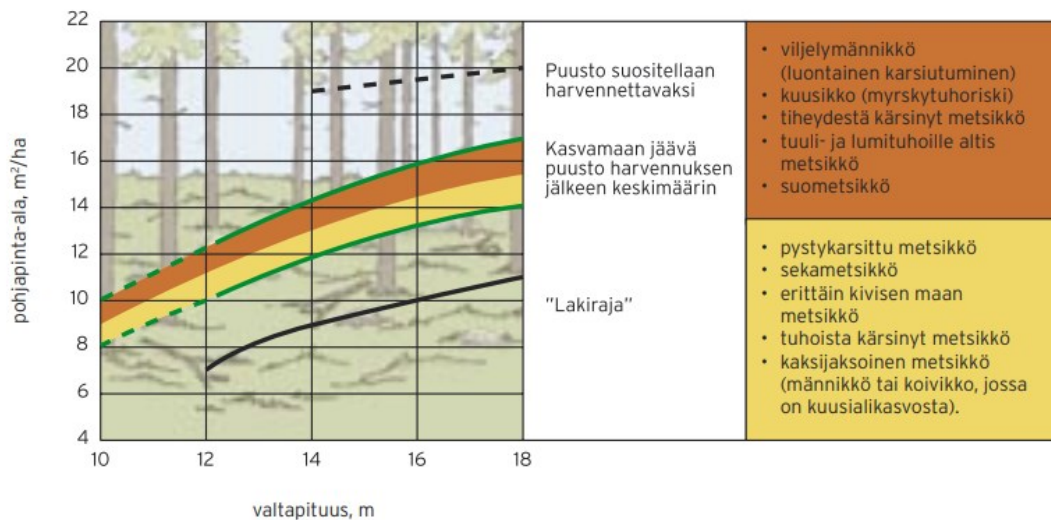
2.3 Ensiharvennuksessa jätettävän puuston tiheys

Ensiharvennuksessa jäävän puuston tiheydeksi jätetään maantieteellisesti sijainnin mukaan eri tiheydet. Suomi on jaettu etelä-pohjoissuunnassa kolmeen alueeseen, jotka mukailevat lämpösummia; eteläinen, keskinen ja pohjoinen Suomi. Harvennusvoimakkuuden tarkasteluun on olemassa erilaisia taulukkoja, joita kutsutaan harvennusmalleiksi. Käytetyin näistä on Tapion Metsänhoidon suositusten mukainen pohjapinta-alaan perustuva harvennusmalli. Kyseinen malli on uudistettu kesän 2023 aikana ja täydentyy loppuun vuoden 2024 aikana. (Metsänhoidon suositukset 2024c.)



Kuva 1. Alaharvennusmalli männylle (Metsänhoidonsuositukset 2024).

Kuvassa 1 on vihreällä katkoviivalla metsikön pituuteen ja pohjapinta-alaan suhteutettu leimausraja annetuilla hakuuehdoilla. Mikäli metsikön puusto ylittää annetun rajan, suositellaan harvennuksen toteuttamista. Sinisellä on merkitty harvennuksen jälkeen metsään jäävän puuston suositeltu tiheys. Punaisella merkitty lakiraja on alin mahdollinen metsäalain mukainen tiheys, jota ei saa alittaa. Harvennusmalli ottaa huomioon metsikön maantieteellisen sijainnin, puulajin, kasvupaikkatyyppin, maaperän sekä halutun metsikön korkoprosentin. (Metsänhoidon suositukset 2024c). Harvennuksessa voidaan myös käyttää valtapituuteen perustuvaa harvennusmallia, jossa harvennuksen tavoiteltu tiheys ilmoitetaan runkolukuna pohjapinta-alan sijaan. Malli soveltuu erittäin hyvin ylitieheille ja pieniläpimittaisille kohteille, joiden keskiläpimitta on alle 13 cm. (Metsäteho 2003, 11)



Kuva 2. Harvennusmalli (Metsäteho 2003, 11 Korjuujälki harvennushakkuussa-opas).

Kuvassa 2 esillä Metsätehon Korjuujälki harvennushakkuussa -oppaassa oleva valtapituuteen perustuva harvennusmalli. Mustalla katkoviivalla on merkitty puuston leimausrajan, jonka ylittäessä suositellaan harvennuksen toteuttamista. Vihreiden viivojen sisällä on harvennuksen jälkeisen puuston suositeltu tiheys ja mustalla umpinaisella viivalla lakiraja. (Metsäteho 2003, 11.)

3 Korjuujäljen inventointimenetelmät

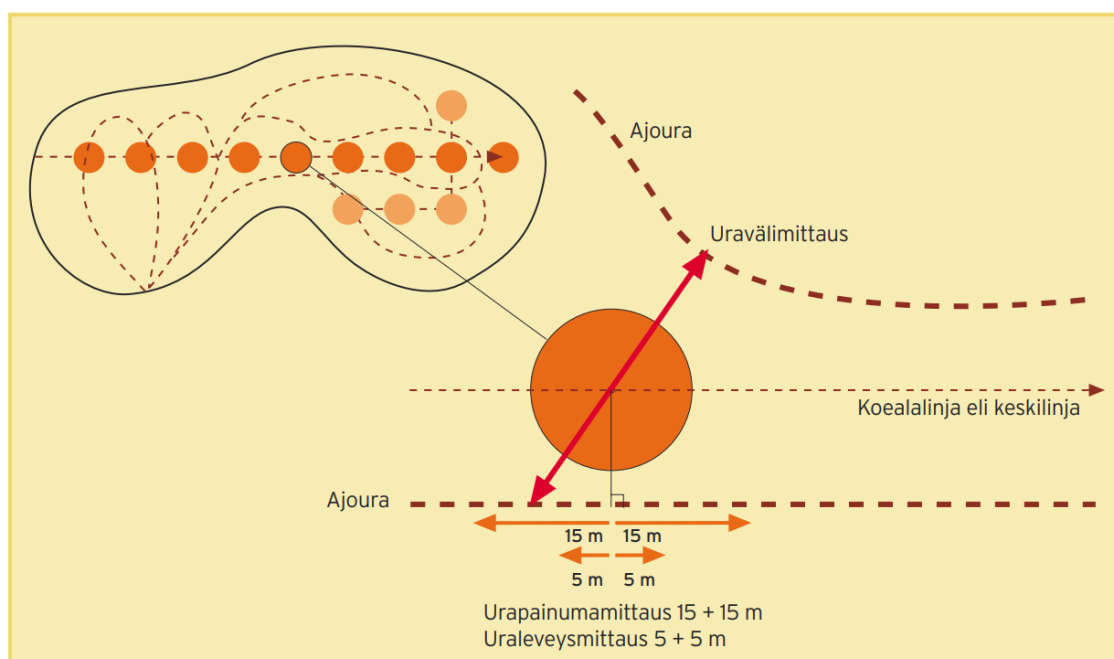
Korjuujäljen inventointiin on olemassa useita erilaisia menetelmiä riippuen kerättävän tiedon määrästä ja laadusta sekä käytettävissä olevista resursseista. Korjuujälkeä voidaan valvoa jo työvaiheessa hakkuukoneen kuljettajan toimesta, jotta mahdolliset laadulliset virheet saadaan korjattua jo työn toteuttamisvaiheessa ja potentiaaliset tulevat virheet ehkäistyä työmaan edetessä. Koneen kuljettajan laatumittaukset painottuvat kuitenkin enemmän katkottavan puuston apterauksen tarkastukseen ja työn kokonaisuuden hallintaan.

Korjuujäljen inventointi toteutetaan usein maastomittauksilla inventoivan tahon toimesta. Mittausten laadunvalvonnan ajankohta on korjuun päätyttyä.

Korjuujälkeä inventoitaessa on kiinnitettävä huomioita mitattavien puusto- ja ajouratunnusten olevan luotettavia myös pinta-alaltaan pienempien tai maastoltaan haastavampienkin kohteiden osalta.

3.1 Tapion Metsänhoidon suositusten mukainen inventointimenetelmä

Metsäkeskuksen toteuttama korjuujäljen valvonta perustuu maa- ja metsätalousministeriön hyväksymään, Tapion metsänhoidon suosituksien mukaiseen tarkastusmenetelmään. Menetelmässä noin kymmenen kappaletta koealoja sijoitellaan tarkastettavan alueen pisimmän halkaisijan muodostamalle keskilinjalle, havainnollistettu kuvassa 3. Mikäli maantieteellisesti ei voida määrittää riittävää määrää koealoja, otetaan toinen ensimmäistä linjaa vasten kohtisuoraan oleva linja ja sijoitellaan lisää koealoja. Tällöin myös uudelta linjalta otetaan yksi alkuperäisen linjan suuntainen koeala. (Metsäteho 2003, 31.)



Kuva 3. Puuston ja ajourien mittauspisteiden sijoitteluperiaate (Metsäteho 2003, 31 Korjuujälki harvennushakkuussa- opas).

Koealoilta mitataan kasvatettavan puuston pohjapinta-ala, runkoluku ja pois-tuma. Runkoluku mitataan puulajeittain erikseen. Koealan puut tarkastetaan

vaurioiden osalta ja mitataan koealan paksuimman puun pituus valtapuuksi. Mikäli puusto on kokenut suurta määrää vaurioita, toteutetaan ensiharvennuskohteella täydentäviä mittauksia aina 20 koealaan asti. Koealan keskipisteeseen jätetään maalattu paalu seuraavan koealan linjauksen avuksi. Pohjapinta-alan mittaukseen käytetään useimmiten relaskoopia. Muita mittavälineitä mittausten suorittamiseen ovat metsurin kappalelaskuri lukumäärien ylläpitoon, lankamitta tai GPS-laite ajouravälin mittaukseen sekä vapa 3,99 m ajouraleveyden ja painaumien mittaamiseen. Myös muita mittavälineitä kuten Tallmeteriä ja laseretäisyysmittaria voidaan käyttää mittauksissa. (Metsäteho 2003, 28.)

Ajouran mittaukset toteutetaan, mikäli kohteessa on tehty kokonaan tai osittain uusi ajouraverkosto tai kohteen runkoluku on yli 600 kpl/ha. Puustokoealan mittauksen yhteydessä mitataan ajouraväli lyhimmältä, koealan keskipisteen kautta lähimmille ajourille kulkevalta mittauslinjalta. Linjan ja urien leikkauspisteiltä mitataan ajouraväli 5 m pisteen kumpaankin suuntaan ja urapainaukset 15 m uran kumpaankin suuntaan. (Metsäteho 2003, 31.)

3.2 Metsä Groupin käyttämä inventointimenetelmä

Metsä Groupilla käytössä oleva korjuujäljen inventointimenetelmä perustuu järjestelmälliseen koealaotantaan. Tarkastettavasta kohteesta lasketaan pinta-alan ja ajourien etäisyyksien mukaan arvio kuvion uraverkoston pituudesta metreinä. Uraverkostoon määritetään kymmenen koealaa tasaisin välimatkoin mitattavan kuvion pinta-alan ja ajouravälin mukaisesti. Mittauksen suorittaja voi tarvittaessa siirtää koealaa epäedulliselta paikalta, kuten kalliolta tai esteiden kuten suurten kivien vuoksi, 11 m edemmäs samalla uralla. Tarvittaessa voidaan tehdä vielä toinen samanlainen siirto, mikäli uusi mittauskohta vieläkin esteen tai jonkin muun maastonmuodon vuoksi antaa vääristävän tuloksen mittauksesta. Metrimäärä vähennetään seuraavan koealan etäisyydestä, jolloin tulevat koealat eivät siirry samalla. (Metsä Group harvennusohje 2023).

Mittaus tehdään ajouran keskeltä mitatulla, säteeltään 11 m puoliympyrältä. Mittaukset toteutetaan käyttäen mittanauhaa ja laseretäisyysmittaria. Mittauksessa

lasketaan koealalle jäävät puut puulajeittain ja mitataan toiseksi paksuimman ja toiseksi kapeimman puun pituus, sekä läpimitta. Muita koealalta mitattavia tietoja ovat runkovauriot, juurivauriot ja ajouran leveys. Koealojen ulkopuolelta havainnoidaan ja lasketaan säästöpuut, säästöpuuryhmät, lahoppuut sekä tehdyt tekopökkelöt. Koko uraverkoston läpi käymisen etuna on kattava tieto harvennuksen ja urien toteutuksesta, joskin menetelmä on aikaa vievä. Yli viiden hehtaarin harvennuksista lohkotaan edustava viiden hehtaarin alue, jolta mittaukset tehdään. (Metsä Group harvennusohje 2023).

3.3 Korjuujäljestä inventoitavat tunnuks

3.3.1 Ajouraleveys

Ajouralla tarkoitetaan metsään harvennusvaiheessa muodostuvaa hakkuukoneen tekemää uraa, jota pitkin sekä hakkuukone että ajokone liikkuvat metsässä. Ajourat muodostavat metsässä ajouraverkoston, jota pitkin koneet kykenevät liikkumaan ja operoimaan kohteella. Ensiharvennuksen ollessa ensimmäinen koneellisesti toteutettava toimenpide metsässä, luodaan tällöin ensimmäinen uraverkosto, jota myöhemmät metsän käsittelykerrat hyödyntävät. Suositeltu ajouraleveys on 4–4,5 metriä kivennäismailla ja 4–5 metriä turvemilla. (Ovaskainen 2023). Ajourien ollessa koneiden liikkumiselle välttämätöntä myös myöhemmissä metsän käsittelyissä, ei urille kasva uutta korvaavaa puustoa ensiharvennuksessa poistetun tilalle. Mikäli ajouralle kuitenkin ehtii kasvaa puustoa, se poistetaan seuraavissa harvennuksissa koneiden liikkumisen tieltä tai matala alikasvos jää koneiden pyörien ja telojen alle. Ajoura on siis metsän kasvatuksen kannalta tuottamatonta aluetta, millä ei voida kasvattaa haluttua puulajia tukkipuuksi. Tämän vuoksi ajourien leveys ja sijoittelu on tärkeää, jotta metsästä saadaan mahdollisimman suuri pinta-ala kasvatuskäyttöön. (Metsäteho 2003, 18, 24.)

Etenkin tiheästi kasvavia ensiharvennuksia toteuttaessa neljä metriä leveillä ajourilla, ajouran keskellä oleva noin kahden metrin kaistale jää pois puuston kasvutilasta. Tällöin ajouraverkoston muodostama hävikki kasvupinta-alaan on

jopa 10 % kuvion kokonaispinta-alasta. Ajouran reunamilla kasvavat puut hyötyvät lisääntyneestä valon määrästä, joka osaltaan korvaa kasvutilan pienentymistä. Ajouria ei kuitenkaan voi kaventaa lisäämättä reunapuihin aiheutuvien juuri- ja runkovaurioiden riskiä. Mitä lähempänä puun juurenniskaa vaurio syntyy, sitä todennäköisemmin se johtaa puun lahoutumiseen. Alle neljä metriä leveissä ajourissa ensiharvennuksissa vaurioitumisriski lisääntyy nopeasti. Myöhemmissä harvennuksissa puiden väliset etäisyydet kasvavat ja ajouraleveyden merkitys vähenee. (Metsäteho 2003, 18, 24.)

3.3.2 Ajouraväli

Ajouravälillä tarkoitetaan vierekkäisten ajourien väliin jäävän alueen mitta. Ajouravälin leveys määrittyy käytettävän hakkukoneen puomin pituudella ja harvennuskohteen maaston ja koon mukaan. Suositeltava ajouraväli on vähintään 20 metriä (Ovaskainen 2023). Metsä Groupin ohjeistuksessa suositeltava ajouraväli on 21 metriä (Metsä Group harvennusohje 2023.) Ajouraväli mitataan vierekkäisten ajourien keskipisteistä lyhintä suoraa reittiä käyttäen. Ajouravälin ollessa huomattavasti lyhyempi, ensiharvennuskohteeseen voi syntyä ylimääräistä uraverkostoa. (Metsäteho 2003, 18.)

Liian lyhyellä ajouravälillä metsätaloudellisesti tuottamatonta pinta-alaa syntyy tarvittavaa enemmän ja metsän kasvupotentiaali pienenee. Liian pitkällä ajouraleveydellä puolestaan voidaan aiheuttaa korjaamattomia kaistaleita jonne hakkukoneen puomilla ei yletetä toimimaan. Tällöin ajouravälin keskelle syntyy harventamatonta tiheää kaistaletta, mikä heikentää puiden kasvua. (Metsäteho 2003, 18.)

3.3.3 Ajourapainauumat

Ajourapainauumaksi inventoitaessa lasketaan yli 10 senttimetriä maan pinnan tason alapuolella oleva painauma uralla, mikä ei palaudu. Painaumien tulee olla leikannut maan pintakerrosta ja niiden vähimmäispituus ajouralta mitattuna

tulee olla yli 50 senttimetriä pitkiä. Painaumia voidaan estää harvennusvaiheessa havuttamalla eli siirtäen karsinnassa tulevia oksia uran suojaiksi, jolloin uran kantokyky kasvaa ja juurivaurioiden riski pienenee. (Metsäteho 2003, 25, 26.)

Korjuun ajoittamisella ja korjuukelpoisuusluokan määrittämisellä voidaan ennaltaehkäistä aiheutuvia urapainaumia. Upottavimmille kohteille mentäessä riittävän pakkasen muodostaman roudan aikana maaperän kantavuus paranee. Vastaavasti kelirikkoaikoina voidaan korjuukohteista valita sellaisia, jotka sijaitsevat kestävimmillä maalajeilla ja kasvupaikoilla, välttäen korjuuta huonommin kantavilla mailla. Kantavien telojen käytöllä voidaan merkittävästi nostaa koneen kantokykyä ja jakaa pintapainetta laajemmalle alueelle.

3.3.4 Puustovauriot

Puustovaurioiksi määritellään jäävien puiden runkoon tai juuriin kohdistuneet, harvennuksesta aiheutuvat vauriot. Puustovauriot jaetaan usein runko- ja juurivaurioihin ja ne määritellään eri tavoilla. Metsätehon Korjuujälki harvennushakkuussa- opas 2003, määrittelee runkovauriot juurenniskan yläpuolella sijaitseviksi vaurioiksi. Runko määritellään vaurioituneeksi, mikäli se täyttää jonkin kolmesta kriteeristä.

Runko katsotaan vaurioituneeksi, jos a) sen kuori on rikki nilakerokseen saakka yhdestä tai useammasta kohdasta yhteensä yli 12 cm²: n laajuudelta ja puuaineen pintaa on samalla paljastunut yli 1 cm² tai b) siinä on puuaineen rikkonut, ns. syvävaurio (vaurion koosta riippumatta) tai c) siinä on kuoren rikkonut viilto tai viiltoja, joiden yhteenlaskettu pituus on yli 50 cm. (Metsäteho 2003, 22, 23.)

Juurivaurioiksi määritellään saman oppaan mukaisesti juurenniskan alapuolella rungossa tai juuressa sijaitseva vaurio. Juurivaurioissa huomioidaan sellaiset vauriot, jotka sijaitsevat metrin säteellä rungon keskilinjasta. Alle kahden senttimetrin paksuisia juuria ei lasketa juurivaurioihin. Muilta osin vaurion määritelmä on sama kuin runkovauriollakin. (Metsäteho 2003, 22, 23.)



Kuva 4. Ajouran reunapuun puustovaurio. Juho Karhula

4 Ensiharvennuksessa käytettäviä koneita ja telakalustoa

Ensiharvennuksissa on mahdollista käyttää useiden eri valmistajien harveste- reita sekä ajokoneita. Yleisesti yrittäjät suosivat saman konevalmistajan tuote- valikoimaa yhteensopivuuksien ja erilaisten ohjelmistolisenssien vuoksi omissa yrityksissään. Tässä opinnäytetyössä käytetyimmiksi konevalmistajiksi osoittau- tuivat Ponsse ja John Deere, joiden konemalleja oli käytössä laajasti kaikissa korjuuyrityksissä. Muitakin yksittäisiä koneita oli käytössä aliurakoitsijoiden toi- mesta. Seuraavaksi esitellään tutkimuksessa mukana olleissa työmaissa käytet- tyjen koneiden sekä telavarustelujen tietoja. Ketjuvarusteluista tarkempia tietoja ei kerätty, tutkimuksen keskittyessä pääosin telojen vaikutukseen. Ketjujen osuus leveyden lisäämisessä on hyvin pieni, joten niiden tarkemmista merkki- ja mallitiedoista ei kerätty aineistoa. Ketjut olivat käytössä lähes kaikissa hakkuu- ja ajokoneissa telojen lisänä, mikäli koneessa ei ollut käytössä teloja molem- missa pyöräpareissa.

4.1 Tutkimuksessa mukana olleet koneet sekä telavaihtoehdot

Seuraavissa taulukoissa on tutkimusaineistossa mukana olleiden hakkuu- ja ajokoneiden tekniset tiedot omapainosta, minimi ja maksimileveyksistä eri pyörävaihtoehdoilla, pyörien lukumäärä ja ajokoneilla kuormankantokyky.

Tutkimuksessa mukana olleet hakkuukoneet ja ajokoneet

Hakkuukone	Paino kg	Min Leveys mm	Max leveys mm	Pyörien määrä
Ponsse Scorpion	22700	2630	3085	8
Ponsse Scorpion King	22200	2690	3085	8
Ponsse Cobra	20900	2630	3080	8
Ponsse Bear	24500	2990	3130	8
Ponsse Scorpion Giant	24000	2690	3085	8
Ponsse Beaver	17700	2750	3085	6
Ponsse Ergo	21500	2630	3085	8
Ponsse Fox	20000	2640	2930	8
John Deere 1070 G	15200		2600	4
John Deere 1070 G 8wd	16000		2660	6
John Deere 1170 E	17800		2720	6
John Deere 1170 E 8wd	19500		2720	8
John Deere 1270 G	20900		2950	6
John Deere 1270 G 8wd	22650		2950	8

Taulukko 1. Tutkimuksessa käytetyt hakkuukoneet

Ajokone	Paino kg	Leveys mm	Max leveys mm	Pyörien määrä	Kuormankantokyky kg
Ponsse Elk	18800	2690	3038	8	13000
Ponsse Winsent	17300	2690	2840	8	12000
Ponsse Buffalo	19800	2895	3085	8	15000
John Deere 1210 G	18 080	2746	3086	8	13000
John Deere 1110 E	15500		2990	6	12000
John Deere 1510 G	18230	2990	3086	8	15000
John Deere Timber-jack 1410B	14200		2760	6	14000

Taulukko 2. Tutkimuksessa käytetyt ajokoneet

Tela	Kantavuus
Kopa Tracks	Kantava
Kopa Kaivuritelat	Kantava
Olofsfors Baltic	Kantava
Kopa 800	Kantava
Kopa Kaivuritelat	kantava
Omavalmisteiset kaivuritelat	Kantava
Olofsfors Sekatela	Puolikantava
Olofsfors Cover B	Puolikantava
Olofsfors KovaX M	Puolikantava
Olofsfors KovaX Soft	Puolikantava
Olofsfors Ecotrack	Puolikantava
Olofsfors Eco	Puolikantava
Clark ATF	Puolikantava
Clark kapulatela	Puolikantava
Pewag Bluetrack Duo Duro	Puolikantava
Pewag Sekatela	Puolikantava
Pewag Bluetrack Mono Flow-perfect	Puolikantava
Olofsfors Evo	Ei kantava
Olofsfors OF Mtm	Ei kantava
Olofsfors KovaX	Ei kantava

Taulukko 3. Käytetyt telat ja kantavuusluokat

4.2 Telat

Hakkuu- ja ajokoneisiin on olemassa erilaisia telaratkaisuja, jotka tarjoavat erilaisia ominaisuuksia ja mahdollisuuksia työskennellä vaikeammassa maasto-olosuhteissa. Telojen pääominaisuuksina on renkaiden suojaaminen sekä kitkan ja kantavuuden lisääminen liukkaammille ja upottavammille maastoille. Teloja voidaan luokitella erilaisiin kategorioihin niiden tarjoamien ominaisuuksien mukaan. Tässä tutkimuksessa telat määritellään niiden tarjoaman kantavuuden mukaisesti kolmeen luokkaan: kantavat, puolikantavat sekä ei kantavat telat.

4.2.1 Kantavien telojen määritelmä

Kantavilla teloilla tarkoitetaan hakkuu- ja ajokoneeseen asennettavia teloja, joiden päätehtävänä on lisätä kantavuutta sekä vähentää konevaurioita. Myös maaperään sekä metsäteihin kohdistuva rasitus pienenee vähentäen vaurioita. Kantavien telojen käytöllä voidaan pidentää pehmeiden maastokohteiden

korjuuajankohtaa ja operoida paremmin etenkin turvemailla. KOPA-kantavien telojen leveät kaivurin teloja muistuttavat metsäkonekäyttöön tuotetut telakengät jakavat tehokkaasti pintapainetta tasaisesti laajemmalle alueelle mahdollistaen korjuun uppoamatta myös haastavimmissa korjuukohteissa. Telakenkien muotoilu leveällä tasaisella telakengällä ja kapealla välityksellä saavutetaan mahdollisimman suuri kantavuus metsäkoneelle. Telakengän ulkoreuna on taivutettu sisäänpäin vähentäen tehokkaasti maanpinnan leikkaamista sekä mahdollisten juurivaurioiden syntyä kaarevan muotoilun vuoksi. Epäsymmetrisellä telalla toinen puoli on kapeampi toisen ollessa leveämpi. Reunan ylitykseen vaikuttavia tekijöitä ovat koneen rakenne ja renkaiden sekä telan mallit. (Koneosapalvelu 2024.)

	Telakengän pituus, taivutus	Keskitys	Mitta X (mm)	Selite
Normaali	800C	Symmetrinen		C = Suora telakenkä
	900C1	Symmetrinen		C1 = Ulkoreuna taivutettu
	900C1	Epäsymmetrinen	30	C2 = Molemmat reunat taivutettu
	1000C1	Symmetrinen		
	1000C1	Epäsymmetrinen	30	Symmetrinen
Heavy Duty	900HDC1	Symmetrinen		Epäsymmetrinen
	900HDC1	Epäsymmetrinen	30	
	1000HDC2	Symmetrinen		
	1000HDC2	Epäsymmetrinen	60	

Kuva 5. Koneosapalvelun käytetyimpien mallien tietoja. (Koneosapalvelu 2024)



Kuva 6. Kaivuritela kuormalavalla säilytyksessä. Juho Karhula

Kantavien telojen haasteena on lisääntyvä leveys sivusuunnassa. Lisäämällä renkaan reunaan ylitystä, tehdään samalla koneesta leveämpi ja lisätään etenkin juurenniskaan kohdistuvien vaurioiden muodostumisen riskiä. Leventämällä jo itsessään esimerkiksi 3,10 metriä leveää ajokonetta kantavilla teloilla, jotka ylittävät renkaan reunan molemmilla puolilla 10 cm saadaan kokonaisleveydeksi 3,30 metriä. Kääntyessään ajokoneen tarvitsema tila kasvaa etenkin koneen takaosasta. Tiukkaan kääntäessään ajokone voi leikata teammaisella pyöräparilla leveämmältä kuin etummainen pyöräpari, jolloin mahdollinen puustovaurion mahdollisuus kasvaa mutkan sisäkaarteessa. Samantapainen ilmiö aiheutuu työskennellessä rinnemaastossa. Ajaessaan rinteen mukaisesti ajokone kallistuu sivusuunnassa maanmuotojen mukaisesti ja samalla kuormatilan reunoilla olevat, kuormaa kyydissä pitävät metalliset tuet voivat ylittää koneen telojen reunan. Tällöin kuormatila on paljon lähempänä reunapuita kuin pyörän tai telan reuna ja näin ollen tarvitsee lisää tilaa. Kuvat 7 ja 8 havainnollistavat telan reunan ylitystä renkaasta.



Kuvat 7 ja 8. Clark Atf puolikantava yleistelä. Juho Karhula

4.2.2 Puolikantavat sekatelat ja kantamattomat yleistelät

Kantavien telojen lisäksi on olemassa puolikantavia sekateloja, jotka yhdistävät kantavuuden ja kitkan lisäämisen tarpeet samaan telaratkaisuun. Sekatelat ovat hyviä yleistelöitä, joilla voidaan toimia laajasti erilaisissa korjuukohteissa. Sekatelat soveltuvat hyvin etenkin mäkiin maastoihin ja lisäävät kantavuutta pehmeämmillä maapohjilla. Sekateloja on mahdollista käyttää hyvin yhdistelmänä, jonkin toisen telamallin kanssa toisella pyöräparilla. (Metsätyö Oy 2024).

Kantamattomilla perusteloilla tarkoitetaan teloja, jotka eivät lisää koneen kantavuutta, vaan toimivat sekatelojen tapaan lisäämässä koneen pitoa liukkailla olosuhteilla ja suojaamalla rengasta iskuilta. Näitä yleistelöitä voidaan käyttää monessa eri ympäristössä lisäten koneiden toimintakykyä. Pewag-metsäkoneteleissa on huomioitu maaston tarjoamat haasteet ja kehitelty useita eri telavaihtoehtoja. Pewag bluetrack mono perfect-telat tarjoavat erinomaista pitoa jyrkkiin ja kalloisiin maastoihin ja suojaavat samalla rengasta. Pewag bluetrack mono skidder-telat puolestaan tarjoavat parempaa pitoa ja soveltuvat monipuoliseen yleiskäyttöön, mutta eivät tarjoa lisää kantavuutta ohuen muotoilunsa vuoksi. (Pewag Nordic Oy 2024).

4.3 Ketjut

Sekä hakkuu- että ajokoneen renkasiin on mahdollista asentaa telojen lisäksi erilaisia ketjuvaihtoehtoja. Kitkaketjujen pääasiallisena tehtävänä on lisätä pyörän ja maaperän välistä kitkaa, jolloin pyörä säilyttää pitonsa myös haastavimmissa kohteissa ja olosuhteissa. Kitkaketjut suojaavat myös renkaiden kulumiselta ja vaurioitumiselta ketjun kestäessä paremmin osumia esimerkiksi kivikossa. Rengasta suojaavaa osaa kutsutaan rengassuojaukseksi ja sen teho perustuu ketjusta muodostuvan suojamaton luomaan pintaan renkaan päällä. (Ammattilehti 2022).

Ketjumaton tiheydellä on merkitystä toiminnallisuudelle ja etenkin tiheällä ketjumaton pienennetään mahdollisen viiltovaurion riskiä. Ajouralla olevat terävät kivet voivat viiltää ja vaurioittaa renkaiden pintaa ilman ketjujen tuomaa

lisäsuojauksista. Samalla ketjuihin hitsatut pitoholkit estävät renkaiden tarpeettomat tyhjät pyörähdykset liukkaassa maastossa ja samalla pienentävät liukumisriskiä merkittävästi. Lumisissa ja jäisissä olosuhteissa pidon tärkeys korostuu entisestään. Teloja ja ketjuja käytetään usein samanaikaisesti eri pyöräpareilla samassa koneessa kohteen mukaan. Hyvin tavallinen asettelu kuusi- ja kahdeksanpyöräisillä koneilla on asentaa toiseen pyöräpariin telat ja toiseen ketjut. (Ammattilehti 2022).

5 Tutkimuksen tavoite

Opinnäytetyö toteutetaan toimeksiantona Metsä Groupille. Toimeksiannosta on laadittu molemmille osapuolille allekirjoitettu sopimus työn toteuttamisesta. Tutkimuksen tavoitteena on tutkia vaikuttaako kantavien telojen käyttö muodostuvan ajouran leveyteen ensiharvennuskohteissa kesän 2023 aikana. Samalla tarkastellaan muita harvennuksen laatuun vaikuttavia tekijöitä kuten ajouraväliä, painaumia sekä puustovaurioita, pääpainon ollessa ajouraleveyden ja telojen tutkimisessa. Maantieteellisesti kohteet sijoittuvat Itä- ja Keski-Suomeen. Tutkimuksessa pyritään tuottamaan kokonaan uutta tietoa kantavien telojen vaikutuksesta.

Tutkimuksessa on mukana neljä Metsä Groupin korjuuyritystä. Yrittäjien valinta on toteutettu korjuukohteiden ja konekannan määrän perusteella. Tutkimukseen otettuja ensiharvennuskohteita on yhteensä 117 kappaletta kesän 2023 ensiharvennuksista. Koealoja on kokonaisuudessaan yhteensä 566 kappaletta. Korjuukohteet ovat lähes kaikki kivennäismaiden puolella, joten turvamailta ei ole eriteltäväksi riittävästi aineistoa maaperän vaikutuksen tutkimiseksi. Myöskään korjuukohteiden maantieteestä ei ole aineistoa, joten kivisiä tai mäkisiä kohteita ei ole pystytty tunnistamaan ja erottelamaan omaksi ryhmäkseen. Kohteet on valittu Metsä Groupin korjuuvalvontatarkastusten perusteella, jotta tutkimukseen saadaan mahdollisimman laaja otos eri yrittäjien ja hakkuukoneiden tekemistä ensiharvennuksista. Tällöin yksittäisen kone- ja kuljettajakohtaisen vaikutuksen

aiheuttaman ero vähenee ja voidaan tutkia paremmin ilmiönä eri telavaihtoehtojen vaikutusta ajouraleveyteen.

Aiheesta on laadittu aikaisemmin samantapainen opinnäytetyö (Mankinen 2018). Kyseisessä työssä käsitellään samaa aihetta pienemmässä mittakavassa Metsänhoitoyhdistys Sotkamo ry:n toimeksiantona. Opinnäytetyön aineiston laajuus on 10 korjuukohdetta ja 165 koealaa mitattuna Sotkamosta kesällä 2018. Tutkimuksessa käsitellään hyvin mahdollista kantavien telojen tuomaa vaikutusta ajouraleveyteen. Käytetyn aineiston määrä on kohtalaisen pieni eikä tutkimuksesta voida laatia laajempaa yleistystä. Opinnäytetyön pohdinnassa Mankinen mainitsee aiheesta tarvittavan laajamittaisemman koealaotannan paremman tilastollisen analyysin toteuttamiseksi.

6 Aineisto ja käytetyt menetelmät

6.1 Aineisto

Aineistona toimii Metsä Groupin kesän 2023 aikana valituille yrittäjille ensiharvennuskohteisiin toteutetut korjuujälkitarkastukset. Mittaukset on toteutettu Metsä Groupin korjuuvalvontaa suorittavien työntekijöiden toimesta. Mittaukset on toteutettu yrityksen oman mittausmenetelmän mukaisesti. Mittavälineinä ovat toimineen laseretäisyysmittari ja mittanauha sekä älypuhelinsovellus Haukka, johon tulokset on merkitty.

Mittatarkkuudessa on inhimillisen mittausvirheen mahdollisuus työolosuhteiden ollessa metsämaasto. Optiikan tarkkuus on jokaisen työntekijän oman silmän mittatarkkuus yhdessä mittavälineiden kuten mittanauhan ja laseretäisyysmittarin kanssa. Tiedot käytetyistä telavarusteluista on saatu yhteistyössä yrittäjien toimihenkilöiltä heille lähetetyillä sähköisillä taulukoilla.

6.2 Suunnittelu ja rajaus

Opinnäytetyön toteutus alkoi suunnitelmapalavereilla, jossa käytiin yhdessä työnantajan kanssa läpi työn tarkoitus ja käytössä oleva aineisto. Työn tilaaja päätyi ratkaisuun, jossa hyödynnettäisiin kuluneen kesän aikana tehtyjä mitauksia ja niistä kerättyjä tietoja tietokannasta, jotta tutkimukseen saataisiin mahdollisimman suuri aineisto. Uuden mittaustiedon keruun ei todettu palvelevan tutkimustarkoitusta olemassa olevan, määrällisesti paljon suuremman ennalta kerätyn aineiston ollessa erittäin hyvin käyttökelpoista. Aineistoa tai tutkimustietoa kantavien telojen käytöstä tai vaikutuksista ei entuudestaan ollut.

Laajuudeksi määriteltiin kolmen suurimman korjuuyrittäjän ensiharvennuskohteista tehdyt tarkastukset. Myöhemmin tutkimukseen lisättiin neljäs yrittäjä, jotta aineistoa saatiin yli sadalta ensiharvennustyömaalta. Tutkimuksessa päädyttiin tarkastelemaan ensiharvennuskohteita vain kivennäismaiden osalta. Olemassa oleva aineisto oli erittäin vahvasti painottunut kivennäismaille, eikä turvemailta ollut olemassa yhtä laajaa tietokantaa ilmiöiden tarkasteluun.

6.3 Aineiston keruu ja yhteensovittaminen

Tietojen hankkiminen järjestelmistä ja niiden yhteensovittaminen Exceliin. Tietosuojan tärkeyden takia oikeuteni järjestelmiin pääsyyn ja tietojen käsittelyyn toi omat haasteensa. Harjoittelijana oikeuteni tarkastella työn toteuttamiseen tarvittavia tietoja eivät riittäneet. Yrityksen IT-tuki yhdessä harjoittelun ohjaajani kanssa antoi tilapäiset oikeudet tarkoin rajattuihin järjestelmiin, joista sain haettua tarvittavan aineiston. Salassapitovelvollisiin järjestelmiin mihin minun käyttöoikeuteni eivät riittäneet sain työn ohjaajalta olennaisimmat tiedot.

Resurssien eli työmailla olleiden hakkuu- ja ajokoneiden tietojen yhteensovittaminen työmaisiin osoittautui haasteellisimmaksi osuudeksi, jossa tarvitsin yrittäjien edustajilta apua tietojen keruussa. Lähetin salatulla sähköpostilla jokaiselle yrittäjälle oman taulukon heidän toteuttamistaan ensiharvennuskohteista tiedoilla, jotka sain eri Metsä Groupin järjestelmistä liitettyä. Koneiden

telavarustelusta ei kuitenkaan ole rekisteriä mistä näkisi millä työmaalla on käytetty mitään teloja tai ketjuja. Yrittäjät täydensivät laatimani taulukot puuttuvien tietojen osalta.

6.4 Aineiston käsittely

Aineiston analysointimenetelmänä käytettiin tilastollista kenttätutkimusta, joka on kvantitatiivinen tilastotutkimus. Kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta voidaan kutsua tilastolliseksi tutkimukseksi, jossa aineiston määrä on usein suuri ja tulosten esitys toteutetaan numeerisesti. Selkeämmän visuaalisen havainnollistamisen vuoksi tärkeimmät tulokset esitellään kuvaajien muodossa tässä opinäytetyössä. Käytetty aineisto on yhdistelty eri järjestelmien ja yrittäjiltä kerättyjen kyselylomakkeiden perusteella yhdeksi Excel-- taulukoksi. Taulukoinnin tarkoituksena on saada kaikki haluttu aineisto yhteen taulukkoon eri tietojärjestelmien väliltä. Tämä mahdollistaa aineiston käsittelyn Excelin testaamalla sekä vertailemalla, jolloin voidaan tarkastella eri tunnusten vaikutuksia ajouraleveyteen. Näistä parhaiten tutkittavaa tietoa antavia ovat kahden riippumattoman otoksen vertailu sekä T- testi. Muita testausmenetelmiä olivat ristiintaulukointi ja khii neliöön- testi. Aineisto on jaettu vertailun vuoksi otoksiin, joissa käytössä on ollut koneita kantavilla teloilla, toiseen otokseen, jossa käytössä oli puolikantavat telat sekä kolmanteen otokseen, jossa koneissa ei ole ollut käytössä kantavia teloja.

Aineistoa on tutkittu kahden riippumattoman otoksen T-testillä ja siitä saatavalla p-arvolla. Testauksessa on käytetty erisuurten varianssien kaksisuuntaista testiä. P- arvo on siis todennäköisyys minkä mukaan keskiarvojen eroavaisuudet ovat selitettävissä otantavirheen vuoksi. Vakiintuneen tavan mukaan alle 5 % suuruista p-arvoa voidaan pitää riittävänä näyttönä perusjoukossa olevan riippuvuuden tai eron puolesta. Mitä pienempi p-arvo on, sitä paremmin muuttujien vertailu kuvaa otosten eroavaisuuksien merkitsevyyttä. Kahden riippumattoman otoksen vertailu antaa tiedon kahden toisistaan täysin riippumattoman otoksen eroavaisuuksista sekä yhtäläisyyksistä. Tällöin voidaan tarkastella kantavien telojen ja ei kantavien telojen otoksia. Samoin vertailu voidaan toteuttaa myös ei kantavien ja puolikantavien telojen otoksille. Kaikki työmaat ovat erillisiä

yksiköitä, jolloin toisella työmaalla telojen käyttö ei vaikuta toiseen työmaahan. Otosten keskiarvoja vertaamalla saadaan hyvä kuva eroavatko kyseisten otosten ajouraleveydet toisistaan. Pienet eroavaisuudet voivat johtua yksittäisistä koealoista tai otantavirheistä. Suuremmalla otoskoolla voidaan paremmin tarkastella kokonaisuutta ja eri muuttujien vaikutusta. (Taanila, Tilastoapu 2012a.)

T- testi antaa tulokseksi otosten p-arvon. P-arvon avulla voidaan tarkastella kahden riippumattoman otoksen todennäköisyyttä sille, että keskiarvojen eroavaisuus on pelkästään otantavirheen aikaansaannosta, eikä muuttujalla ole oikeaa merkitystä eroavuuksissa. Tämä tarkoittaisi, ettei kantavilla teloilla olisi merkitystä ajouraleveyteen, vaan eroavaisuudet johtuisivat koealamittausten virheistä. Mikäli p-arvon suuruus on alle viisi prosenttia, voidaan tulkita, että perusjoukossa on riittävä eroavaisuus, eikä se johdu pelkästä otantavirheestä. Mitä pienempi p-arvon suuruus on, sitä paremmin keskiarvojen ero on merkitsevää. Muita tärkeitä tunnuksia keskiarvon, keskihajonnan ja p-arvon lisäksi on otoskoko. T-testin suorittamiseen tarvitaan vähintään 30 otosta tai perusjoukon tulee olla liki normaalisti jakautunut. (Taanila, Tilastoapu 2012a.)

Ristiintaulukoinnissa ja khii toiseen testissä aineistosta muodostetaan taulukko havaituista lukumääristä sopivalla luokittelulla. Muodostetusta taulukosta laskeaan odotetut lukumäärät eli hypoteettiset arvot tilanteelle, jossa sarakkeissa olevien luokkien välillä ei olisi havaittavissa eroavaisuutta. Odotettuja lukumääriä voidaan kutsua odotetuiksi frekvensseiksi. Testin luotettavuuteen liittyy, etteivät frekvenssit saa olla liian pieniä, tarkalleen alle viiden suuruisia frekvenssejä ei saa pienissä taulukoissa (2x2) ollenkaan ja suuremmissa alle 20 prosenttia. Alle yhden suuruisia frekvenssejä ei saa olla ollenkaan. Khii toiseen testillä voidaan selvittää ristiintaulukoinnista p- arvo sekä vapausaste, jolloin voidaan arvioida testin luotettavuutta. P- arvon tulee olla luotettavassa testissä alle viisi prosenttia. (Taanila, Tilastoapu 2012b.)

6.5 Hypoteesi

Ennen analysointia ja testausta tuloksesta muodostettu hypoteesi on seuraava: Kantavien telojen käytöllä on hyvin vähän merkitystä ajouraleveyteen. Yrittäjiltä aiheesta keskustellessa heidän hypoteesinsa on, että maastonmuodoilla ja etenkin kallistuskulmilla rinnemaastossa on suurempi vaikutus kuin käytetyllä telakalustolla. Näin olleen ajouria suunniteltaessa maasto on otettava huomioon jo hakkuukoneen toiminnassa, jotta ajokone mahtuu toimimaan ja keräämään puut koko ensiharvennusalueelta ongelmitta.

Toinen vaikuttavana tekijä olisi kuljettajan ammattitaito. Kokeneemmat kuljettajat osaavat havainnoida paremmin korjuuseen vaikuttavia seikkoja ja tehdä haastavammissa kohteissa toimivampia ratkaisuja. Eniten vaikutusta olisi korjuukohteen ajouraverkoston suunnitteluvaiheessa sekä reunapuiden valinnassa. Mikäli tutkimus osoittaa kantavilla teloilla olevan merkitystä syntyvään ajouraleveyteen, on aiheesta syytä laatia vielä lisää tutkimuksia ja luoda uutta ohjesääntöä Metsä Groupin yrittäjille.

7 Tulokset

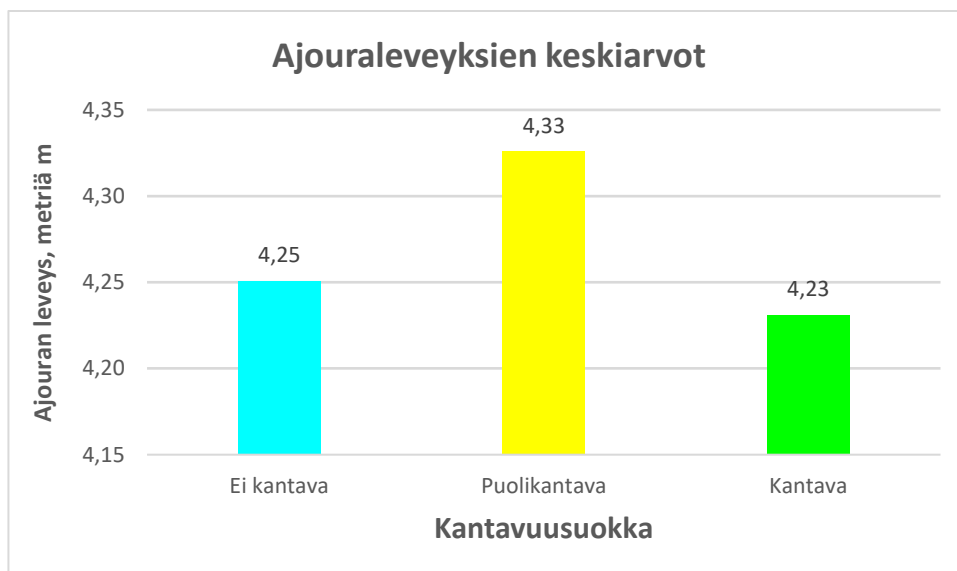
Tärkeimmät tulokset tutkimuksessa ovat eri tunnusten keskiarvot eri otosten välillä. Pääpaino tutkimuksessa oli ajouraleveydellä. Muita tarkasteltavia suureita olivat painaumaprosentti, ajouraväli, puusto- ja juurivaurioprosentit. Vertailtavat tulokset ovat eri kantavuusluokkien mitattuja keskiarvoja. Tulokset on esitetty kuvaajien muodossa. Lopulliseen vertailuun tuli mukaan yhteensä 566 koealaa 117 eri ensiharvennustyömaalta. Tutkimusaineisto jakautui eri kantavuusluokkiin seuraavasti: ei kantavia koealoja oli 55, puolikantavia 232 ja kantavia 279. Taulukoissa otoksilla on käytetty värejä selkeyden vuoksi: ei kantava otos on kuvattu vaaleansinisellä, puolikantava otos keltaisella ja kantava otos vaaleanvihreällä yhtäläisesti kaikissa taulukoissa.

Tutkimuksessa aineistoa tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena eikä eri yrittäjien tuloksia eritellä omiksi ryhmikseen. Yrittäjien tulosten välillä on havaittavissa eroavaisuuksia, jotka selittyvät todennäköisimmin kuljettajien tekemillä ratkaisuilla, eivätkä varsinaisesti käytetyllä kalustolla. Yrittäjillä on käytössään samoja hakkuu- ja ajokoneita samoilla telavaihtoehdoilla, jolloin telojen ja koneiden sijasta eron on muodostuttava pääosin muista tekijöistä. Näitä ovat korjuukohtien maantiede ja kallistuskulmat, sekä kuljettajien maastossa tekemät tapauskohtaiset ratkaisut.

7.1 Ajouraleveys

Tutkimuksessa tärkeimpänä yksittäisenä tutkittavana tunnuksena oli ajouraleveys. Otoskoot (n) olivat: ei kantavilla 55kpl, puolikantavilla 232kpl ja kantavilla 279kpl. Keskiarvallisesti ajouraleveydeksi muodostui ei kantavilla 4,25 m, puolikantavilla 4,33 m ja kantavilla teloilla 4,23 m. Kaavio 1. havainnollistaa keskiarvoja. Keskihajonta ei kantavilla teloilla oli 26 cm, puolikantavilla 29 cm ja kantavilla 30 cm. Tutkimusaineistossa oli siis havaittavissa selkeitä eroja ensiharvennuskohteiden välillä.

Tutkimus osoittaa telojen käytön olevan hyvin vähän verrannollinen syntyvän ajouran leveyteen tutkimusaineiston ensiharvennuskohteissa. Kantavien telojen ensiharvennuskohteissa oli keskimäärin 3 senttimetriä kapeampi ajoura kuin ei kantavissa ja 10 senttimetriä kapeampi kuin puolikantavilla teloilla varustetuilla koneilla. Kantavien telojen tuoma lisäys leveyteen ei aiheuta itsessään selkeää korrelaatiota ajouraleveyden kasvuun, pikemminkin päinvastoin. Kaikissa keskiarvoissa ajouraleveys on telavarustelusta riippumatta suositusten mukaisesti alle 4,5 metriä.



Kaavio 1. Ajouraleveyksien keskiarvot.

Ajouraleveyttä testattiin kahden riippumattoman otoksen t- testillä. Ei kantavien telojen ja puolikantavien telojen otosten ero osoittautui kohtalaisen merkitseväksi: $t(89,4) = -1,878$; $p=0,064$; 2-suuntainen. Ei kantavien telojen ja kantavien telojen otosten ero osoittautui myös hyvin vähän merkitseväksi: $t(85,9) = 0,5$; $p=0,618$; 2-suuntainen. Puolikantavien telojen ja kantavien telojen otosten ero osoittautui merkitseväksi: $t(498,5) = 3,581$; $p=0,000$; 2-suuntainen. P- arvojen ollessa ei kantavilla ja puolikantavilla teloilla 6,36 %, osa eroavaisuudesta otosten välillä voi selittyä otantavirheellä. Kantavan ja ei kantavan otoksen t- testi antoi p- arvoksi 61,83 % joten otantavirheen mahdollisuus eroavaisuuksien lähteenä on erittäin todennäköinen. Puolikantavien ja kantavien telojen otoksen t- testin p- arvo oli 0,04 %, joten otosten keskiarvojen välinen ero on merkitsevä, eikä johdu pelkästään otantavirheestä. Kokonaisuudessaan otoskoko huomioiden keskiarvoista saadaan hyvää tutkimustietoa, mutta otantavirheen suuren todennäköisyyden vuoksi tuloksia ei voida pitää tarkasti ilmiötä selittävänä pelkästään kyseisellä testausmenetelmällä.

Aineistoa testattiin myös ristiintaulukoimalla ja khii toiseen- testillä. Havaittujen ja odotettujen tulosten lukumäärät eri ajouraleveyksien luokissa on havainnollistettu taulukoissa 4 ja 5. Khii toiseen testin mukaan ei kantavien telojen ($n=55$), puolikantavien telojen ($n=232$) ja kantavien telojen ($n=279$) ajouraleveyksissä on eroa: $df=14$; $X^2(126,16)$; $p=0,000$. P- arvon ollessa alle 0,05 tuloksia

voidaan pitää tilastollisesti merkittävinä, eikä otantavirheen mahdollisuutta juuri-kaan ole selittämässä eroavaisuuksia.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
alle 4 m	6	23	51	80
4–4,09 m	2	37	33	72
4,1–4,19 m	3	4	15	22
4,2–4,29 m	22	10	30	62
4,3–4,39 m	4	21	46	71
4,4–4,49 m	11	19	43	73
4,5–4,59 m	3	96	47	146
4,6 m tai yli	4	22	14	40
Yhteensä	55	232	279	566

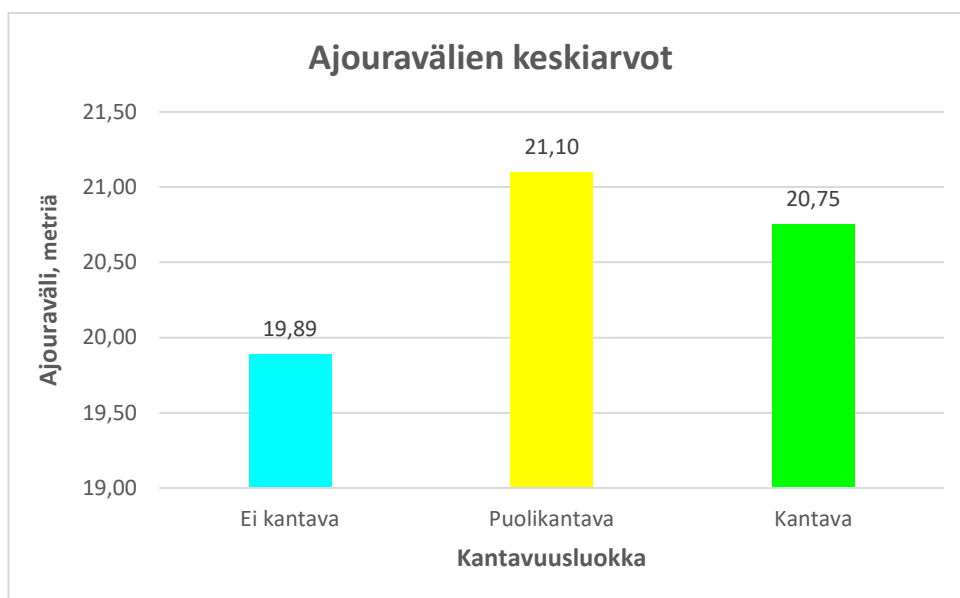
Taulukko 4. Havaitut lukumäärät ajouraleveyksillä.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
alle 4 m	7,77	32,79	39,43	80
4–4,09 m	7,00	29,51	35,49	72
4,1–4,19 m	2,14	9,02	10,84	22
4,2–4,29 m	6,02	25,41	30,56	62
4,3–4,39 m	6,90	29,10	35,00	71
4,4–4,49 m	7,09	29,92	35,98	73
4,5–4,59 m	14,19	59,84	71,97	146
4,6 m tai yli	3,89	16,40	19,72	40
Yhteensä	55	232	279	566

Taulukko 5. Odotetut lukumäärät ajouraleveyksillä.

7.2 Ajouraväli

Ajouraväli oli tutkimusaineistossa hyvin yhtenäinen koko aineiston osalta. Otoksot (n) olivat: ei kantavilla 54kpl, puolikantavilla 153kpl ja kantavilla 159kpl. Kaikista työmaista ei ollut olemassa aineistoa ajouravälistä, joten tutkimusaineisto on hieman suppeampi kuin ajouraleveydellä. Ei kantavien telojen otoksen keskiarvo ajouraleveydelle oli 19,89 metriä, puolikantavilla 21,10 metriä ja kantavilla 20,75 metriä, katso kaavio 2. Keskihajonnat olivat seuraavanlaiset: ei kantavilla 1,63 m, puolikantavilla 1,48 m ja kantavilla 1,22 m. Aineistossa oli siis myös ajouravälin osalta selkeää hajontaa ensiharvennuskohteiden välillä. Keskiarvojen eroavaisuudet ovat kuitenkin kaikki 1,11 m sisällä toisistaan.



Kaavio 2. Ajouravälien keskiarvot.

Ajouraväliä testattiin käyttäen kahden riippumattoman otoksen t- testiä. Testaus antoi hieman vaihtelevia tuloksia p- arvojen osalta. Ei kantavien telojen ja puolikantavien telojen otosten ero osoittautui hyvin merkitseväksi: $t(107,1) = -4,478$; $p=0,000$; 2-suuntainen. Ei kantavien telojen ja kantavien telojen otosten ero osoittautui merkitseväksi: $t(73,9) = -3,574$; $p=0,001$; 2-suuntainen. Puolikantavien telojen ja kantavien telojen otosten ero osoittautui osittain merkitseväksi: $t(257,1) = 1,895$; $p=0,059$; 2-suuntainen. Puolikantavan ja kantavan otosten vertailun p- arvon ylittäessä 5 %, otantavirheen mahdollisuus on olemassa, mutta ei erittäin merkittävänä. Ei kantavien ja puolikantavien, sekä ei kantavien ja kantavien otosten testaustulosten p- arvojen ollessa alle 5 % ja hyvin lähellä 0 %, otosten välinen keskiarvojen eroavaisuus on merkitsevää eikä johdu todennäköisesti pelkästä otantavirheestä.

Ajouravälien aineistoa testattiin myös ristiintaulukoinnilla sekä khii toiseen testillä. Ristiintaulukointi esitetty taulukoissa 6 ja 7. Aineisto luokiteltiin tasaisin välein viiteen luokkaan, jotta testiin ei tullut liikaa alle viiden suuruisia frekvenssejä. Alle viiden suuruisia frekvenssejä saa olla kaikista odotetuista frekvensseistä alle 20 %, eikä alle 1 suuruisia frekvenssejä lainkaan. Mikäli pieniä frekvenssejä on liikaa, testin luetettavuus laskee. (Taanila, Tilastoapu 2012. Ristiintaulukointi ja Khii neliöön testi).

Khii toiseen testin mukaan ei kantavien telojen (n=54), puolikantavien telojen (n=153) ja kantavien telojen (n=159) ajouravälissä on eroa: $df=8$; $X^2 (43,01)$; $p=0,000$. P- arvon ollessa alle 0,05 tuloksia voidaan pitää tilastollisesti merkittävänä, eikä otantavirheen mahdollisuutta juurikaan ole selittämässä eroavaisuuksia. P- arvon on myös erittäin lähellä nollaa, joka puolestaan kertoo testin eroavaisuuksien olevan erittäin hyvin merkitseviä.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
alle 20 m	9	9	10	28
20–20,9 m	26	58	58	142
21–21,9	16	43	65	124
22–22,9	3	9	18	30
23 m tai yli	0	34	8	42
Yhteensä	54	153	159	366

Taulukko 6. Havaitut lukumäärät ajouraväleillä.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
Alle 20 m	4,13	11,70	12,16	28
20–20,9 m	20,95	59,36	61,69	142
22–22,9 m	18,30	51,84	53,87	124
22–22,9 m	4,43	12,54	13,03	30
23 m tai yli	6,20	17,56	18,25	42
Yhteensä	54	153	159	366

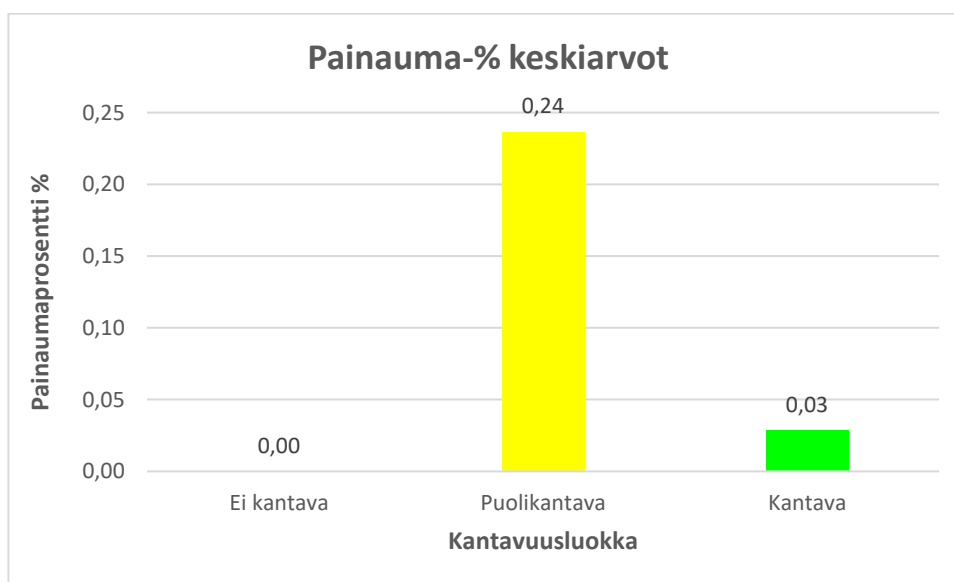
Taulukko 7. Odotetut lukumäärät ajouraväleillä.

7.3 Painaumaprozentit

Painaumaprozentit olivat koko aineiston kannalta hyvin matalat. Otoskoot (n) olivat: ei kantavilla 55kpl, puolikantavilla 232kpl ja kantavilla 279kpl. Ei kantavilla teloilla painaumien keskiarvo oli 0,00 %, puolikantavilla 0,24 % ja kantavilla 0,03 %, katso kaavio 3. Keskihajonnat olivat seuraavat: ei kantavilla 0,00 %, puolikantavilla 0,86 % ja kantavilla 0,15 %. Kaikki ensiharvennuskohteet täyttivät erinomaisen korjuujäljen kriteerit erittäin alhaisella painaumaprozentilla. Eroavaisuudet ovat pieniä ja kokonaisuudessaan painaumaprozentit ovat erittäin alhaisia koko aineiston osalta. Kaikki testauksessa mukana olleet ensiharvennuskohteet olivat kivennäismaalla, joten turvemailta ei ole kerätty vastaavaa laajaa tutkimusaineistoa vertailtavaksi. Turvemaiden osalta aineisto oli niin

suppea, ettei sen pohjalta voitu toteuttaa merkittäviä tuloksia antavaa testausta. Tämän vuoksi turvemaat oli rajattu testausten ulkopuolelle tässä tutkimuksessa.

Painaumaprosenttia testattiin myös kahden riippumattoman otoksen t- testillä. Ei kantavien telojen ja puolikantavien telojen otosten ero osoittautui merkitseväksi: $t(231) = -4,207$; $p=0,000$; 2-suuntainen. Ei kantavien ja kantavien telojen otosten ero osoittautui merkitseväksi: $t(278) = -3,215$; $p=0,001$; 2-suuntainen. Puolikantavan ja kantavan otoksen ero osoittautui yhtäläillä merkitseväksi: $t(242,4) = 3,657$; $p=0,000$; 2-suuntainen. P- arvojen ollessa alle 0,05 ja samalla erittäin lähellä 0 %, voidaan tuloksia pitää merkitsevinä ja erittäin hyvin eroavaisuuksia selittävänä tekijänä. Otantavirheen vaikutus eroavaisuuksien selittäjänä on häviävän pieni.



Kaavio 3. Painaumaprosenttien keskiarvot.

Painaumaprosentteja testattiin ristiintaulukoimalla ja khii toiseen- testillä. Havaittujen ja odotettujen tulosten lukumäärät eri painaumaprosenttien luokissa on havainnollistettu taulukoissa 8 ja 9. Khii toiseen testin mukaan ei kantavien telojen ($n=55$), puolikantavien telojen ($n=232$) ja kantavien telojen ($n=279$) ajouraleveyksissä on eroa: $df=2$; $X^2 (7,86)$; $p=0,020$. P- arvon ollessa alle 0,05 tuloksia voidaan pitää tilastollisesti merkittävänä ja otantavirheen mahdollisuudella ei voida selittää eroja tuloksissa. Kokonaisuutena painaumaprosenttien ollessa erittäin lähellä nollaa prosenttia, voidaan todeta painaumien olevan tilastollisesti

vähäisiä ja tapauskohtaisia. Merkittävää vaihtelua otosten välillä ei siis juurikaan ole ja eroavaisuudet ovat tilastollisesti erittäin pieniä. Kokonaisvaurioiden ollessa häviävän pieniä ei tarvetta erotella juuri- ja runkovaurioita toisistaan nähty oleellisena tutkimuksen kannalta. Näin ollen myöskään testausta ei ole toteutettu erikseen eri vauriotyypeille.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
0 %	55	214	269	538
yli 0 %	0	18	10	28
Yhteensä	55	232	279	566

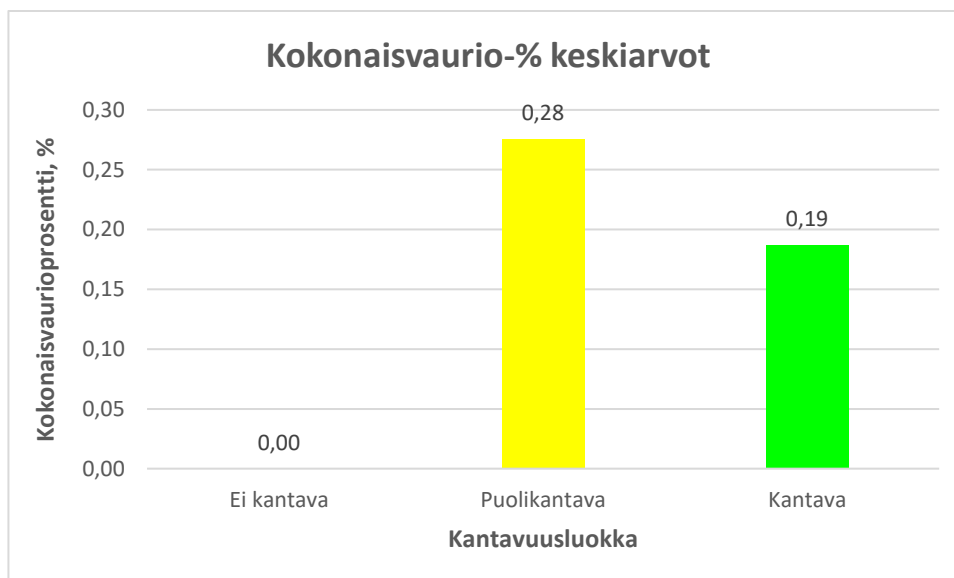
Taulukko 8. Havaitut lukumäärät painaumaprocenteilla.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
0 %	52,28	220,52	265,20	538
yli 0 %	2,72	11,48	13,80	28
Yhteensä	55	232	279	566

Taulukko 9. Odotetut lukumäärät painaumaprocenteilla.

7.4 Kokonaisvaurioprosentit

Tutkimuksen kokonaisvaurioprosentit ovat erittäin alhaiset. Ei kantavilla teloilla kokonaisvaurioprosentti on 0,00 % puolikantavilla 0,28 % ja kantavilla 0,19 %. Kaikkien otosten vaurioprosentit olivat erittäin lähellä nollaa prosenttiyksikköä. Keskihajonnat olivat ei kantavilla 0,00 % puolikantavilla 1,48 % ja kantavilla 1,22 %. Tämä osoittaa erinomaista laatua korjuuvaurioiden välttämiseksi ensiharvennuksia toteutettaessa. Vauriot olivat usein yksittäisillä koelajoilla koko ensiharvennuskohteen alueella. Kokonaisuutena hyvin lähellä 0 % olevat vaurioprosentit kertovat erittäin hyvin onnistuneista ensiharvennuksista vaurioiden osalta.



Kaavio 4. Kokonaisvaurioprosenttien keskiarvot.

Kokonaisvaurioprosenttia testattiin kahden riippumattoman otoksen t- testillä. Ei kantavien telojen ja puolikantavien telojen otosten ero osoittautui merkitseväksi: $t(231) = -2,835$; $p=0,005$; 2-suuntainen. Ei kantavien ja kantavien telojen otosten ero osoittautui merkitseväksi: $t(278) = -2,564$; $p=0,011$; 2-suuntainen. Puolikantavan ja kantavan otoksen ero osoittautui hyvin vähän merkitseväksi: $t(446,6) = 0,730$; $p=0,466$; 2-suuntainen.

Ei kantavien ja puolikantavien sekä ei kantavien ja kantavien testaukset antoivat riittävän pienet p- arvot, jotta tulokset ovat tilastollisesti merkittäviä. Ainoastaan puolikantavien ja kantavien otosten välinen p- arvo ylittää 5 % hyväksytyyn otantavirheen rajan. Tämän testauksen osalta otantavirheen todennäköisyys on suuri, eikä vertailutulos ole tilastollisesti merkitsevä ja luotettava. Eroavaisuuksia voidaan selittää näin ollen pelkällä otantavirheellä.

Aineistoa testattiin myös kokonaisvaurioprosenttien osalta ristiintaulukoimalla ja khii toiseen- testillä. Havaittujen ja odotettujen tulosten lukumäärät eri ajouraleveyksien luokissa on havainnollistettu taulukoissa 10 ja 11. Khii toiseen testin mukaan ei kantavien telojen ($n=55$), puolikantavien telojen ($n=232$) ja kantavien telojen ($n=279$) ajouraleveyksissä on eroa: $df=2$; $X^2(2,64)$; $p=0,267$. P- arvon ollessa yli 0,05 tuloksia ei voida pitää tilastollisesti merkittävänä ja otantavirheen mahdollisuudella voidaan selittää eroja tuloksissa. Kokonaisuutenaan

vaurioprocenttien ollessa erittäin alhaisia, testausten eroavaisuuksien tutkiminen ei ole juurikaan merkityksellistä ilmiön tutkimisen kannalta. Koska kaikkien luokkien keskiarvot ovat hyvin lähellä nollaa prosenttia, voidaan ensiharvennusten vaurioiden päätellä olevan erittäin paikoittaisia ja vähäisiä tässä tutkimuksessa.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
0 %	55	223	272	550
yli 0 %	0	9	7	16
Yhteensä	55	232	279	566

Taulukko 10. Havaitut lukumäärät kokonaisvaurioprocenteilla.

Luokka	Ei kantava	Puolikantava	Kantava	Yhteensä
0 %	53,45	225,44	271,11	550
yli 0 %	1,55	6,56	7,89	16
Yhteensä	55	232	279	566

Taulukko 11. Odotetut lukumäärät kokonaisvaurioprocenteilla.

8 Tulosten tarkastelu

Kokonaisvaltaisesti tutkimuksen tulokset ovat lähes päinvastaisia kuin alkupe-
räisen hypoteesin pohjalta voidaan olettaa. Kantavien telojen aiheuttaman sivu-
suuntaisen lisäyksen leveyteen uskoisi aikaansaavan leveämpiä ajouria. Kuiten-
kin tutkimustulosten valossa kantavien telojen ensiharvennuskohteiden ajourat
ovat keskimäärin kapeampia kuin ei kantavia teloja käytettäessä. Tuloksia voi
selittää osaltaan kohteiden maastojen erilaisuudet. Rinnemaastoissa kantavia
teloja ei voida esimerkiksi käyttää, pidon ollessa tärkein ominaisuus. Maaston
haastavuuden vuoksi on yleistä käyttää kantamattomia rinneteloja lisäämään pi-
toa. Tällöin maastoltaan samanlaisia korjuukohteita ei välttämättä löydy yhtä
paljoa kantavien telojen otoksesta. Tästä ei kuitenkaan ole selkeää näyttöä ai-
neiston osalta.

Tutkimuksessa mitatut arvot tunnuksille olivat suuruuksiltaan hyvin Metsänhoidon suositusten antamien viitearvojen mukaisia. Harvennusvoimakkuutta ei tutkimuksessa tarkasteltu enempää sen osalta suppean aineiston vuoksi. Hyvän korjuujäljen kriteerit kasvatushakkuissa on esitelty seuraavanlaisesti: (Metsänhoidon suositukset 2019, 141)

- Harvennusvoimakkuus on harvennusmallien mukainen, ellei metsänomistajan kanssa ole sovittu poikkeavasta harvennusvoimakkuudesta.
- Runko- ja juurivaurioita on enintään 5 prosentissa kasvatettavista puista (lakiraja 15 prosenttia).
- Ajourapainumia on kivennäismailla ja kuusivaltaisilla turvemaileda enintään 5 prosenttia sekä muilla turvemaileda enintään 10 prosenttia ajourien pituudesta (lakiraja kivennäismailla 20 ja turvemaileda 25 prosenttia).
- Ajouraväli on vähintään 20 metriä. Turvemaileda otetaan lisäksi huomioon ojaverkosto ja mahdollinen kunnostusojitus sekä lannoitus.
- Ajouraleveys on kivennäismailla 4,0–4,5 metriä ja turvemaileda 4,0–5,0 metriä.

Ajouraleveydessä ei tutkimusten osalta löytynyt merkittävää eroavaisuutta luokkien välillä, jota ennakko-oletus antoi odottaa. Kaikkien luokkien ajouraleveydet ovat hyvin lähellä toisiaan ja suositusten mukaisia. Ajouraleveyksien keskiarvot ei kantavilla teloilla 4,25 m, puolikantavilla teloilla 4,33 m ja kantavilla teloilla 4,23 m, kaikki 4,0–4,5 m sisällä. Painaumien sekä puustovaurioiden ollessa erittäin lähellä nollaa prosenttia koko aineiston osalta, voitiin todeta ensiharvennusten onnistuneen erinomaisesti näiden tunnusten osalta. Kaikkien luokkien keskiarvot painaumien ja vaurioiden osalta olivat alle 1 % kun suosituksissa sallitaan hyvän korjuujäljen sisällä 5 % painaumia sekä 5 % vaurioita kivennäismailla. Ainoastaan ajouravälissä oli havaittavissa selkeää eroavaisuutta eri telojen luokkien osalta. Ei kantavien telojen otoksen keskiarvo ajouraleveydelle oli 19,89 m, puolikantavilla 21,10 m ja kantavilla 20,75 m, suosituksen ollessa yli 20 m. Vaihtelu oli kuitenkin pääosin suositusten mukaisessa kehyksessä, joten merkityksellistä huomautettavaa ei siitäkään muodostunut, vaikka ei kantavien telojen otoksen keskiarvo olikin suositusta kapeampi. Maastonmuodoista ei ole kuitenkaan olemassa tarkempaa tietoa aineistossa.

Tieteellinen vertailu kantavien telojen käytöstä ajouraleveyteen oli haastava toteuttaa, sillä aiheesta ei ole laadittu vielä juurikaan tutkimuksia. Kantavia teloja käsittelevät tutkimukset painottuvat huomattavasti enemmän ajourasyvyyteen ja syntyneisiin painaumiin sekä korjuujäljen laatuun ja pintapaineeseen. Myös tutkimuksia ajourien reunapuiden kasvusta ja ajourien vaikutuksesta puuston kokonaiskertymään on tehty. Pääosin teloihin kohdistuvat tutkimukset sijoittumat kivennäismaita upottavammille turvemaille. Kohdejako on ymmärrettävästi toteutettu, sillä kantavien telojen suurin hyöty on juuri mahdollisuus toimia heikommin kantavissa korjuukohteissa pintapaineen jakautuessa laajemmalle pinta-alalle. Kivennäismailla ajouraleveydestä tehtyä vertailua kantavien ja ei kantavien telojen osalta ei ole vielä tehty lähes ollenkaan.

Aihetta sivuavia tutkimuksia ovat Isomäen & Niemistön tutkimus vuodelta 1990: Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Tutkimuksessa oli käyty hyvin läpi eri korjuuteknisiä leveyskäsitteitä sekä erilaisia mittaustapoja. Tutkimus painottuu kuitenkin puuston kasvuun ja reunapuiden käyttäytymiseen avautuneen ajouran vieressä. Vertailukelpoinen mittaustapa on tutkimuksessa käytetty SLU- menetelmällä, jossa 10 metrin koealalta mitattiin ajouran molemmilta puolilta etäisyydet lähimpään puuhun. Tästä oli saatu mitattua ajouraleveys tutkimuksen taulukkoon 7. sivulle 13. Tutkimuksessa 20 koealalta keskiarvoksi oli saatu 4,26 metriä. Omassa tutkimuksessani ajouraleveydeksi muodostui keskiarvillisesti ei kantavilla teloilla 4,25 metriä, puolikantavilla teloilla 4,33 metriä ja kantavilla teloilla 4,23 metriä, jotka ovat kaikki hyvin lähellä Isomäen ja Niemistön saamia tuloksia. Tutkimusten vertailun haasteena on konekannan kehitys sekä siirtymä 30 metrin ajouravälin suosituksesta nykyiseen 20 metriin. Tutkimuksen koealaotanta oli myös pienehkö vain 20 koealalla.

Toinen vertailukelpoinen tutkimus on Salomäen, Niemistön ja Uusitalon simuloititutkimus vuodelta 2012: Ensiharvennuksen toteutusvaihtoehdot ja niiden vaikutukset männikön tuotokseen ja kasvatuksen kannattavuuteen ojitetuilla turvemaille. Tutkimuksessa oli tarkasteltu eri ensiharvennuksen toteutusvaihtoehtoja ja niiden vaikutuksia puuston kasvuun sekä hakkuukertymään. Tutkimus oli toteutettu turvemaalla ja koealoja oli 40 kappaletta. Tutkimuksessa simuloitiin puuston kasvua Etelä- Pohjanmaalla oleviin VMI10:n ensiharvennuskohteisiin

käyttäen Motti- ohjelmistoa. Tutkimus painottui puuston kasvuun ja taloudellisen tuottoon. Ajourien leventäminen kahdella metrillä vaikutti pienentäen kasvatusajan puuntuotosta 5,9 % ja nettotulojen nykyarvoa 4,7 %. Toimivimmaksi harvennusmalliksi osoittautui metsänhoidon suositusten mukainen noin neljä metriä leveä ajoura 20 metrin ajouravälillä, sijoitettuna ojien välisille saroille. Vaihtoehdot kaistalehakuut tai muut toimintamallit tuottivat simuloinnissa heikompia tuloksia. Tutkimus tukee nykyistä metsänhoidon suositusten mukaista hakkuutapaa.

9 Pohdinta

9.1 Luotettavuus

Tulosten luotettavuuteen vaikuttaa merkittävästi kohteiden valinta. Tuloksia voidaan pitää luotettavina ja halutuista tutkimuskohdista saatiin tarvittavaa tietoa. Otantavirheen ja mahdollisesti ominaisuuksiltaan poikkeavan ensiharvennuskohteen vaikutus on olemassa. Yksittäisten poikkeavien kohteiden vaikutus pienee otoskoon kasvaessa. Aineiston määrän huomioiden yksittäisten eroavien ensiharvennuskohteiden vaikutus tuloksiin on hyvin pieni. Itse tutkimus kantavien telojen vaikutuksesta ajouralevyyteen ensiharvennuksessa on antanut hyvää tutkimustietoa itse ilmiöstä. Tutkimustulokset olivat lopulta hyvin eroavia alkuperäisistä oletetuista tuloksista.

Mittatarkkuuden ja etenkin mittausvirheidenne mahdollisuus tutkimuksessa on korkea. Mittausten perustuessa maastossa tehtäviin tarkastuksiin on mahdollisuus pieneen mittausvirheeseen todennäköinen. Tarkempien mittausten toteuttaminen veisi enemmän aikaa, eikä välttämättä tuottaisi juurikaan merkittävästi tarkempaa tutkimusaineistoa. Aineistoa voisi olla vieläkin laajempi otos sekä tietoa kohteiden maastoista ja lisää tietoa muista ensiharvennuksen vaikuttavista tekijöistä.

9.2 Jatkotutkimusten tarve

Aiheesta olisi hyvä laatia jatkotutkimuksia etenkin turvemaiden ja rinnemaastojen vaikutuksen osalta. Tutkimus osoittaa, ettei kantavien telojen käytöllä ole juurikaan vaikutusta ensiharvennuksessa syntyvän ajouran leveyteen. Tutkimukseen oli valittu määrällisesti mahdollisimman suuri otoskoko suurimmilta yrittäjiltä. Kohteiden valinta olisi myös mahdollista toteuttaa huomioiden erilaiset maaston vaikutukset kuten heikommin kantava turvemaa tai kallioinen ja jyrkkä rinnemaasto. Tässä tutkimuksessa kohteista ei ole eritelty maastonmuotojen vaikutuksia tai muita maaston aiheuttamia haasteita ensiharvennuksen toteuttamisvaiheessa. Turvemailta kerätty aineisto oli myös tämän tutkimuksen osalta niin suppea, ettei siitä voinut toteuttaa luotettavaa tarkastelua tässä opinnäytetyössä.

Aiheesta olisi hyvä toteuttaa ainakin erillinen tutkimus, jossa tutkittaisiin ilmiönä kantavien telojen vaikutusta ajouraleveyteen turvemaille. Myös ensiharvennuksen lisäksi voitaisiin tutkia muiden harvennusten ja hakkuutapojen osalta kantavien telojen vaikutusta. Myöhemmissä harvennuksissa ajouraleveyden vaikutus kuitenkin on vähäisempi, koska puut kasvavat kauempana toisistaan metsän järeytyessä.

Lähteet

- Ammattilehti. 2022. Metsäkoneketjut ovat pyöräpitoa varten. <https://www.ammatilehti.fi/uutiset.html?207379> 14.1.2024
- Direct Industry. 2024. Ponsse Oyj. Ponsse Fox Eng <https://pdf.directindustry.com/pdf/ponsse/ponsse-fox-eng/56915-836409.html> 8.1.2024
- Isomäki, Antti; Niemistö, Pentti 1990. Ajourien vaikutus puuston kasvuun Etelä-Suomen nuorissa kuusikoissa. Metsäntutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-40-1114-7> 20.2.2024
- John Deere Forestry Oy. 2024. Tuotteet. <https://www.deere.fi/fi> 8.1.2024
- Koneosapalvelu Oy. 2024. Tuotteet. <https://koneosapalvelu.fi/tuote/kopa-telat/> 8.1.2024
- Koneosapalvelu Oy. 2024. Tuotteet. https://koneosapalvelu.fi/wp-content/uploads/2023/01/Kopa_Telataulukko_11_2022.jpg 8.1.2024
- Latva-Käyrä P. 2023 Hoidettujen kasvatusmetsien harvennusmallit uudistuvat tänä kesänä – betaversio julkaistu. Tapio. <https://tapio.fi/uutiset/hoidettujen-kasvatusmetsien-harvennusmallit-uudistuvat-tana-kesana-betaversio-julkaistu/> 10.1.2024
- Lectura-Specs. 2024. John Deere 1110 E. <https://www.lectura-specs.com/en/model/municipal-technology/forest-machinery-forwarders-john-deere/1110-e-1159191#techSpecs> 12.1.2024
- Lectura-Specs. 2024. John Deere Timberjack 1410. <https://www.lectura-specs.com/en/model/municipal-technology/forest-machinery-forwarders-timberjack/1410-1148752#techSpecs> 12.1.2024
- Mankinen, Tommi. 2019. Kantavien telojen vaikutus korjuujälkeen. Karelia-Ammattikorkeakoulu. Metsätalouden koulutus. Opinnäytetyö.
- Metsä Group. Harvennusohje Etelä-Suomi. 2023.
- Metsäteho. 2003. Korjuujälki harvennushakkuussa- opas.
- Metsätyö Oy. 2024. Sekatela. <https://metsatyo.fi/tuote/sekatela/> 8.1.2024
- Olofsfors AB. 2022. Products. <https://www.olofsfors.com/products/eco-tracks/> 8.1.2024
- Ovaskainen, Heikki. 2023. Koneellinen puunkorjuu- Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/koneellinen-puunkorjuu/puunkorjuun-suunnittelu/ajourien-ja-ajouraverkostojen-suunnitteluperiaatteita/> 18.2.2023
- Ovaskainen, Heikki; Schildt, Veera. 2022. Korjuun suunnittelu- Metsätehon opas. <https://puuhuolto.fi/korjuun-suunnittelu/leimikon-suunnittelu/ajourien-suunnittelu/> 18.2.2024
- Pewag Nordic Oy. 2024. pewag-metsäkonetelat takaavat parhaan pidon ja suojaavat maastoa. <https://www.pewag.fi/shop/forestry-traction/lesnickestroje.html> 15.1.2024
- Ponsse Oyj. 2024. Tuotteet. <https://www.ponsse.com/fi> 8.1.2024
- Salomäki, M., Niemistö, P. & Uusitalo, J. 2012. Ensiharvennuksen toteutusvaihtoehdot ja niiden vaikutukset männikön tuotokseen ja kasvatuksen kannattavuuteen ojitetuilla turvemilla – simulointitutkimus. Metsätieteen aikakauskirja 3/2012: 163–178.
- Taanila A. 2012a. Akin menetelmäblogi <https://tilastoapu.wordpress.com/2012/02/10/kahden-riippumattoman-otoksen-vertailu/> 12.1.2024

- Taanila A. 2012b. Akin menetelmäblogi <https://tilas-toapu.wordpress.com/2011/10/14/6-ristiintaulukointi-ja-khiin-neliotesti/> 12.1.2024
- Tapio. 2022a. Metsänhoidon suositukset. Tapio. Ensiharvennus. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/ensiharvennus/toteutus> 8.1.2024
- Tapio. 2022b. Metsänhoidon suositukset. Tapio. Ensiharvennus <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/toimenpiteet/ensiharvennus> 8.1.2024
- Tapio. 2022c. Metsänhoidon suositukset. Tapio. Harvennusmallihaku <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/harvennusmallihaku> 8.1.2024
- Tapio. 2022d. Metsänhoidon suositukset. Tapio. Hoidettujen kasvatusemetsien harvennusmallit. <https://metsanhoidonsuosituksset.fi/fi/hoidettujen-kasvatusemetsien-harvennusmallit> 8.1.2024
- Tapio. 2022e. Metsänhoidon suositukset. Tapio. Hoidettujen kasvatusemetsien harvennusmallit. https://static.metsanhoidonsuosituksset.fi/cdn/ff/Xt791c3hozj3KmD35iaKQFuKVCT-kOgGBKZE0ad9EvRw/1684308397/public/styles/scaled_small/public/2023-05/Harvennusmalli_esimerkkikuva.png?itok=HIB4eclgutus 8.1.2024
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2019. Metsänhoidon suositukset. Tapion julkaisuja.

