

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Lasse Tuunanen

ENSIHARVENNUSTEN KORJUUJÄLKI LOHIKOSKEN ALUEELLA  
VUOSINA 2007 JA 2008

Opinnäytetyö 2010

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Metsätalouden koulutusohjelma

TUUNANEN, LASSE

Ensiharvennusten korjuujälki Lohikosken alueella vuosina 2007 ja 2008

Opinnäytetyö

86 sivua ja 5 liitesivua

Työn ohjaaja

Lehtori Pekka Kuitunen

Toimeksiantaja

Metsähallitus, metsä

Helmikuu 2010

Avainsanat

korjuujälki, ensiharvennus, jälki-inventointimenetelmä

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ensiharvennusleimikoiden korjuujäljen laatu Metsähallituksen hallinnoimalla Lohikosken alueella, Etelä-Savossa. Korjuujälkeä vertailtiin kivennäismaalla, mänty- ja kuusivaltaisissa metsiköissä. Lisäksi korjuujälkeä tarkasteltiin hakkuuajan ja eri urakoitsijoiden tekemän korjuujäljen mukaan eriteltynä. Tutkimusmenetelmänä käytettiin Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ohjetta korjuujäljen hakkuunjälkeisestä seurannasta. Menetelmä perustuu kuvioittaiseen inventointiin.

Otantajoukko muodostui 22 kuviosta, joille sijoitetuilta koelohjoilta luettiin runkoluuku puulajeittain, kantojen määrä, pohjapinta-ala, valtapituus sekä luokiteltiin vaurioituneet puut. Lisäksi mitattiin ajouraväli, ajouraleveys ja ajourapinauman pituus. Maastomittaukset suoritettiin elokuun 2009 aikana.

Tulosten mukaan noin 12 prosenttia puustosta oli vaurioitunut korjuussa. Valtaosalla kuvioista harvennusvoimakkuus oli suositukseen nähden liian suuri. Ajouravälin ja -leveyden tulokset olivat pääosin suositusten mukaisia. Ajourapinauman ja puustovaurioiden osuudet olivat tavoitetasoon nähden liian korkeita. Männiköiden ja kuusikoiden väliset erot korjuujäljessä olivat melko pieniä, ja hakkuuajan vaikutus korjuujäljen laatuun osoittautui vähäiseksi.

Korjuujäljen laatu ei vastannut sertifioituille metsille asetettuja tavoitteita. Metsälaissa esitetyt vaatimukset kuitenkin täyttyivät. Jatkossa huomiota pitää kiinnittää etenkin puustovaurioiden ja ajourapinaumien osuuksien pienentämiseen sekä jäävän puuston tiheyden seurantaan.

Tulevaisuudessa korjuujäljen laadulle asetetut tavoitteet on pyrittävä täyttämään paremmin. Tavoitetasolle pääseminen edellyttää korjuujäljen nykyistä tarkempaa seurantaan sekä toimintatapojen muuttamista kohti huolellisempaa puunkorjuuta.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kymenlaakso University of Applied Sciences

Forestry

TUUNANEN, LASSE

The Quality of Harvesting Trace in Lohikoski Area in 2007 and 2008

Bachelor's Thesis

86 pages + 5 pages of appendices

Supervisor

Pekka Kuitunen, MSc(For.)

Commissioned by

Metsähallitus

February 2010

Keywords

harvesting trace, first felling

The objective of this study was to analyze the quality of the harvesting trace of first commercial thinning in the area of Lohikoski in Southern Savo. The harvesting trace was compared between pine tree-dominated and spruce-dominated stands which grow on mineral soil. Furthermore, the harvesting trace was examined according to felling time and the harvesting trace made by the different contractors. The development center of forestry Tapio's instruction for the felling follow-up of the harvesting trace was used as a research method.

22 forest stands were measured. The following measurement variables were measured from every experimental plot: the number of stems and stumps, basal area and dominant height. Furthermore the damaged trees were counted and classified. Also the distances and widths of the logging roads were measured. In addition the dent of the logging roads was determined. The field surveying was performed during the time of August 2009.

According to the results, about 12 per cent of the trees of the stand were damaged during the harvesting. On the majority of the stands the thinning density was too high compared to the recommendations. For the distances and widths of the logging roads the results were in accordance with the recommendations. The shares of the dent of the logging roads were too high. Also the tree stand damages were too high compared to the objective level. The differences of the harvesting trace between the pine stands and the spruce stands were quite small. The effect of the felling time on the quality of the harvest trace proved to be minor.

The quality of the harvest trace did not meet objectives set for the certified forests. However, the demands that were presented in the forest law were met. In the future attention must be paid especially to the reducing of the shares of tree stand damages. Furthermore the shares of the dent of the logging roads must be reduced.

In the future an attempt must be made to better fulfill the objectives set for the quality of the harvesting trace. Achieving the objective level requires more exact follow-up of the harvesting trace. The changing of ways of action towards the more careful logging is important in the future.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen tavoitteet	7
1.2	Aiheen valinta	7
1.3	Toimeksiantajan esittely - Metsähallitus	8
1.4	Lohikosken alue	9
2	KORJUJÄLKI – VAURIOT JA VAURIOIDEN EHKÄISY	9
2.1	Korjuujäljen käsitteistö	9
2.1.1	Harvennusvoimakkuus	10
2.1.2	Puustovauriot	11
2.1.3	Ajourat	12
2.1.4	Puiden valinta	14
2.1.5	Termistö	15
2.2	Korjuujäljen seuranta Suomessa	16
2.3	Metsäkeskukset korjuujäljen tarkastajana	18
2.4	Korjuuvaurioiden vaikutus metsään	18
2.5	Korjuuvaurioiden taloudellinen merkitys	20
2.6	Korjuujälkeen liittyvät lait, säädökset ja ohjeet	20
2.7	Korjuuvaurioiden ehkäiseminen	22
2.7.1	Puusto- ja maastovaurioiden välttäminen	23
2.7.2	Leimikon korjuukelpoisuuden määrittäminen	24
2.7.3	Valaistusolojen ja näkyvyyden parantaminen	25
2.7.4	Kuljettajan työvireys ja motivaatio	25
3	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ	26
3.1	Aineiston valinta ja esittely	26
3.2	Otanta	27
3.3	Männiköt	28
3.4	Kuusikot	29
3.5	Tutkimusmenetelmän kuvaus	30

3.5.1	Koealat	30
3.5.2	Puustovauriot	32
3.5.3	Ajouraväli	33
3.5.4	Ajouraleveys	34
3.5.5	Ajourapainama	34
4	TULOKSET	35
4.1	Koko aineisto	36
4.1.1	Harvennusvoimakkuus	36
4.1.2	Puustovauriot	38
4.1.3	Ajourat	40
4.2	Hakkuuaika	43
4.2.1	Harvennusvoimakkuus	43
4.2.2	Puustovauriot	45
4.2.3	Ajourat	47
4.3	Urakoitsijat	48
4.3.1	Harvennusvoimakkuus	49
4.3.2	Puustovauriot	51
4.3.3	Ajourat	53
5	TULOSTEN TARKASTELO	55
5.1	Koko aineisto	55
5.1.1	Harvennusvoimakkuus	55
5.1.2	Puustovauriot	58
5.1.3	Ajourat	60
5.2	Hakkuuaika	63
5.2.1	Harvennusvoimakkuus	63
5.2.2	Puustovauriot	65
5.2.3	Ajourat	67
5.3	Urakoitsijat	69
5.3.1	Harvennusvoimakkuus	69
5.3.2	Puustovauriot	71
5.3.3	Ajourat	73
5.3.4	Johtopäätökset urakoitsijoiden korjuujäljestä	75

5.4	T-testi	76
5.5	Varianssianalyysi	79
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	83
	LÄHTEET	85
	LIITTEET	
	Liite 1. Lohikosken kartta	
	Liite 2. Männikkökuvioiden yleistiedot	
	Liite 3. Männikkökuvioiden puustotiedot	
	Liite 4. Kuusikkokuvioiden yleistiedot	
	Liite 5. Kuusikkokuvioiden puustotiedot	

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen tavoitteena on tarkastella vuosien 2007 ja 2008 aikana hakattujen ensiharvennusleimikoiden korjuujäljen laadun tasoa Lohikosken alueella, Etelä-Savossa. Tutkimuksessa vertaillaan korjuujäljen laatua kivennäismaalla mänty- ja kuusivaltaisissa metsiköissä. Lisäksi korjuujälkeä tarkastellaan hakkuuajan ja eri urakoitsijoiden tekemän korjuujäljen mukaan eriteltynä. Saatuja tuloksia vertaillaan metsälain ja metsäsertifioinnin asettamiin tavoitteisiin ja suosituksiin. Tutkimusalueena on työn toimeksiantajan, Metsähallituksen, Mikkelin piiriin kuuluva Lohikosken alue. Tutkimusmenetelmänä käytetään Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ohjetta korjuujäljen hakkuunjälkeisestä seurannasta. Tällä mahdollistetaan tutkimustulosten suora vertailukelpoisuus metsäkeskusten suorittamien korjuujäljen seurantojen kanssa. Lisäksi tämä tutkimus antaa Metsähallitukselle mahdollisuuden arvioida sopimusurakoitsijoidensa korjuujäljen laatua.

### 1.2 Aiheen valinta

Tutkimuksen toimeksiantajan edustajan kanssa käytyjen opinnäytetyön aihetta koskevien keskustelujen yhteydessä esille nousi tarve korjuujäljen tutkimiseen. Metsähallituksen toiminnassa korjuujäljen laadun seuranta on korjuuesimiesten vastuulla. Korjuuesimiehet mittaavat laatua systemaattisesti koneellisen korjuun työmailla, tavoitteenaan neljä konekohtaista mittausta vuodessa. Kovin kattaviin tarkastuksiin tämä järjestely ei kuitenkaan riitä. Kyseisellä Lohikosken alueella ei ole lähivuosina suoritettu kattavia korjuujäljen tarkastuksia, joten aihe on Metsähallitukselle hyödyllinen (Metsähallituksen Internet-kotisivu 2010).

### 1.3 Toimeksiantajan esittely - Metsähallitus

Metsähallitus on valtion liikelaitos, joka vastaa valtion omistamien maa- ja vesialueiden hoidosta ja hallinnasta. Kaikkiaan Metsähallituksen hallussa on noin 12 miljoonaa hehtaaria maa- ja vesialueita, josta noin neljäsosa eli noin 3,4 miljoonaa hehtaaria on aktiivisessa metsätalouskäytössä. Metsien hoito perustuu luonnonvarojen kestäväan käyttöön, ja päämääränä on metsien monikäyttö. Metsähallitus käsittelee hakkuilla vuosittain noin kaksi prosenttia metsätalouskäytössä olevan maan pinta-alasta. Suurin osa hakkuista on harvennushakkuita, ja uudistushakkuiden osuus on noin 35 prosenttia. (Metsähallituksen Internet-kotisivu 2010.)

Metsähallituksen metsätalous -tulosalueen tehtävänä on puun markkinointi ja myynti sekä talousmetsien hoito. Metsähallitus myy vuosittain puuta noin 5,1 miljoonaa kuutiometriä, mikä on noin 6 prosenttia Suomen metsäteollisuuden tarvitsemasta puusta. Suurimpia asiakkaita ovat suomalaiset sellua, paperia ja sahatavaaraa tuottavat metsäteollisuusyritykset, mutta myös muut puuta käyttävät yritykset Suomessa ja ulkomailla. Metsähallitus toimittaa puuta yhteensä noin sataan eri toimituspaikkaan. Yli 85 prosenttia Metsähallituksen liikevaihdosta tulee puun myynnistä saatavista tuloista. (Metsähallituksen Internet-kotisivu 2010.)

Metsähallituksen metsät on sertifioitu kansainvälisen PEFC-järjestelmän (Programme for the Endorsement of Forest Certification) mukaan. Lisäksi Metsähallitus on mukana Suomen kansallisessa FFCS-metsäsertifiointijärjestelmässä (Finnish Forest Certification System), johon kuuluu lähes koko Suomen metsäpinta-ala. Suomalainen sertifikaatti hyväksyttiin vuonna 2000 mukaan eurooppalaiseen PEFC -järjestelmään. Metsäsertifioinnin avulla asiakas voi varmistua siitä, että tuotteen puuraaka-aine on kasvatettu hyvän metsänhoidon suosituksia noudattaen. Metsäsertifikaattien lisäksi Metsähallitus on sitoutunut noudattamaan puun alkuperäketjun hallinnan vaatimuksia, jolla voidaan luotettavasti jäljittää sertifioiduista metsistä tulevan puuraaka-aineen alkuperä metsään asti. (Metsähallituksen Internet-kotisivu 2010.)



## 1.4 Lohikosken alue

Lohikoski on Etelä-Savon maakunnan kaakkoisosassa sijaitseva, pinta-alaltaan noin 10 000 hehtaarin kokoinen metsäalue, jonka valtio omistaa. Sen hoidosta vastaa Metsähallituksen Mikkelin piiriin kuuluva Sulkavan toimipaikka. Suurin osa alueesta kuuluu Sulkavan kuntaan, osa kuuluu Punkaharjun kuntaan ja pieni osa sijaitsee Savonlinnan kaupungin alueella. Alue rajoittuu koillisessa Saimaan Pihlajaveeteen, ja alueen länsireunan halki kulkee seututie numero 438 (Lohikosken kartta, Metsähallitus 2010).

Lohikoski sijaitsee Savonlinnan ja Imatran välille piirretyn, pohjois-eteläsuuntaisen, janan puolivälissä ja vastaavasti itä-länsi-suuntaisesti piirretyllä janalla alue sijoittuu Parikkalan ja Puumalan puoliväliin. Liitteessä 1 on alueen kartta (Lohikosken kartta, Metsähallitus 2010).

Alueen maasto on lukuisten lampien ja korkeuserojen ansiosta vaihtelevaa. Metsät ovat pääosin mäntykangasta, mutta kuusikoitakin on runsaasti. Maalaji on suurimmalla osalla aluetta moreeni, mutta suoalueitakin on (Lohikosken kartta, Metsähallitus 2010).

Lohikosken alueella sijaitsee arvokkaita ja edustavia vanhan metsän kohteita. Näiden suojelualueiden ympärilläkin on säilynyt pinta-alallisesti merkittävä määrä vanhoja kangas- ja kalliometsiä ja muita arvokkaita luontokohteita. Suurin osa alueista on huomioitu Metsähallituksen alue-ekologisessa verkostossa arvokkaina luontokohteina tai METSO -kohteina (Lohikosken kartta, Metsähallitus 2010).

## 2 KORJUJÄLKI – VAURIOT JA VAURIOIDEN EHKÄISY

### 2.1 Korjuujäljen käsitteistö

Puunkorjuun laatua voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta. Korjuujäljellä tarkoitetaan niitä vaikutuksia, joita hakkuutyö aiheuttaa metsikön puustolle ja maaperälle. Toisin sanoen korjuujälki kuvaa niiden tilaa hakkuun jälkeen. Korjuujälki-

termiä käytetään yleensä vain harvennushakkuiden yhteydessä, koska päätehakkuissa muutos ympäristössä on joka tapauksessa niin suuri, ettei työn laatutekijöillä ole olennaista vaikutusta lopputulokseen. (Uusitalo 2003, 88 – 89.)

Työn jälki on korjuujälkeä laajempi käsite. Se sisältää nekin korjuutyön laatua koskevat osiot, joilla ei ole yhtä selvää yhteyttä puuston hakkuun jälkeiseen kehitykseen. Työn jäljen kriteerejä voivat tarpeen mukaan olla esimerkiksi puutavaran laatu, metsään jääneen puutavaran määrä, latvuksiin ja kantoihin jäänyt ainespuu, ympäristönhoito ja varastopaikat. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 5.)

Harvennushakkuiden yhteydessä, ja kuten tässäkin tutkimuksessa, korjuujälkeä arvioidaan yleensä seuraavien kriteerien perusteella: harvennusvoimakkuus, puuvahlinta, puustovauriot, ajouraväli, ajouraleveys ja ajourapainauumat. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 4.)

Tässä luvussa on esitelty korjuujäljen määrittämisessä käytettävät termit ja tunnukset yhdessä mittaus- ja arviointiohjeidensa kanssa. On tärkeää, että eri tahot käyttävät samoja termejä ja yhteisesti hyväksytyjä tunnuksia suorittaessaan korjuujäljen laadun seuranta. Jatkuvasta ja säännöllisestä seurannasta johtuen on olennaista, että käsitteistö on riittävän pysyvää ja vakiintunutta. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 19.)

### 2.1.1 Harvennusvoimakkuus

Harvennuksen tavoitteena on keskittää metsikön puuntuotoskyky terveisiin, hyvälaatuisiin ja haluttua puulajia edustaviin yksilöihin. Harvennushakkuun avulla kasvatettavat puut saadaan pidettyä elinvoimaisina ja pystytään nopeuttamaan niiden järeytymistä. Tämän seurauksena myös tulevien hakkuiden taloudellinen tuotto paranee. Oikein ajoitettu harvennushakkuu parantaa myös puuston tuhonkestävyyttä. Harvennuksen yhteydessä voidaan edistää metsien monimuotoisuutta, esimerkiksi jättämällä hakkuualueelle säästöpuuryhmiä ja lahoppua, sekä varmistamalla arvokaiden elinympäristöjen säilyminen. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 6.)

Harvennusvoimakkuus arvioidaan harvennusmallien avulla. Mallit on laadittu metsikön pääpuulajin, kasvupaikkatyyppin ja maantieteellisen sijainnin perusteella. Harvennusmallit soveltuvat parhaiten hoidettujen ja tasaikäisten metsiköiden harvennuksiin, joissa harvennusmalleja noudattamalla saavutetaan taloudellisesti paras lopputulos. Mallit perustuvat pitkäaikaisiin harvennustutkimuksiin, ja niitä laadittaessa on huomioitu puuston laatukasvu, kokonaistuotos sekä korjuun kannattavuus. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 10.)

Harvennussuosituksissa esitettyjen kasvatustiheyksien alittaminen haittaa puuston kehitystä. Jos tiheysuositusten alitus on selkeä, hakkuu voidaan tulkita metsälain ja sen pohjalta annettujen säännösten ja määräysten vastaiseksi. Tulkinta tehdään kasvupaikka- ja puulajikohtaisesti määritetyn minimitiheyden, niin sanotun lakirajan, perusteella. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 13.)

Lakirajaa voidaan kuitenkin alentaa niin sanotusta erityisen perustellusta syystä. Tällaisia syitä voivat olla esimerkiksi alueen maaperän kallioisuus ja tietyissä tapauksissa myös kaksijaksoisen tai muuten tasaikäisestä poikkeavan metsikön kasvataminen. Erityisen perusteltu syy täytyy esittää metsänkäyttöilmoituksessa. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 13.)

Metsälain soveltamista koskevan päätöksen mukaan harvennushakkuissa on ensisijaisesti jätettävä kasvamaan laadultaan ja kasvultaan hyviä, ylimpien latvuserrosten puita. Vaurioituneiden tai sairaiden puiden ei katsota kuuluvan kasvatuskelpoiseen puustoon. Ajourat, ojat ja ojalinjat kuuluvat mukaan metsikön pinta-alaan, kun kasvatuskelpoisen puuston määrä selvitetään. Ojitetulla alueella kasvatuskelpoisen puuston määrä voi olla enintään kymmenen prosenttia lakirajaa alempi harvennushakkuun jälkeen. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 13.)

### 2.1.2 Puustovauriot

Suurin osa runkovaurioista syntyy hakkuuvaiheessa. Tutkimusten mukaan yleisin runkovaurioiden syy on kaatuvan puun osuminen jäävään puustoon. Runkovaurioriski on suurimmillaan keväällä nila-aikana koivu- ja mäntyvaltaisilla harven-

nuskohteilla. Juurivauriot syntyvät useimmiten vasta metsäkuljetuksen yhteydessä. Juurivaurioiden syinä voivat olla kantavuusongelmien lisäksi liian kapea tai mutkainen ajouraverkosto. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 16.)

Vaurioitunut puu altistuu lahottajasienten vaikutukselle ja runkovaurioiden yhteydessä puuhun syntyy koro. Juurivaurioituneen puun kasvu hidastuu veden ja ravinteiden saannin heikentyessä. Koivu ja kuusi ovat herkimpiä lahoutumiselle. Verinahakkasieni on yleisin korjuuvaurioista alkunsa saavan lahon aiheuttaja. Sen lisäksi toinen merkittävä lahon aiheuttaja on juurikäätä. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 16.)

Vaurion syvyys kasvattaa lahoutumisriskiä, koska syvemmillä puuaineessa on kerroksia, jotka ovat kosteudeltaan sopivia lahottajasienten leviämiseksi. Nämä kerrokset sijaitsevat kuivan sydänpuun ja kostean pintapuun välisessä vyöhykkeessä. Syvä, puuaineen rikkonut vaurio kerää myös helpommin haitallisia itiöitä kuin sileä, vain kuoren irrottanut vaurio. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 16.)

Kannon maanpäällisessä osassa sijaitsevat vauriot ovat puun lahoutumisen kannalta haitallisimpia. Tutkimusten mukaan yli metrin etäisyydellä rungosta sijaitsevat juurivauriot ovat rungon lahoutumisen kannalta merkityksettömiä. Läpimitaltaan alle kahden senttimetrin paksuisten juurien vaurioituminen aiheuttaa vain värivikoja. Vaurioituneiksi luettavien puiden tarkat määritelmät on esitelty tutkimusmenetelmän kuvauksen yhteydessä, luvussa 3.5.2, Puustovauriot. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 16.)

Pienenkin runkovaurion kylestyminen, eli umpeen kasvaminen, voi kestää jopa kymmenen vuotta. Lopputuloksena on puun sisään jäävä syvä koro, joka heikentää huomattavasti puun jalostusarvoa. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 16.)

### 2.1.3 Ajourat

Ajouratunnuksia ovat ajouraväli, jonka suositusmitta on vähintään 20 metriä, ja ajouraleveys, jonka suositus on neljä metriä. Kolmas ajouratunnus on ajoura-

painauma, jonka tavoiteosuus on nolla prosenttia, mutta enintään neljä prosenttia ajourien kokonaispituudesta. Ajouraväli voidaan ilmaista prosenttiosuuden sijaan myös ajouratiheytenä niiden kohteiden yhteydessä, joissa ajouria on alle 600 metriä hehtaarilla. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 18.)

Metsikön potentiaalinen kasvutila hyödynnetään mahdollisimman tehokkaasti noudattamalla ajouraverkoston tiheys- ja leveys-suosituksia ja samalla luodaan edellytykset koneelliselle korjuulle. Ajouratunnuksia on syytä seurata etenkin ensiharvennusvaiheessa, jonka yhteydessä tehtävä ajouraverkosto toimii myös tulevien hakkuiden ajouraston runkona koko metsikön jäljellä olevan kiertoajan. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 18.)

Tiheimmillä ensiharvennuskohteilla ajouraverkoston kasvutilaa varaava vaikutus on suurimmillaan, koska silloin noin puolet, eli kaksi metriä leveä kaista, ajouran kokonaisleveydestä on pois puuston kasvutilasta. Tämä vastaa noin kymmenen prosentin osuutta koko metsikön pinta-alasta. Yksi lisämetri ajouran leveyteen kasvat-  
taa niiden osuuden pinta-alasta jo viiteentoista prosenttiin. Ajourien reunapuusto hyötyy jonkin verran valon lisääntymisestä, mikä korvaa osittain kasvutilan menetystä. Myöhempien harvennusten aikana puiden välinen keskietäisyys lähestyy ja jopa ylittää normaalin ajouraleveyden, ja uraverkoston merkitys väheneekin jatkossa. Tämän vuoksi ajouramittauksia, painaumamittaukset pois lukien, ei tehdä enää alle 600 rungon hehtaaritiheyksissä. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 18.)

Ajouraverkoston tiheys on järkevää pitää suositusten rajoissa, mutta optimitasoa ei saavuteta kuitenkaan maksimoimalla ajouraväli ja minimoimalla ajouran leveys. Ajouravälin kasvaessa joudutaan liikkumaan entistä enemmän jäävän puuston seassa ja ajourien havutuskin heikkenee. Ajouraleveyden sopiva taso riippuu käytettävistä kalustosta, mutta selvästi alle neljän metrin levyisillä ajourilla reunapuiden vaurioitumisriski kasvaa nopeasti. On syytä huomioida, että mitä lähemmäksi runkoa juuristovauriot syntyvät, sitä todennäköisemmin ne johtavat myös lahon syntyn. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 18.)

Maan pintakerroksen rikkonut ajourapainaukset vahingoittaa ajouran reunapuuston juuristoa ja aiheuttaa sen seurauksena kasvu- ja laatuongelmia. Raiteiden suuri määrä vaikuttaa metsikön vesitalouteenkin ja saattaa lisätä myös raskasmetallien ja ravinteiden huuhtoutumista. Vähäiset maan pintakerrosta tiivistäneet painaukset, eli palautuvat painaukset, korjaantuvat maan routaantumisen ansiosta nopeasti. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 18.)

Ajourat eritellään varsinaisiin ajouriin ja hakkuu-urisiin. Ajoura on puutavaran kuljettamista varten metsään avattu kulku-ura, jota käyttävät sekä hakkuukone että ajokone tai näiden yhdistelmä eli korjuri. Hakkuu-ura tarkoittaa hakkuukoneen liikkumiseen ja työskentelyyn käytettyä reittiä varsinaisten ajourien välissä leimikolla. Hakkuu-ura on ensiharvennuksissa aina alle kolme metriä leveä, eikä sen läheisyydessä ole merkittävästi hakkuutähteitä. Myös hakkuukoneen pistot ajourilta luokitellaan hakkuu-uriksi. Ajouran ja hakkuu-uran erottelua tarvitaan silloin, kun hakkuumenetelmänä on käytetty hakkuu-uramenetelmää. Ajouratunnukset mitataan näilläkin kohteilla pelkästään ajourilta eikä hakkuu-uria huomioida. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 24.)

#### 2.1.4 Puiden valinta

Puuvalinta vaikuttaa olennaisesti harvennuksen lopputulokseen, mutta sen onnistumista on vaikea arvioida jälkikäteen tehtävässä tarkastuksessa. Siihen onkin kiinnitettävä erityistä huomiota silloin, kun hakkuu on vielä käynnissä. Puuvalinnan onnistumista leimikon lähtötasoon nähden voidaan arvioida vertaamalla käsittelemättömän osan puuston laatua leimikon hakatun osan puuston laatuun. Puuvalinnan onnistumisen arviointia varten ei ole kehitetty mittaamenetelmää. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 14.)

Puuvalintaa voidaan kuitenkin arvioida muutamien kriteerien perusteella. Harvennus toteutetaan pääsääntöisesti alaharvennuseriaa mukaisesti ja harvennuksissa poistetaan sairaita, vioittuneita ja huonolaatuisia puuta. Ensiharvennuksissa poistetaan huonolaatuisia valtapuita, mikäli jäljelle jää riittävästi hyvälaatuisia lisävaltapuita. Poistettavien puiden joukkoon kuuluvat myös osa väli- ja aluspuista ja lat-

vukseltaan supistuneista lisävaltapuista. Näiden lisäksi poistetaan valtapuiden kasvua haittaavia puita siten, että jäävän puuston määrä on harvennusmallin mukaisella tasolla. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 14.)

Valintatilanteessa suositaan laadukkaita ja hyväkasvuisia kuusia oksaisten mäntyjen sijaan, sekä rehevällä kasvupaikalla hyvälaatuisia koivuja ja haapoja sekapuina. Monimuotoisuuden säilyttämiseksi jalot lehtipuut, kuten tammi ja lehmus, säästetään ja myös osa kasvatuskelpoisista haavoista ja pihlajista. Osa pystyssä tai maassa olevista lahopuista, kelot ja kolopuut, metsojen soidinpaikat sekä petolintujen pesäpuut kuuluvat myös säästettäviin kohteisiin. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 14.)

#### 2.1.5 Termistö

Puuston valtapituudella tarkoitetaan hehtaarilla sadan paksuimman puun pituuksien aritmeettista keskiarvoa. Valtapituuden yksikkö on metri. Käytännössä valtapituus mitataan koealalla olevien paksuimpien puiden pituuksien keskiarvona. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 19.)

Puun rinnankorkeusläpimitta tarkoittaa puun läpimittaa 1,3 metrin korkeudelta mitattuna. Korjuujälkimittausten yhteydessä rinnankorkeusläpimitan mittauksen lähtöpisteenä käytetään maanpintaa tai puun syntypistettä ylimmän, kaatoa haittaavan juurenniskan sijaan. Läpimitan yksikkö on senttimetri. Rinnankorkeusläpimittoja mitataan esimerkiksi silloin, kun harvennusvoimakkuutta arvioidaan jäävän puuston keskiläpimittaan perustuvilla harvennusmalleilla. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 19.)

Mitattava, kasvatuskelpoinen puu on kasvatettavaan jaksoon kuuluva elävä puu, jonka läpimitta rinnankorkeudelta on vähintään 70 millimetriä. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 20.)

Puuston pohjapinta-ala on kasvatuskelpoisten puiden rinnankorkeudelta mitattujen poikkileikkauspinta-alojen summa. Pohjapinta-alan yksikkö on neliometriä hehtaa-

rilla. Mittaus tehdään yleensä relaskoopilla, jonka varren pituus on yksi metri ja hahlon leveys kaksi senttimetriä. Tällöin yksi relaskooppikoealalta luettu, eli hahlon kokonaan täyttävä puu, vastaa yhtä pohjapinta-alan neliometriä, jolloin relaskooppikerroin on yksi. Juuri ja juuri hahlon täyttävistä puista, eli niin sanotuista rajapuista, luetaan relaskooppikoealaan joka toinen. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 20.)

Runkoluvulla tarkoitetaan kasvatuskelpoisten puiden lukumäärää hehtaarilla. Runkoluku määritetään ympyräkoealalta koealavavan tai mittanauhan avulla. Koealan sisään jäävien puiden lukumäärä muunnetaan hehtaarikohtaiseksi runkoluvuksi seuraavasti. Koealan säteen ollessa 3,99 metriä ja koealan pinta-alan ollessa tällöin 50 neliometriä runkoluku saadaan kertomalla koealalta luetujen puiden lukumäärä kahdellasadalla. Käytettäessä koealan säteenä 5,64 metriä runkoluku saadaan kertomalla koealalta luetut puut sadalla, sillä koealan pinta-ala on tällöin 100 neliometriä. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 22.)

Keskiläpimitta, jonka yksikkö on senttimetri, on kasvatettavien puiden rinnankorkeusläpimittojen aritmeettinen keskiarvo. Käytännössä se on ympyräkoealojen toiseksi suurimman ja toiseksi pienimmän puun läpimittojen keskiarvo. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 22.)

## 2.2 Korjuujäljen seuranta Suomessa

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio on tarkastanut harvennusten korjuujälkeä yhdessä metsäkeskusten kanssa 1990-luvun alusta lähtien osana metsälakien valvontaa. Puunhankintaorganisaatiot ovat suorittaneet mittauksia myös omatoimisesti osana puunhankinnan laatujärjestelmiään. Ajan kuluessa eri tahojen käyttämät mittausmenetelmät sekä korjuujälkeä kuvaavien tunnusten määritelmät ovat eriytyneet niin, että tulosten keskinäinen vertailukelpoisuus on heikentynyt. Syynä eriytymiseen ovat osittain erilaiset tarpeet mittaustiedon soveltamisessa. Viranomaistaho seuraa otantamittauksin korjuujäljen yleistä kehitystä alueittain. Puunhankintaorganisaatioiden kannalta on tärkeintä tunnistaa työmaatasolla mahdollisten laatu- poikkeamien syyt ja ohjata työtapoja aktiivisesti oikeaan suuntaan säännöllisen ja



jatkuvan seurannan avulla. Vaikka laadunseurantamenetelmät voivat vaihdella toimijoittain, korjuuvaurioiden tunnusten, kuten vauriopuun ja ajourapainauksen määrittelyjen pitäisi olla yhdenmukaisia. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 4; Poikela 2003, 6.)

Tarkastusten perusteella koneellisen puunkorjuun jälki on ollut suurelta osin hyväksyttävällä tasolla. Vaurioiden keskimääräinen osuus on laskenut 1990-luvun alkupuolen neljän prosentin tasosta 2000-luvun alun kolmen prosentin tasolle. Myös ajourien määrä ja leveys ovat keskimäärin vastanneet suosituksia. Vaikka harvennushakkuiden korjuujälki on pääsääntöisesti hyvällä tasolla, myös poikkeustapauksia on, sillä korjuujäljen ongelmana on suuri leimikoiden välinen vaihtelu. Useimmiten huonolle jäljelle löytyy selitys väärästä korjuuajasta tai kokemattomasta kuljettajasta. Erityisesti leutoina talvina riski ajourapainauksen syntymiselle on suuri. Kuusikoita ei pitäisi harventaa kesäaikana, jolloin puusto- ja maaperävaurioiden riski on suuri. Puukaupan ehdoista sovittaessa metsänomistajan kannattaa ottaa korjuu-aika esille, jotta korjuuvauriot jäisivät mahdollisimman vähäisiksi. (Hynynen ym. 2005, 153; Tapion taskukirja 2002, 442.)

Korjuujäljen mittausmenetelmäksi ovat vakiintuneet mittauslinjoille sijoitettavat ympyräkoelat. Mittausmenetelmältä vaaditaan tulosten riippumattomuutta mittauksesta ja työmäärän pysymistä kohtuullisena. Korjuujäljen seurannassa sekä hyvä että huono palaute on tärkeää. Metsäteho on kehittänyt mittausrutiinin myös käynnissä olevan työmaan korjuujäljen seurantaan. Kyseisen menetelmän etuina ovat välitön palaute koneenkuljettajille, rutiinin keveys ja se, että mittaukset voidaan toteuttaa normaalin työjohtajakäynnin yhteydessä. Tavoitteena ei ole yksittäisen leimikon korjuujäljen tarkka arvio, vaan vertailu urakoitsijan aiempiin tuloksiin ja mahdollisten laatu-poikkeamien syiden arviointi. (Tapion taskukirja 2002, 442 – 443.)

Korjuun laadunvarmistus alkaa jo leimikon suunnitteluvaiheessa, kun päätetään käytettävästä korjuukalustosta, hakkuuajasta ja varastopaikasta. Kun korjuujälkeä seurataan jo korjuutyön aikana, mahdolliset laatu-poikkeamat havaitaan ajoissa ja menettelytapoja ja työohjeita voidaan korjata välittömästi. Samalla on mahdollisuus arvioida sitä, olisiko jo korjuuta edeltävissä vaiheissa, kuten aiemmissa hakkuissa,

ennakkoraivauksessa tai leimikon suunnittelussa, ollut aihetta menetellä toisin. Kun syyt arvioidaan ja seuraukset nähdään heti tuoreeltaan, palautekin on mahdollista antaa suoraan sille taholle, joka asiaan voi parhaiten vaikuttaa. Toteutuessaan tämä ohjaa koko puunkorjuuketjua parempaa korjuujälkeä tukevien menettelytapojen suuntaan. Jälkikäteen, yleensä korjuuta seuraavana kesänä, suoritettavilla otantatar- kastuksilla seurataan harvennushakkuiden korjuujäljen kehitystä alueellisella tasolla ja sitä kautta myös laadunvarmistuksen onnistumista. (Korjuujälki harvennushak- kuussa 2003, 27.)

### 2.3 Metsäkeskukset korjuujäljen tarkastajana

Alueelliset metsäkeskukset tekevät metsälain valvontaa varten tehtävät vuosittaiset korjuujäljen tarkastukset. Seurannassa käytetään Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion kehittämää tarkastusmenetelmää, jonka maa- ja metsätalousministeriö on hyväksynyt. Metsäkeskukset arpoivat tarkastettaviksi tulevat leimikot kuluvan vuo- den aikana tulleista metsänkäyttöilmoituksista. Jos toteutettuja harvennushakkuita ei tule otokseen riittävästi, osa otannalla valituista kohteista jätetään tarkastettaviksi vasta seuraavana vuonna ja niiden sijasta tarkastetaan satunnaisotannalla valittuja vanhempia metsänkäyttöilmoituksia. Mahdolliset muut tarkastukset kohdistetaan ensiharvennuksiin. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 30.)

Metsäkeskusten suorittaman korjuujälkiseurannan tavoitteina ovat korjuujäljen laa- dunseurannan lisäksi metsänkäyttöilmoitusten ja hakkuiden lainmukaisuuden val- vonta sekä valtakunnallisen ja alueellisen korjuujäljen kehityksen seuranta. Metsä- keskusten tarkoituksena on myös antaa tietoa saaduista tuloksista ja viestiä niistä eteenpäin. (Äijälä 2003, 1.)

### 2.4 Korjuuvaurioiden vaikutus metsään

Hakkuulla on monenlaisia vaikutuksia maaperään, jäävään puustoon sekä metsä- maisemaan. Hyvä korjuujälki on edellytys harvennuksesta saatavien hyötyjen toteu- tumiselle, ja se varmistaa osaltaan puuston määrällisen ja laadullisen jatkokehityk- sen. Korjuujälki-käsitteeseen kuuluvat puustovauriot, ajourapainamat, ajouraväli

ja ajouraleveys sekä leimikon harvennusvoimakkuus ja puuvalinta. Huono korjuujälki aiheuttaa kasvu- ja laatutappioita sekä lisää tuuli-, lumi- ja hyönteistuhojen riskiä. Seurauksena on myös sieni- ja bakteerituhojen riskin kasvaminen. (Hynynen ym. 2005, 152 – 153; Tapion taskukirja 2002, 441.)

Kasvutappioita aiheuttavat ajourat, ajourapainauumat ja puustovauriot. Laatutappioita puolestaan syntyy puustovaurioista lahoamisen tai vauriokohtiin syntyvien korojen vuoksi. Jos kuusen ja koivun runko tai rungon lähellä oleva juuristo vaurioituu, sienitaudit tarttuvat ja syntyy laho. Harvennushakkuun laiminlyömisestä aiheutuu kuitenkin huomattavasti enemmän haittaa kuin korjuun aiheuttamista laatutappioista. (Hynynen ym. 2005, 152 – 153; Tapion taskukirja 2002, 441.)

Harvennushakkuiden yhteydessä on huolehdittava, että jäävän puuston määrä on suositusten mukainen ja että korjuussa vältetään puusto- ja maastovaurioita. Liian voimakas harvennus aiheuttaa tuotostappioita ja joissakin tapauksissa myös kasvatata myrskytuhoriskiä. Tarpeettoman lievä harvennus taas vähentää hakkuukertymää, mikä huonontaa puunkorjuun kannattavuutta ja vähentää kantorahatuloja. On myös huolehdittava, että jäävän puuston terveys ja kasvuedellytykset säilyvät hyvinä. Ajourat on suunniteltava huolella, jotta maasto- ja puustovaurioita voidaan ehkäistä mahdollisimman hyvin. Suositeltua pienempi ajouraväli ja suurempi ajouraleveys aiheuttavat tuotostappiota. (Metsätietokortti 04-002 2007, 1.)

Ajouria tehtäessä poistetaan puita, jotka harvennuksen puuvalinnassa muuten jätettäisiin kasvamaan. Vaikka reunapuusto hyödyntääkin ajouratilaa, osa ajouralle syntyvästä aukosta jää hyödyntämättä kasvutilana. Ajourille voi syntyä myös urapainaukia, jotka vaurioittavat juuristoa ja maaperää, mikä aiheuttaa kasvutappiota. Ajourien merkitys ei kuitenkaan ole pelkästään haitallinen. Haastavasta korjuuympäristöstä ja pienestä hakkuukertymästä johtuvat korkeat korjuukustannukset ovat ensiharvennusten keskeinen ongelma. Ajourilta tuleva kertymälisä pienentää korjuukustannuksia ja tuo lisätuloja metsänomistajalle metsikön kiertoajan alkupuolella. (Hynynen ym. 2005, 153; Tapion taskukirja 2002, 442.)

Hakkuukoneen ja ajokoneen suorittaman hakkuun korjuujälkeä on tutkittu varsin paljon. Tutkimustulosten keskinäistä vertailua hankaloittaa se, että korjuujäljen inventointiin on kehitetty useita eri menetelmiä. Koneellisen hakkuun jälkeen jäävästä puustosta vaurioituu keskimäärin noin kahdesta kuuteen prosenttia. Koneellisen hakkuun aiheuttamat vauriot ovat yleensä pienikokoisia pintavaurioita ja vastaavasti metsäkuljetuksessa syntyvät vauriot keskittyvät ajourien varsille ja sijaitsevat yleensä runkojen alaosissa. (Uusitalo 2003, 91 – 92.)

## 2.5 Korjuuvaurioiden taloudellinen merkitys

Korjuumenetelmien taloudellisuutta kokonaisuutena arvioitaessa korjuukustannuksiin pitäisi sisällyttää myös huonosta korjuujäljestä aiheutuvat menetykset, mutta niiden arvioiminen on vaikeaa. Kustannusten nykyarvon laskennassa käytettävä korkokanta vaikuttaa olennaisesti seurauskustannuksiin. Menetykset todentuvat vasta tulevaisuudessa, joten puutavaralajien hintasuhteet ovat laskelmissa vain arvioiden varassa. Keskimääräiset menetykset ovat kuitenkin varsin kohtuullisia kiertojen tuottoihin suhteutettuina. Ne ovat kiertoaikana nykyarvoltaan kahdensadan euron tasolla hehtaaria kohti. Ajourien osuus korjuujäljen seurauskustannuksista on tällöin hieman yli puolet ja urapainaumien osuus vajaa kolmannes. Puustovaurioiden aiheuttamien kasvutappioiden osuus kokonaiskustannuksista on vain kolme prosenttia ja lahon aiheuttamien menetysten osuus noin viisitoista prosenttia. Kuu-sikoissa puustovaurioiden osuus on selvästi suurempi kuin männiköissä. (Hynynen ym. 2005, 153.)

## 2.6 Korjuujälkeen liittyvät lait, säädökset ja ohjeet

Puustovaurioille ei ole määritelty metsälaissa enimmäismäärää. Lähtökohtana on, että kasvamaan jätettävää puustoa sekä hakkuualueella että sen ulkopuolella ei vahingoiteta tai vähintään niiden vahingoittumista on vältettävä. Lisäksi on pyrittävä välttämään puuston kasvuolosuhteita heikentäviä maastovaurioita. Kasvatuskelpoisen puuston määrän pitää joka tapauksessa täyttää metsälain asettamat minimivaatimukset, eli niin sanottu lakiraja, kun siitä on ensin vähennetty vaurioituneiden puiden osuus. Metsälain soveltamisohjeessa on määritelty myös vaurioituneeksi lu-

ettavan puun tunnusmerkit. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 17; Metsälaki 1996/1093.)

Metsälain perusteluissa on korostettu, että puutavaran lähikuljetuksen, kuormauksen sekä hakkuun yhteydessä aiheutuu yleensä aina vaurioita kasvamaan jätettävään puustoon ja lähikuljetusreittien varsille. Vahingot eivät kuitenkaan saa olla kohtuuttomia. (Kiviniemi 2006, 92; Metsälaki 1996/1093.)

Metsälaissa ei siis ole määritelty vaatimustasoa, jossa ennalta määritellyn vauriomäärän ylittyessä korjuu katsottaisiin lainvastaiseksi. Metsälain viidennen pykälän perusteluiden mukaan jäävää puustoa ei saa vahingoittaa enempää, kuin mikä olosuhteet huomioon ottaen on kohtuullista. Esimerkiksi ylitteissä metsiköissä vaurioita syntyy aina varotoimista huolimatta. Siksi vaurioiden määrä ei olekaan ainoa laissa säädelty mittapuu, vaan lopulta ratkaisee se, onko korjuuvaurioiden välttämiseksi hyödynnetty käytettävissä olevia toimenpiteitä. (Kiviniemi 2006, 92 – 93; Metsälaki 1996/1093.)

Mikäli näin ei ole, puustovaurioiden sekä maastovaurioiden aiheuttaminen voidaan katsoa metsälain kahdeksantoista pykälän tarkoittamaksi metsärikkomukseksi. Käytettäviä toimenpiteitä ovat korjuun hyvä suunnittelu, johon kuuluvat muun muassa oikean hakkuumenetelmän ja tarkoituksenmukaisen kuljetuskaluston valinta. Olennaisia asioita ovat myös korjuun huolellinen toteutus ja oikea ajoittaminen. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 17; Metsälaki 1996/1093.)

Vuonna 2005 voimaan tulleessa, uusitussa metsäsertifiointikriteeristöissä kiinnitetään huomiota laista poiketen myös puustovaurioiden määrään. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion korjuujälkitarkastuksissa kasvatushakkuissa vaurioituneita puita on ollut keskimäärin noin kolme prosenttia. Yksittäisissä tapauksissa puustovaurioita on luonnollisesti ollut paljon enemmänkin. Metsäsertifioinnin kriteereissä vauriopuita ei saa olla keskimäärin yli neljää prosenttia puustosta. (Kiviniemi 2006, 93.)

Korjuuvaurioista käytetään usein omaa sopimusmääräystä puukauppaan liittyvien sopimusten yhteydessä. Usein myyjän kanssa sovitaan, että ostajan on noudatettava niin suurta varovaisuutta, kuin nykyiset koneellistetut korjuumenetelmät sallivat. Vaikka tämä vaatimustaso on metsälakia tiukempi, se antaa mahdollisuuden koneelliseen puunkorjuuseen. Sen mukaan hankalissakaan hakkuukohteissa ei siis tarvitse siirtyä metsurihakkuuseen, ellei siitä ole erikseen sovittu. (Kiviniemi 2006, 93.)

Hyvän korjuujäljen yleisimpiä tavoitteita ovat harvennusmallien mukainen harvennusvoimakkuus, yli 20 metrin levyinen ajouraväli ja neljästä metristä neljän ja puolen metrin välille asettuva ajouraleveys. Lisäksi metsäsertifiointikriteeristö vaatii, että harvennushakkuissa runko- ja juurivaurioiden keskimääräinen osuus puustosta ei saa olla yli neljää prosenttia ja että ajourapainaumia on alle neljä prosenttia ajourien pituudesta. Vaurioiden osuus lasketaan alueellisten, viiden viimeisen vuoden tarkastustulosten liukuvana keskiarvona. Harvennusmallien mukaisesta harvennusvoimakkuudesta voidaan poiketa, mikäli metsänomistajan kanssa on siitä erikseen sovittu. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 17; Metsätietokortti 04-002 2007, 1.)

## 2.7 Korjuuvaurioiden ehkäiseminen

Tyypillisiä korjuuvaurioita ovat kasvavien puiden runkojen vahingoittaminen joko huolimattomalla metsäkoneiden käytöllä tai tekemällä liikaa ja suunnittelemattomasti ajouria. Ajourat saatetaan jättää myös suojaamatta tai ajaa metsäkoneilla vääränä vuodenaikana, mistä syntyvät liian syvät renkaiden painaumat vahingoittavat jäljelle jäävän puuston juuristoa. Puunkorjuussa saatetaan tarpeettomasti vahingoittaa myös leimikolle luontaisesti syntyneitä taimikoita. (Kiviniemi 2006, 92.)

Puunkorjuu jättää kuitenkin aina jonkin verran jälkiä maastoon ja puustoon, ja korjuujäljen laadun tasoa onkin pyrittävä jatkuvasti parantamaan. Tavoitteena täytyy olla virheetön korjuujälki. Korjuun aiheuttamiin vaurioihin voidaan vaikuttaa huomattavasti esimerkiksi oikealla konevalinnalla ja hyvin suunnitellulla ja sijoitetulla ajouraverkostolla. Lisäksi oikean korjuuajankohdan valinta on erittäin tärkeää, ja se

edellyttää ammattitaidon lisäksi myös puukaupan sujuvuutta ja riittäviä leimikkovaroja. Merkittävimmät tekijät korjuun laadukkaan onnistumisen kannalta ovatkin sen suunnittelusta vastaavien henkilöiden sekä erityisesti koneenkuljettajien ammattitaito ja motivaatio. Korkea tuottavuus ja hyvä korjuujälki eivät sulje toisiaan pois, sillä taitava kuljettaja pystyy hyvään työn laatuun ilman, että työn tuottavuus kärsii. (Tapion taskukirja 2002, 443; Uusitalo 2003, 89.)

### 2.7.1 Puusto- ja maastovaurioiden välttäminen

Puuvalinnan onnistumisen ja puustovaurioiden määrän ratkaisevat ensisijaisesti koneiden kuljettajat. Hakkuukoneista harvennuksille soveltuvat sekä pienet että keskikokoiset hakkuukoneet. Pieniä hakkuukoneita käytettäessä on mahdollista käyttää myös pidemmän ajouravälin mahdollistavia hakkuu-uramenetelmiä, joiden käyttö on perusteltua laadultaan epätasaisissa männiköissä. Suurimpien ajokoneiden käyttö ensiharvennuksissa ei ole järkevää. (Tapion taskukirja 2002, 443.)

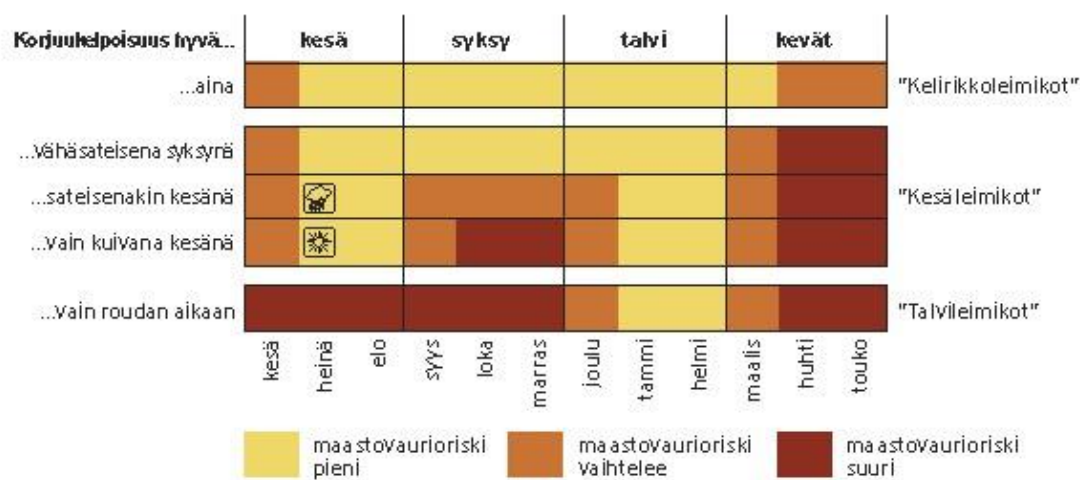
Puustovaurioiden syntyherkkyys nila-aikana on lähes kaksinkertainen talviaikaan verrattuna. Kesäaikaista puunkorjuuta tulisikin välttää etenkin kuusikoissa. Sekä puusto- että maastovaurioiden syntymistä voidaan ehkäistä hakkuun ja lähikuljetuksen huolellisella suunnittelulla, joka pitää sisällään myös kohteelle parhaiten soveltuvan hakkuumenetelmän valinnan. Muita tärkeitä keinoja vaurioiden ehkäisemiseksi ovat korjuutyön huolellinen toteutus sekä hakkuuajan ja korjuukaluston oikea valinta. (Metsätietokortti 04-002 2007, 3; Tapion taskukirja 2002, 443.)

Keskimäärin suomalaisissa leimikoissa yli kymmenen senttimetriä syvien ajourapainaumien osuus on alle viisi prosenttia kokonaisajourapituudesta, mutta pahimmassa tapauksessa osuus voi olla paljon suurempikin. Painaumille arat maastokohteet pitäisi aina suojata ennen korjuun aloittamista. Ajourien suojaamiseen käytetään eniten hakkuussa syntyviä hakkuutähteitä karsimalla puut ajourien päällä ja tarvittaessa myös vähempiarvoisia kuitupuupölkkyjä. Erittäin vaikeissa tapauksissa ajouralle voidaan levittää soraa tai esimerkiksi kumirenkaista tehtyjä peitteitä kantavuuden parantamiseksi. (Uusitalo 2003, 92.)

Suomessa puunkorjuussa käytettävän tavaralajimenetelmän on todettu vaurioittavan jäävää puustoa ja maaperää huomattavasti vähemmän verrattuna kokopuu- ja runkometelmiin. Tavaralajimenetelmällä vauriopuiden osuus jäävästä puustosta on nykyisin keskimäärin kolme prosenttia, kun vastaavasti pohjoisamerikkalaisissa pitkän puun menetelmissä vaurioprosentit lasketaan kymmenissä prosenteissa. Samalla pitkän puun korjuumenetelmien on todettu aiheuttavan selvästi enemmän maaperän vaurioita ja tiivistymistä kuin tavaralajimenetelmän. (Uusitalo 2003, 93.)

## 2.7.2 Leimikon korjuukelpoisuuden määrittäminen

Leimikon korjuukelpoisuus arvioidaan jo suunnitteluvaiheessa harvennettavan kuvion kantavuuden perusteella. Yleisimmin käytetään kolmiportaista luokittelua, jossa leimikot jaetaan talvi-, kesä- ja kelirikkokohteisiin. Kelirikkokohteilla korjuu onnistuu ympäri vuoden. Luokittelu voi tarkimmillaan olla esimerkiksi kuvan 1 mukainen. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 7.)



Kuva 1. Etelä-Suomen olosuhteiden mukaan laadittu maapohjan kantavuuteen perustuva 5-portainen korjuukelpoisuusluokitus (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 7.)

Korjuukelpoisuutta voidaan varmistaa tai parantaa esimerkiksi seuraavien toimenpiteiden avulla. Harvennuskuvio ja ajouraverkosto suunnitellaan siten, että maastokuormitus kohdistuu mahdollisimman paljon vain kantavimpiin maastonkohtiin ja että tarpeettomia mutkia vältetään. Heikoimmat maastonkohdat havutetaan vahvasti



jo hakkuuvaiheessa. Suomessa käytetään koneissa hyvin usein maanpintaa säästäviä teloja ja niiden käytössä on olennaista muistaa oikea kireys. Myös kuormakoko on syytä sovittaa olosuhteiden mukaisesti. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 8.)

### 2.7.3 Valaistusolojen ja näkyvyyden parantaminen

Syksyllä ja talvella, kun harvennusolosuhteet ovat maaston ja puuston kannalta parhaimmat, valaistusolot ja näkyvyys ovat yleensä heikoimmillaan. Hyvissäkin valaistusoloissa näkemistä saattaa haitata runsas alikasvos ja likaiset tai naarmuuntuneet ohjaamon lasit. Koneiden työvalojen ja ohjaamon lasien puhdistaminen ja kunnossapito sekä nosturipuomin varustaminen latvavaloilla ovat huomion arvoisia asioita työskenneltäessä pimeään aikaan. Näkyvyyttä voidaan parantaa ja samalla korjuuvaurioita välttää ajoittamalla alikasvoksen ennakkoraivaus oikein ja suorittamalla se riittävän voimakkaana. Korjuutyö kannattaa rytmittää siten, että vaativat työvaiheet tehdään parhaissa valaistusoloissa. Mahdollisuuksien mukaan hämärään aikaan voidaan siirtyä viereiselle uudistushakkuukuviolle tai avataan ajouria. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 8.)

### 2.7.4 Kuljettajan työvireys ja motivaatio

Kuljettajien merkitystä hyvän korjuujäljen tuottajana ei voida liikaa korostaa. Ammattitaitoinen ja motivoitunut kuljettaja kykenee välttämään korjuuvaurioita silloinkin, kun olosuhteet eivät ole parhaimmillaan. Väsyneenä työskenneltäessä edullisetkaan olosuhteet eivät takaa hyvää lopputulosta. Harvennushakkuussa onkin ensiarvoisen tärkeää huolehtia kuljettajien työvireyden säilymisestä. Niinpä esimerkiksi normaaleja pidempiä työvuoroja on syytä välttää etenkin vaikeimmissa olosuhteissa. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 9.)

Kuljettajilla tulee olla selkeä kuva siitä, millaiset laatutavoitteet korjuujälkeä koskevat ja kuinka he ovat tavoitteisiin nähden onnistuneet. Työnaikainen laadunseuranta vastaa parhaiten näihin tarpeisiin. Kun tarkasteltavaksi otetaan tuore korjuujälki, kuljettajilla on mahdollisuus arvioida laatupoikkeamien syitä. Mahdolliset

laatupoikkeamat voivat johtua ennakkoraivauksen laiminlyönnistä tai puutteellisesta ohjeistuksesta, josta on annettava palautetta urakanantajalle tai metsänomistajalle. Muita syitä voivat olla korjuun väärä ajoitus sekä korjuukaluston puutteet. Myös liian leveät tai kapeat ajourat ja heikko havutus vaikuttavat osaltaan laatupoikkeamiin. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 9.)

Välittömän seurannan ja arvioinnin ansiosta palaute työn laadusta tavoittaa oikean tahon. Tämä edistää korjuujäljen laatua pitkällä aikajänteellä. Jos laadun seuraamisen menetelmät ovat riittävän tarkkoja havaitsemaan tämän kehityksen, palautekin kohenee ja motivoi kuljettajia tuottamaan parempaa työnjälkeä. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 9.)

### 3 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

#### 3.1 Aineiston valinta ja esittely

Tutkittavaksi alueeksi päätettiin toimeksiantajan kanssa rajata Lohikoski, sillä se on suurin yhtenäinen metsäalue, jonka hoidosta Metsähallituksen Sulkavan toimipaikka vastaa. Lohikosken metsäalueen pinta-ala on noin 10 000 hehtaaria. Alueen rajauksen jälkeen Metsähallituksen arkistosta haettiin vuosina 2007 ja 2008 hakatut leimikot, joista valittiin ensiharvennukset. Niitä on yhteensä 319,1 hehtaaria, jotka koostuvat 60 kuviosta. Arkistointimenetelmän vuoksi aineistoon ja otantajoukkoon tuli mukaan myös kaksi alkuvuodesta 2009 harvennettua leimikkoa. Otantajoukon kuviot ovat kolmen eri metsäkoneurakoitsijan harventamia, ja urakoitsijoista käytetään tutkimuksessa nimityksiä A, B ja C. Kaikkia aineiston leimikoita koskevat samat korjuujäljen laatutavoitteet, joten kuviot ovat keskenään vertailukelpoisia.

Alueen ensiharvennusten pinta-alasta noin kaksi kolmasosaa on puhtaita männiköitä ja loput metsiköitä, joissa hakkuukertymä koostui pääosin kuusesta. Varsinaisia puhtaita kuusikoita ei ensiharvennusten joukossa ole. Tämä jakauma mahdollistaa kuitenkin vaurioiden vertailun männiköiden ja kuusikoiden välillä. Ensiharvennusten 319,1 hehtaarin kokonaispinta-alasta 214,1 hehtaaria on männiköitä ja loput

105,0 hehtaaria on kuusivaltaista metsää. Otantaprosentiksi päätettiin ottaa 20, mikä tarkoittaa noin 60 hehtaaria inventoitavia kuvioita.

### 3.2 Otanta

Otantaan tulevat kuviot päätettiin valita arpomalla, koska Metsäkeskukset valitsevat satunnaisotannalla vuosittain tarkastamansa hakkuukohteet ja myös Metsähallitus käyttää satunnaisotantaa tarkastamissaan leimikoissa. Yksinkertaisessa satunnaisotannassa jokaisella perusjoukon havaintoyksiköllä on samansuuruinen todennäköisyys tulla valituksi otokseen. Arpominen suoritettiin kirjoittamalla työkohteiden lohkojen numerot paperinpaloille, jotka sekoitettiin ja nostettiin kulhosta. Lohkoja oli yhteensä 21, joista kahdeksan osui otantaan. Otantajoukkoon tulleissa kuvioissa haluttiin säilyttää sama pääpuulajien suhde kuin koko aineistossa on. Tämä toteutettiin siten, että paperinpaloja nostettiin niin kauan, jotta männiköitä saatiin noin 40 hehtaaria ja kuusikoita noin 20 hehtaaria. Yhteensä tästä muodostuu tavoitteen mukainen 60 hehtaaria.

Koska vuosina 2007 ja 2008 talvet olivat leutoja, alueen ensiharvennukset sijoittuivat kivennäismaille, joten turvemaiden ja kivennäismaiden korjuujälkeä ei voida tällä aineistolla vertailla. Turvemaiden pienen osuuden vuoksi niitä ei huomioitu erikseen otantajoukkoa arvottaessa. Otantajoukkoon osui ainoastaan yksi 0,5 hehtaarin kokoinen rämekuvio, joka kuuluu männiköihin.

Arvonnassa valikoitunut otantajoukko koostuu 22 kuvioista, joiden yhteinen pinta-ala on 61,1 hehtaaria. Näistä 38,5 hehtaaria on männiköitä ja 22,6 hehtaaria kuusikoita. Lopullinen otantaprosentti on 19,2. Kuviot sijoittuvat kuuteen eri paikkaan Lohikosken alueella, ja ne on harvennettu tammikuun 2007 ja maaliskuun 2009 välisenä aikana. Maastotöitä tehdessä kävi ilmi, että suuressa osassa kuvioita, jotka hakkuukertymän mukaan luokiteltaessa luettiin kuusikoiksi, todellinen pääpuulaji harvennuksen jälkeen oli kuitenkin mänty. Kahdeksasta kuusikoiksi luokitelluista kuvioista vain neljällä oli harvennuksen jälkeen runkoluvun perusteella enemmän kuusia kuin mäntyjä. Tämä olisi ollut hyvä tarkistaa aineiston jaottelun yhteydessä. Harvennuksen hakkuukertymän perusteella ei voida määrittellä tarkasti kuvion pää-

puulajia. Toisaalta aineisto oli rajallinen ja ilman hakkuukertymän käyttämistä luokitteluperusteena kuusikoiden osuus aineistosta olisi jäänyt kohtuuttoman pieneksi ja estänyt vertailun.

Koko aineiston 60 kuvion pinta-alojen keskiarvo on 5,8 hehtaaria. Kaikki otantaan tulleet kuviot edustavat kasvupaikkaluokaltaan nuorta kasvatusmetsää, 02:ta. Maalaji on valtaosassa kuvioita moreeni, ja kuviot sijaitsevat ojittamattomilla kangasmailla. Kymmenellä kuviolla metsätyyppi on tuore kangas ja yhdeksän kuvioista edustaa kuivahkoa kangasta. Kolme kuviota kuuluu kasvupaikkatyyppiltään kuiviin kankaisiin. Uudistamismenetelmänä on käytetty joko istutusta tai luontaista, siemeniin perustuvaa uudistamista.

Otantajoukon kuvioiden puustotietojen keskiarvot ovat: keski-ikä 36,6 vuotta, keskipituus 15,5 metriä ja keskiläpimitta 17,0 senttimetriä. Kuvioiden keskimääräinen pohjapinta-ala on 13,8 neliometriä hehtaarilla ja runkolukujen keskiarvo harvennuksen jälkeen on 858 runkoa hehtaarilla. Otantajoukkoon kuuluvilla kuvioilla ei ole luontokohteita eikä metsälain kymmenennessä pykälässä määriteltyjä erityisen tärkeitä elinympäristöjä (Metsälaki 1996/1093).

### 3.3 Männiköt

Otantaan tulleet männiköt muodostuvat 14 kuvioista, joiden pinta-ala on yhteensä 38,5 hehtaaria. Kuvioiden keskimääräinen pinta-ala on 2,8 hehtaaria. Kuuden kuvion metsätyyppi on kuivahko kangas, viisi kuvioista edustaa tuoreita kankaita ja kolme karuinta kuviota kuuluvat kuiviin kankaisiin. Seitsemällä kuviolla maalaji on moreeni, neljällä hiekka ja kahdella kuviolla soramoreeni. Lisäksi koko otantajoukon ainoa turvekankaita edustava kuvio kuuluu männiköihin ja on suotyypiltään räme. Neljä kuvioista on uudistettu istuttamalla ja kymmenen luontaisesti.

Kuviot on harvennettu toukokuun 2007 ja joulukuun 2008 välisenä aikana. Viisi kuviota on harvennettu kelirikkoaikana toukokuussa, neljä syyskuussa ja viisi joulukuussa. Harvennuksia ovat suorittaneet kaikki kolme urakoitsijaa. Männikkökuvioiden yleistiedot on esitetty liitteessä 2.

Otantajoukon männiköiden puustotietojen keskiarvot ovat: keski-ikä 37,1 vuotta, keskipituus 15,3 metriä ja keskiläpimitta 17,1 senttimetriä. Keskimääräinen pohjapinta-ala on 13,1 neliömetriä hehtaarilla ja runkolukujen keskiarvo harvennuksen jälkeen on 816 runkoa hehtaarilla. Maastotöiden yhteydessä mitatut männiköiden puustotiedot on esitelty liitteessä 3.

### 3.4 Kuusikot

Kuusikot koostuvat kahdeksasta kuviosta, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on 22,6 hehtaaria. Ainoastaan kahden kuvion pääpuulajiksi Metsähallituksen tietokantaan on merkitty kuusi ja muiden kuuden kuvion pääpuulaji on mänty. Tästä huolimatta kyseiset kuviot luettiin kuusikoiksi, sillä jako männiköihin ja kuusikoihin tehtiin harvennuksessa saadun hakkuukertymän perusteella. Kyseisillä kuvioilla kuusen kertymä oli suurempi kuin männyn, ja ne luokiteltiin kuusikoiksi. Kuvioiden pintaalojen keskiarvo on 2,8 hehtaaria.

Viiden kuvion metsätyyppi on tuore kangas ja kolmen kuivahko kangas. Kaikkien kuvioiden maalaji on moreeni, ja ne sijaitsevat ojittamattomilla kangasmailla. Seitsemän kuviota on uudistettu istuttamalla ja yhdellä on käytetty luontaista uudistamista. Urakoitsijat B ja C ovat harventaneet kuviot tammikuun 2007 ja maaliskuun 2009 välisenä aikana. Yksi kuvioista on harvennettu lokakuussa, kolme joulukuussa, kaksi tammikuussa ja kaksi maaliskuussa. Kuusikkokuvioiden yleistiedot on esitetty liitteessä 4.

Otantajoukon kuusikoiden puustotietojen keskiarvot ovat: keski-ikä 35,8 vuotta, keskipituus 15,9 metriä ja keskiläpimitta 17,0 senttimetriä. Keskimääräinen pohjapinta-ala on 15,0 neliömetriä hehtaaria kohden, ja keskimääräinen runkoluku on 932 runkoa hehtaarilla. Maastotöiden yhteydessä mitatut kuusikkokuvioiden puustotiedot on esitetty liitteessä 5.

### 3.5 Tutkimusmenetelmän kuvaus

Tutkimusmenetelmänä käytetään Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion ohjetta korjuujäljen seurannasta. Menetelmä on maa- ja metsätalousministeriön hyväksymä ja sama, jota myös metsäkeskukset käyttävät. Kyseessä on niin sanottu jälkiinventointimenetelmä, eli inventointi suoritetaan hakkuiden ja puunkorjuun päätyttyä, joten hakkuukoneen ja ajokoneen jättämiä vaurioita ei eritellä toisistaan. Kyseisen menetelmän käyttäminen mahdollistaa tutkimustulosten suoran vertailun metsäkeskusten tekemien korjuujälki-inventointien kanssa (Äijälä 2003, 1).

Menetelmä perustuu kuvioittaiseen inventointiin, jossa jokaisella kuviolla suoritetaan omat mittaukset. Tulosten luotettavuuden kannalta on tärkeää, että tutkimusta varten mitattavat kuviot edustavat samaa kehitysluokkaa, tässä tapauksessa nuorta kasvatusmetsää, 02:ta. Tarkempia puustotietoja ei ollut ennakkoon käytettävissä, mutta ne mitattiin maastotöiden yhteydessä. Samalla Metsähallitus sai päivitettyä puustotiedot otantajoukkoon kuuluvista kuvioista. Tutkimuksen maastotyöt ja mittaukset on suoritettu elokuun 2009 aikana (Äijälä 2003, 1).

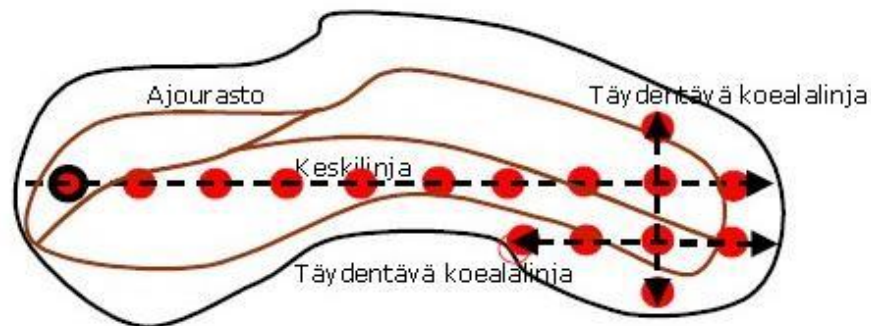
#### 3.5.1 Koealat

Korjuujäljen mittaus aloitetaan määrittämällä mitattavan kuvion pisimmän lävistäjän muodostama keskilinja, jonka suunta määritetään kartasta. Linja suunnataan maastoon kompassilla. Koealamittaukset tehdään tältä keskilinjalta. Ensimmäinen koeala sijoitetaan puolen koealavälin päähän keskilinjän lähtöpisteestä eli kuvion rajasta. Kun keskilinjän koealat on mitattu, mittaus voidaan normaalitapauksessa lopettaa. Koealoja tulee keskilinjalle noin kymmenen kappaletta, kun koealaväli mitoitetaan taulukon 1 mukaisesti. (Äijälä 2003, 1.)

Taulukko 1. Koeala- ja linjavälitaulukko (Äijälä 2003, 2.)

Pienin p-a, ha	0	0,69	1,21	1,89	2,71	3,69	4,81	6,09	7,51	9,09	10,8	12,7	14,7
Suurin p-a, ha	0,68	1,2	1,88	2,7	3,68	4,8	6,08	7,5	9,08	10,8	12,7	14,7	16,9
Linja ja koealaväli,	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>

Koealamittausta täydennetään lisäkoealoilla, mikäli keskilinjalta saatujen tulosten perusteella on syytä epäillä, että metsänhoitosuosituksen tai metsälain asettamat vaatimukset eivät toteudu korjuuvaurioiden runsaan määrän takia. Tällöin keskilinjalta arvotaan koeala, jonka kohdalta mitataan toinen koealalinja kohtisuoraan alkuperäistä keskilinjaa vasten. Myös tämän arpomalla valitun linjan koealoista arvotaan yksi, jonka kohdalta mitataan keskilinjan suuntainen koealalinja. Kuvassa 2 on selvitetty havainnollisesti koealojen asettelu kuviolle. (Äijälä 2003, 2.)



Kuva 2. Koealalinjojen ja koealojen asettelu tarkastettavalle kuviolle (Äijälä 2003, 3.)

Jos keskilinjan mittauksen yhteydessä käy ilmi, että mitattava kuvio on esimerkiksi karttavirheen vuoksi selvästi oletettua pienempi eli mittauksessa on käytetty liian suurta koealaväliä, mitataan täydentävät kohtisuorat linjat edellä mainittujen ohjeiden mukaisesti, jotta saadaan riittävä koealamäärä. Jos esimerkiksi keskilinjan viimeisestä koealasta osa tulisi viereisen kuvion puolelle, siirretään koealaa sen verran, että koeala mahtuu kokonaan tarkastettavan kuvion alueelle. (Äijälä 2003, 2.)

Koealoilta luetaan runkoluku puulajeittain, mitataan pohjapinta-ala relaskoopilla, luokitellaan vaurioituneet puut, luetaan hakkuussa poistettujen puiden kannot sekä mitataan valtapituus koealan paksuimmasta puusta. Käytössä ei ollut GPS-paikanninta eikä maastotallenninta, joten kaikki kuvioilta saadut tiedot kerättiin paperilomakkeille ja suunnistaminen tapahtui kartan ja kompassin avulla (Äijälä 2003, 2).

Runkoluku luetaan 3,99 metrin säteisiltä ympyräkoeloilta, joten koelakerroin hehtaarikohtaisen runkoluvun selvittämiseksi on 200. Kaikki ympyräkoelaan tulevat puut tutkitaan tarkasti alhaalta ylös asti mahdollisten runko- ja juurivaurioiden havaitsemiseksi. Poistumaan luettavien kantojen läpimitan tulee olla vähintään yksitoista senttimetriä katkaisupinnan tasalla. Relaskooppikoeala jätetään mittaamatta linjan ensimmäiseltä ja viimeiseltä koelalta, jos on syytä epäillä, että viereisen kuvion puustoa on tulossa mukaan pohjapinta-alaan. (Äijälä 2003, 2.)

### 3.5.2 Puustovauriot

Puustovauriot jaetaan sijaintinsa perusteella runko- ja juurivaurioihin. Vaurion syvyyden perusteella ne voidaan jakaa pinta- ja syvävaurioihin. Kuusella vaurioituminen johtaa lähes väistämättä lahon syntyyn. Metsälain soveltamispäätöksen kolmannen pykälän kuudennen momentin mukaan puu katsotaan korjuun seurauksena vaurioituneeksi seuraavissa tapauksissa. (Uusitalo 2003, 91.)

Runkovaurioksi luetaan juurenniskan yläpuolella sijaitseva vaurio. Runko katsotaan vaurioituneeksi, jos sen kuori on rikki nilakerrokseen saakka yhdestä tai useammasta kohdasta yhteensä yli 12 neliösenttimetrin laajuudelta ja puuaineen pintaa on samalla paljastunut yli yksi neliösenttimetri tai jos siinä on puuaineen rikkonut, niin sanottu syvävaurio vaurion koosta riippumatta. Lisäksi runkovaurioksi luetaan kuoren rikkonut viilto tai viillot, joiden yhteenlaskettu pituus on yli 50 senttimetriä. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 22.)

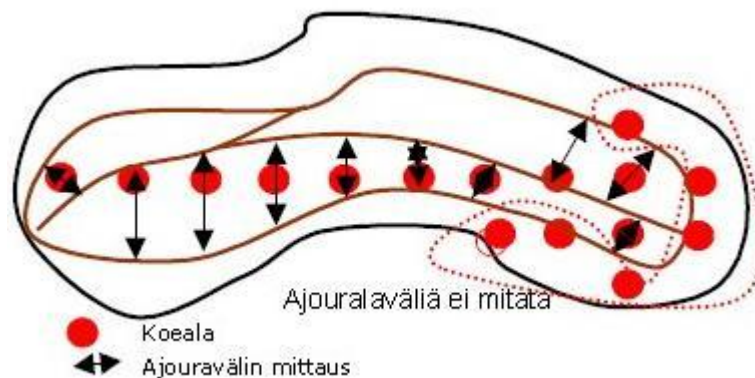
Juurivaurioksi luetaan juurenniskan alapuolella rungossa tai juuressa sijaitseva vaurio. Juurissa otetaan huomioon vain vauriot, jotka sijaitsevat enintään yhden metrin päässä rungon keskilinjasta. Alle kaksi senttimetriä paksujen juurten vaurioita ei huomioida. Vaurion muut tunnuksiset ovat kuten runkovauriossa. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 22.)



### 3.5.3 Ajouraväli

Korjuujäljen tarkastuksissa ajouraväli mitataan, kun puunkorjuussa on tehty kokonaan tai osittain uusi uraverkosto, sekä silloin, kun tarkastettavan kuvion runkoluku on yli 600 runkoa hehtaarilla. Tämän tutkimuksen otantajoukossa mukana olevista kuvioista jokainen täyttää kummankin vaatimuksen, joten ajouraväli mitattiin jokaiselta kuviolta. Ajouraväli on kahden rinnakkaisen ajouran raiteiden keskikohtien välinen etäisyys toisistaan. Se mitataan niin, että ajouraväli muodostuu lyhimmästä mahdollisesta suorasta, joka kulkee koealan keskikohdan läpi. Ajouraväli mitataan lankamittalaitteella. (Äijälä 2003, 2 – 3.)

Ajourien risteysalueille ja niiden läheisyyteen osuneiden koealojen mittaukselle on laadittu seuraavat ohjeet. Jos koeala osuu Y-risteyksen haaraan, ajouraväli mitataan koealan sijainnista riippumatta. Ajouraväliä ei mitata pistourien ja ajourien väliltä. Ajouran muodostavan kaarteet sisällä väli mitataan sopivista kohdista. Jos koealan keskipiste osuu reunimmaisen ajouran ja kuvion rajan välille, ajouraväliä ei mitata. Ajouravälin mittausspaikat on selvitetty kuvassa 3. (Äijälä 2003, 3.)



Kuva 3. Ajouravälin mittaus (Äijälä 2003, 3.)

Ajouravälin on oltava suositusten mukaan vähintään 20 metriä. Poikkeustapauksissa, kuten hankalassa maastokohdassa tai kuvion muodon takia, väli voi olla pienempikin. Jos ajouraväli on hakkuukoneen puomin ulottumaan verrattuna liian suuri, osa urien välisestä keskialueesta saattaa jäädä harventamattomaksi. (Metsätietokortti 04-002 2007, 4.)

### 3.5.4 Ajouraleveys

Ajouraleveys on ajouran reunoilla sijaitsevien lähimpien puiden uranpuoleisista kyljistä mitattu kohtisuora etäisyys uran keskelle. Ajouraleveys- ja ajourapainaumamittausten lähtöpisteenä käytetään koalan keskipistettä lähimpänä sijaitsevan ajouran raiteiden keskikohtaa. Yksittäinen ajouraleveyshavainto mitataan rajatulta kymmenen metrin pituiselta jaksolta määrittämällä uran oikealla ja vasemmalla puolella lähimmän puun etäisyys ajouran keskilinjaan ja laskemalla nämä kaksi etäisyyttä yhteen. Leimikon ajouraleveys on kyseisten summien keskiarvo. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 24; Äijälä 2003, 3.)

Ajouraleveys mitataan vain kuvioilta, joiden runkoluku on yli 600 runkoa hehtaarilla. Kaikkien tutkimuksen otantajoukkoon kuuluvien kuvioiden runkoluku on yli tuon mainitun rajan, joten ajouraleveys mitattiin jokaiselta kuviolta. Jos ajourassa on risteys tarkastelujaksolla, tunnusten mittausta jatketaan risteyksen siinä haarassa, jonka suunta on lähinnä sen uran suuntaa jolta mittaus aloitettiin. Ajouraleveys jätetään mittaamatta ajouraleveyden mittaussakson sattuessa luontaiseen aukkoon. (Äijälä 2003, 3.)

Ajouran keskileveyden tavoite on 40,0 – 45,0 desimetriä. Liian leveä ajoura aiheuttaa kasvutappiota, liian kapea taas altistaa reunapuut vaurioille. Kaarteissa ja hankalissa maastonkohdissa ajoura voi olla tarvittaessa leveämpikin. (Metsätietokortti 04-002 2007, 4.)

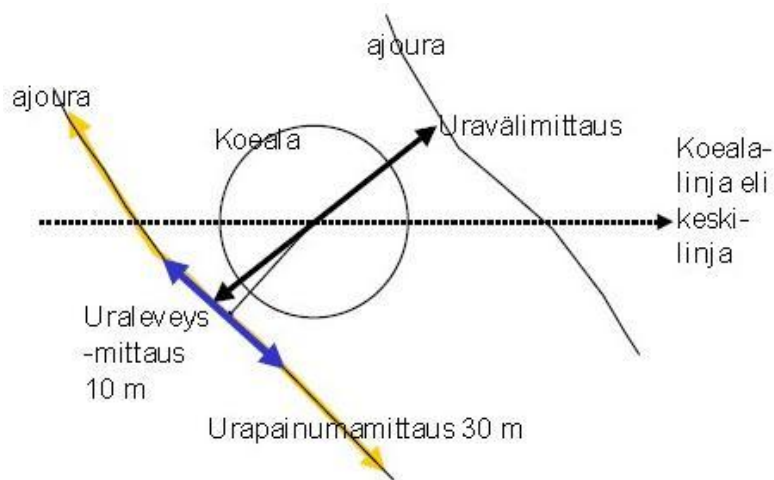
### 3.5.5 Ajourapainauma

Ajourapainauksia mitataan yleisimmin joko painuman keskimääräisenä syvyytenä, tai kuten tässä tutkimuksessa yli kymmenen senttimetrin syvyisen painuman prosenttiosuutena ajourien pituudesta. Ajourapainauksiksi luetaan yli kymmenen senttimetrin painuma maanpinnan tasosta mitattuna. Mittauksen lähtötasona ja maanpinnan tasona käytetään maalajin mukaan kivennäismaan pintaa tai turvemailla sammalkerroksen alareunaa. Maanpinnan palautuvaa painumista ei lueta ajourapainauksiksi vaan edellytyksenä on, että maan pintakerros on rikkoutunut. Yksittäi-

siä kuoppia, joiden pituus on alle 50 senttimetriä, ei lueta ajourapainaumiksi. (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 25; Uusitalo 2003, 92.)

Ajourapainaumien määrän mittaamiseksi ajouralta rajataan mittanauhalla kolmenkymmenen metrin pituinen matka tarkasteltavaksi painaumakohdista. Suositusten mukaisena tavoitteena on alle neljä prosenttia ajourapainaumaa urien pituudesta, joten koealalla saisi olla painaumaa keskimäärin alle 1,2 metriä jokaista tarkastelujaksoa kohden. (Metsätietokortti 04-002 2007, 3.)

Kaikkien ajouratunnusten mittaaminen on selvitetty havainnollisesti kuvassa 4.



Kuva 4. Ajouratunnusten mittaus (Äijälä 2003, 3.)

#### 4 TULOKSET

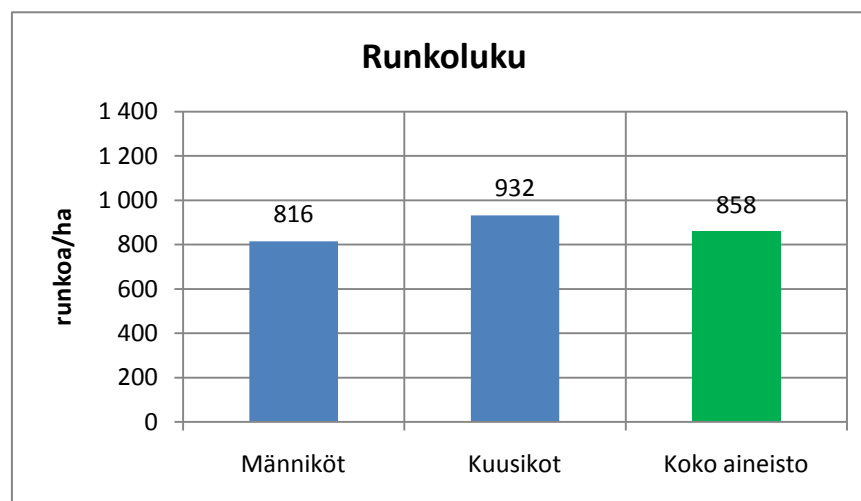
Kaikki tutkimuksen tulokset on laskettu käyttäen Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmaa. Saman ohjelman avulla on tehty myös tutkimuksessa esitellyt kuvaajat.

Koko mitatun otantajoukon tuloksia käsittelevässä luvussa 4.1 jokaisen kuvaajan esittelyn yhteydessä on selvitetty kyseessä olevien tulosten laskutapa. Samoja laskutapoja on käytetty kaikkia myöhemminkin esiteltyjä tutkimustuloksia laskettaessa, muuttaen vain lähtöarvoja aina kyseessä olevan kohdan vaatimusten mukaan.

## 4.1 Koko aineisto

### 4.1.1 Harvennusvoimakkuus

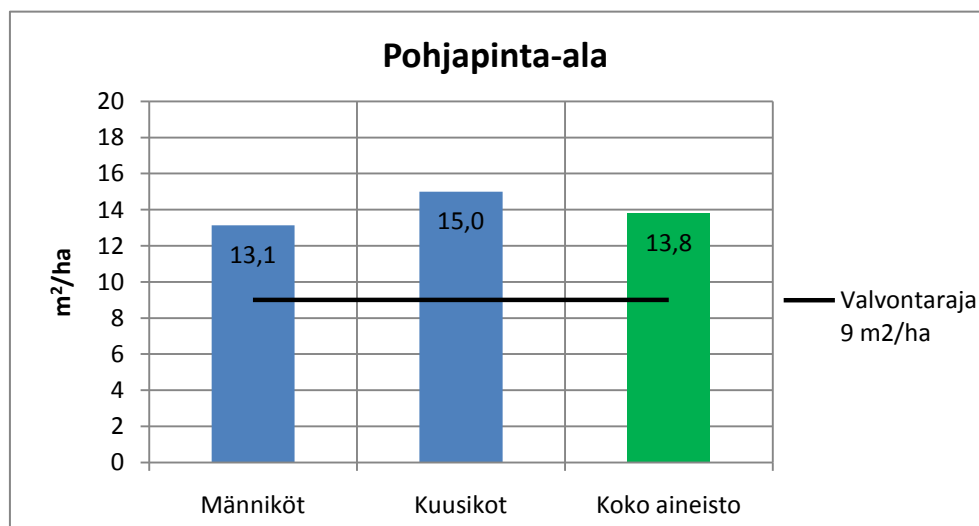
Kuvasta 5 käyvät ilmi runkolukujen keskiarvot eriteltynä männiköihin ja kuusikoihin. Männiköiden keskimääräinen runkoluku on noin 820 runkoa hehtaarilla, ja kantoja kuvioilla on keskimäärin noin 560 hehtaarilla. Kuusikoiden runkolukujen keskiarvo on noin 930 runkoa hehtaarilla, ja kantoja niillä on keskimäärin noin 720 hehtaarilla. Harvennusten jälkeisten runkolukujen keskiarvo koko otantajoukossa on noin 860 runkoa hehtaarilla, ja kantoja kuvioilla on keskimäärin 620 hehtaarilla.



Kuva 5. Runkolukujen hehtaarikohtaiset keskiarvot puulajeittain

Runkolukujen keskihajonta, eli tulosten keskimääräinen poikkeama keskiarvosta, on koko otantajoukossa 192 runkoa ja kantojen keskihajonta 199 kantoa. Runkolukutulosten vaihteluväli aineistossa on suuri, peräti 691 runkoa hehtaarilla. Männiköiden tulosten keskihajonnat ovat kuusikoiden vastaavia pienempiä. Männiköissä runkolukujen keskihajonta on 161 runkoa ja kantojen keskihajonta 141 kantoa. Runkolukutulosten vaihteluväli männiköissä on myös kuusikoita pienempi, 489 runkoa hehtaarilla. Kuusikoiden runkolukujen keskihajonta on 229 runkoa ja kantojen keskihajonta 251 kantoa. Kuusikoiden tuloksista muodostuu myös koko aineiston vaihteluväli, 691 runkoa hehtaarilla.

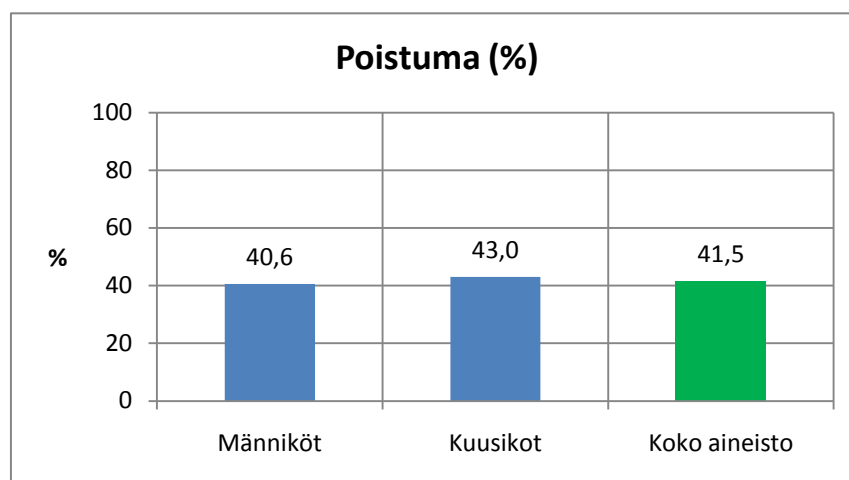
Laskemalla runkojen ja kantojen lukumäärät yhteen saadaan selville keskimääräinen runkoluku ennen harvennusta. Tutkimusmenetelmän vuoksi näin laskettu runkoluku sisältää vain kantoläpimitaltaan yli yksitoista senttimetrinen puiden määrän. Männiköiden harvennusta edeltävä runkoluku on siten noin 1 370 runkoa hehtaarilla ja kuusikoiden vastaavasti noin 1 650 runkoa hehtaarilla. Koko aineiston keskimääräinen runkoluku ennen harvennusta on noin 1 470 runkoa hehtaarilla.



Kuva 6. Pohjapinta-alojen keskiarvot puulajeittain

Kuvassa 6 on esitetty keskimääräiset pohjapinta-alat eriteltynä puulajin mukaan. Kuvaajassa näkyy myös metsälain valvontarajan taso, jonka yläpuolella tulosten pitää olla, jotta lain asettama tiheysvaatimus täyttyy. Kyseinen valvontaraja on 9 neliometriä hehtaarilla. Männiköiden pohjapinta-ala on keskimäärin noin 13 neliometriä hehtaarilla ja kuusikoiden 15 neliometriä hehtaarilla. Kuvioiden pohjapinta-alojen keskiarvo koko otantajoukossa on hieman alle 14 neliometriä hehtaarilla.

Männiköiden tulosten keskihajonta on 2,2 neliometriä hehtaarilla ja vaihteluväli 8,5 neliometriä hehtaarilla. Vastaavasti kuusikoiden pohjapinta-alamatulosten keskihajonta on 2,2 neliometriä hehtaarilla vaihteluvälin ollessa männiköiden vastaavaa pienempi, 6,3 neliometriä hehtaarilla. Pohjapinta-alamatulosten keskihajonta koko aineistossa on 2,3 neliometriä hehtaarilla ja vaihteluväli 8,7 neliometriä hehtaarilla.



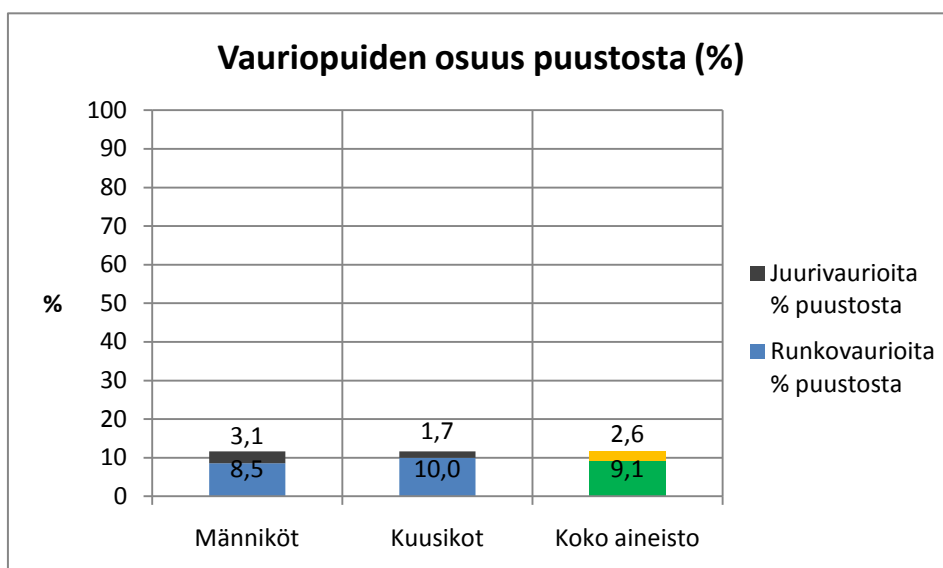
Kuva 7. Keskimääräiset poistumaprosentit laskettuna runkoluvun perusteella

Kuvassa 7 on esitetty runkolukuun perustuvat poistumaprosentit. Poistumaprosentti on laskettu jakamalla kantojen hehtaarikohtainen määrä hehtaarikohtaisen runkoluvun ja kantojen hehtaarikohtaisen määrän summalla ja kertomalla osamäärä sadalla.

Männiköiden poistumaprosenttien keskiarvo on noin 41 prosenttia. Se on hieman pienempi kuin koko mitatun aineiston keskiarvo, joka pyöristyy 42 prosenttiin. Kuusikoiden keskimääräinen poistumaprosentti on 43, joka on hieman männiköiden ja koko aineiston keskiarvoa suurempi. Männiköiden poistuman keskihajonta on noin 8 prosenttiyksikköä ja kuusikoiden vastaavasti 13 prosenttiyksikköä. Koko otantajoukon poistumatulosten keskihajonta on noin 10 prosenttiyksikköä.

#### 4.1.2 Puustovauriot

Kuva 8 on tutkimuksen tärkeimpiä kuvaajia. Siitä käyvät ilmi vaurioituneiden puiden prosenttiosuus koko kuvion puustosta harvennuksen jälkeen. Kuvaaja osoittaa runko- ja juurivauriopuiden yhteenlasketun prosenttiosuuden kuvioden puustosta. Sekä runko- että juurivauriopuiden prosenttiosuus koko puustosta on laskettu jakamalla vauriopuiden yhteenlaskettu lukumäärä hehtaarilla kuvion hehtaarikohtaisella runkoluvulla ja kertomalla osamäärä sadalla.



Kuva 8. Vaurioituneiden puiden prosenttiosuus jääneestä puustosta

Keskimäärin 8,5 prosentissa männikkökuvioiden puustosta on runkovaurio. Männiköiden tulosten keskihajonta on 5,0 prosenttiyksikköä. Kuusikoissa keskimäärin 10,0 prosenttiin puustosta on syntynyt runkovaurio. Keskihajonta on 5,8 prosenttiyksikköä. Kuusikoissa runkovauriopuiden osuus on suurempi kuin männiköissä ja myös hieman koko otantajoukon keskiarvon yläpuolella. Koko aineistossa keskimäärin 9,1 prosentissa kuvioiden puustosta on runkovaurio, ja keskihajonta on 5,2 prosenttiyksikköä.

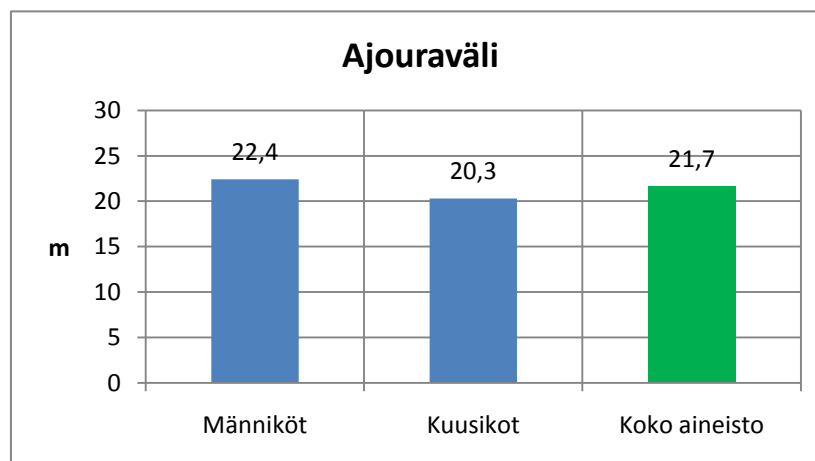
Juurivaurioita on syntynyt keskimäärin 3,1 prosenttiin männikkökuvioiden puustosta. Keskihajonta on 3,2 prosenttiyksikköä. Männiköissä on enemmän juurivaurioita kuin otantajoukossa keskimäärin. Viidellä kuviolla eli hieman yli kolmanneksessa kaikista inventoiduista männikkökuvioista ei ole yhtään juurivauriupuuta. Kuusikoissa juurivauriopuiden osuus on keskimäärin 1,7 prosenttia ja keskihajonta on 3,5 prosenttiyksikköä. Kuudella kuviolla eli kolmessa neljäsosassa kaikista inventoiduista kuusikkokuvioista ei ole yhtään juurivauriupuuta.

Keskimäärin 2,6 prosentissa kuvioiden puustosta on juurivaurio. Yhdellätoista kuviolla, eli 50 prosentissa kaikista inventoiduista kuvioista, ei ole yhtään juurivauriupuuta. Keskihajonta koko aineistossa on 3,3 prosenttiyksikköä.

Runko- ja juurivaurioiden yhteenlasketut osuudet ovat sekä männiköissä että kuusikoissa keskimäärin 11,7 prosenttia puustosta. Männiköiden tulosten keskihajonta on 7,1 prosenttiyksikköä ja kuusikoiden 6,5 prosenttiyksikköä. Keskimäärin siis noin 12 prosentissa kuvioiden puustosta on vaurio. Koko aineiston tulosten keskihajonta on 6,7 prosenttiyksikköä.

#### 4.1.3 Ajourat

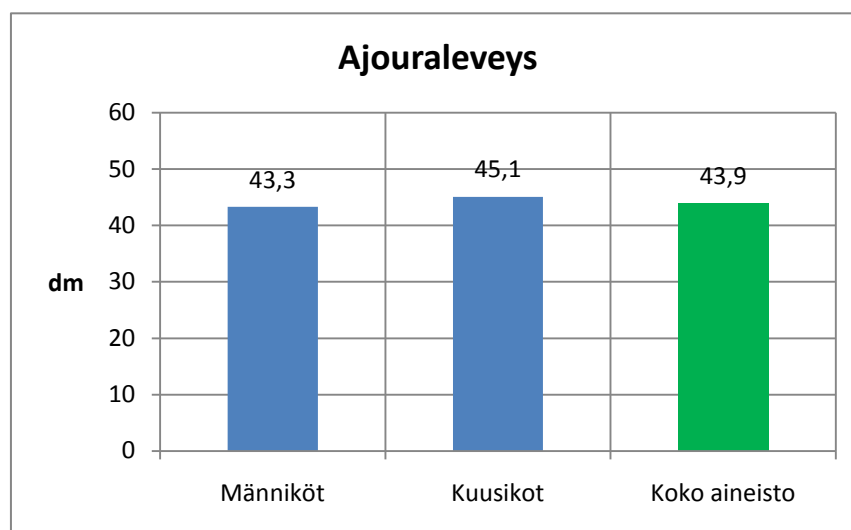
Kuvasta 9 käyvät ilmi keskimääräiset ajouravälit eriteltynä puulajin perusteella. Ajouraväli on laskettu jakamalla koelaloilta mitattujen ajouravälien summa mittaus-tulosten lukumäärällä. Ajouravälien keskiarvo on männiköissä noin 22 metriä ja keskihajonta 3,1 metriä. Kuusikoissa ajouravälit ovat pienempiä, sillä niiden keskiarvo on noin 20 metriä ja keskihajonta 4,5 metriä. Otantajoukon ajouravälien keskiarvo on noin 22 metriä ja keskihajonta 3,7 metriä.



Kuva 9. Ajouravälien keskiarvot eriteltynä puulajeittain

Ajouravälitulosten vaihteluvälit ovat melko suuria. Männiköiden tulosten vaihteluväli on 11 metriä ja kuusikoiden vieläkin suurempi, 13 metriä. Koko aineiston ajouravälitulosten vaihteluväli on peräti 16 metriä. Vaikka otantajoukon suurimman ja pienimmän tuloksen jättäisi huomiotta, vaihteluväli olisi 9,5 metriä.

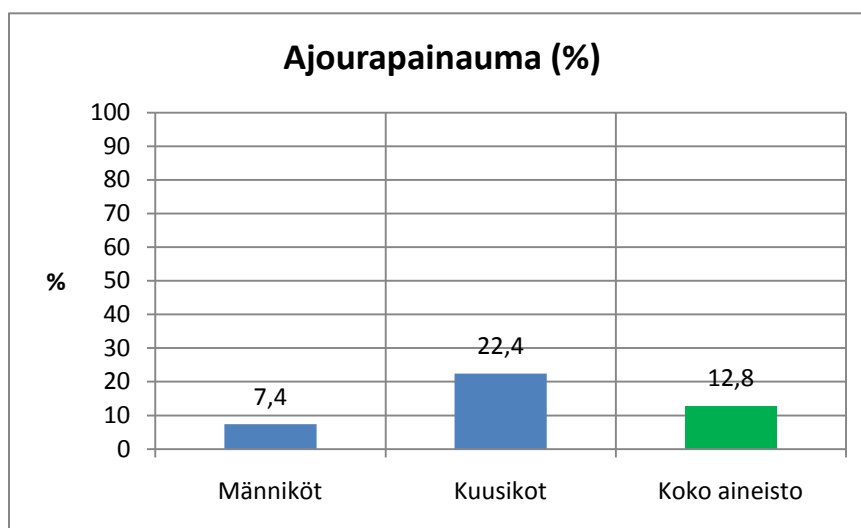




Kuva 10. Ajouraleveyksien keskiarvot eriteltyinä puulajeittain

Kuva 10 esittää keskimääräiset ajouralevydet eriteltyinä puulajin mukaan. Ajouraleveys on laskettu jakamalla koelaloilta mitattujen ajouraleveytulosten summa mitaustulosten lukumäärällä. Männikkökuvioiden ajouraleveyksien keskiarvo on noin 43 desimetriä, ja keskihajonta on 3,0 desimetriä. Vastaavasti kuusikkokuvioiden keskimääräinen ajouraleveys on noin 45 desimetriä ja keskihajonta 2,8 desimetriä. Otantajoukon tulosten keskiarvo on noin 44 desimetriä ja keskihajonta 3,0 desimetriä.

Aineiston tulosten vaihteluväli on kohtuullisen pieni, vain 10,5 desimetriä. Männiköissä vaihteluväli on 9,1 desimetriä ja kuusikoissa vastaavasti 8,0 desimetriä.



Kuva 11. Ajourapainauman prosenttiosuus ajourien pituudesta puulajien mukaan eriteltynä

Kuva 11 ilmaisee ajourapainaumien keskimääräisen osuuden ajourien pituudesta eriteltynä puulajin mukaan. Ajourapainauman prosenttiosuus on laskettu jakamalla koealoilta mitattujen ajourapainaumien pituuksien summa kuviolta ajourapainauman selvittämiseksi mitatun matkan summalla ja kertomalla osamäärä sadalla.

Ajourapainaumaosuuksien keskiarvo on männiköissä noin 7 prosenttia painaumaa ajourien pituudesta ja keskihajonta on 5,2 prosenttiyksikköä. Kuusikoissa ajourapainaumien keskimääräinen osuus on noin 22 prosenttia ja keskihajonta 27,4 prosenttiyksikköä. Kuusikkokuvio 19 on ajourapainaumaltaan poikkeuksellinen, sillä kuvion ajouria mitattiin painaumaosuuden selvittämiseksi yhteensä 210 metrin matka, ja 176 metriä tuosta matkasta sisälsi ajourapainauman tunnusmerkit täyttävää painumaa. Tämä tarkoittaa, että peräti 84 prosenttia kyseiseltä kuviolta mitatuista ajourista sisältää palautumatonta ajourapainaumaa. Mikäli kuvion 19 tulos jätetään huomiotta ja keskiarvo lasketaan ilman sitä, ajourapainauman osuudeksi kuusikoissa saadaan noin 14 prosenttia, joka on huomattavasti pienempi.

Ajourapainumaosuuksien koko aineiston keskiarvo on noin 13 prosenttia ja keskihajonta 17,9 prosenttiyksikköä. Aineiston keskiarvo putoaa hieman alle 10 prosenttiin, mikäli tulos lasketaan ilman kuviolta 19 mitattua erittäin korkeaa arvoa.

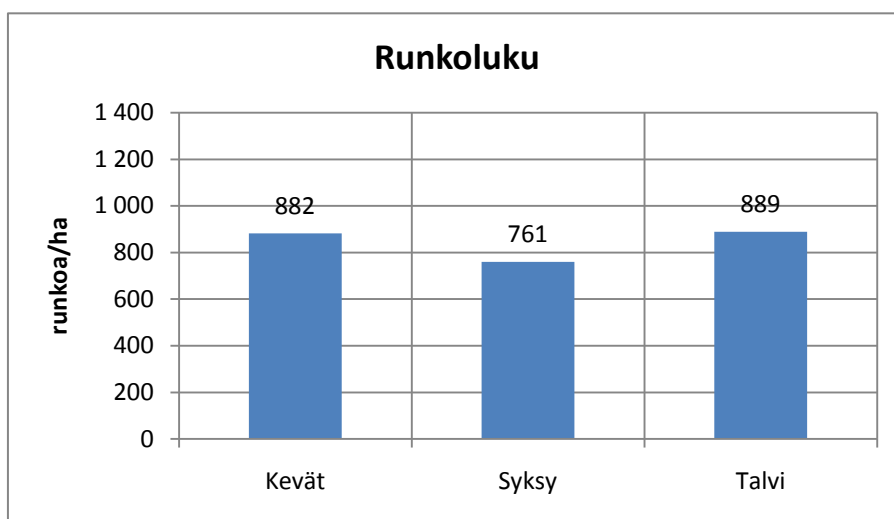
## 4.2 Hakkuuaika

Tutkimuksessa käytetty jako kesällä, syksyllä, talvella ja keväällä tehtyihin kohteisiin perustuu Metsätehon Korjuujälki harvennushakkuussa -oppaassa esitettyyn korjuukelpoisuuden määrittämistä varten laadittuun taulukkoon. Taulukko on kuvassa 1, luvussa 2.7.2. Taulukon mukaan kesä-, heinä- ja elokuu ovat kesäkuukausia ja syys-, loka- ja marraskuu luetaan syyskuukausiksi. Edelleen joului-, tammi- ja helmikuu katsotaan talvikuukausiksi ja maaliskuu-, huhti- ja toukokuu edustavat kevätkuukausia. Kyseinen jaottelu on tarkka ja siksi erittäin järkevä ja käyttökelpoinen (Korjuujälki harvennushakkuussa 2003, 7).

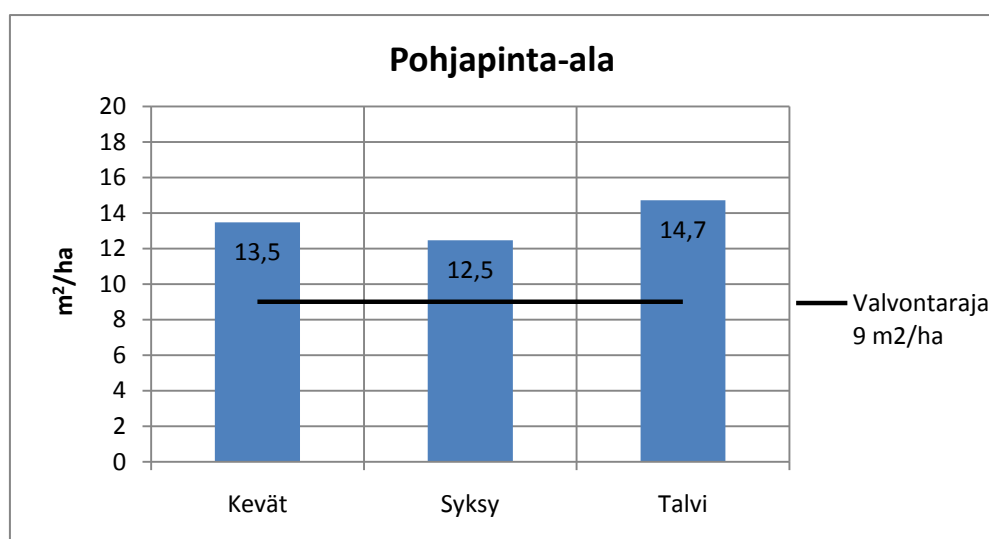
Tutkimuksen otantajoukon muodostavista kuvioista seitsemän luetaan kevätkohteisiin, viisi syksyllä harvennettuihin ja talvella harvennettujen joukko muodostuu kymmenestä kuviosta. Otantajoukkoon ei kuulu yhtään kesäkuukausien aikana harvennettua kuviota.

### 4.2.1 Harvennusvoimakkuus

Kuvassa 12 on esitetty runkoluvut hakkuuajan perusteella eriteltynä. Pienin runkoluku, noin 760 runkoa hehtaarilla, on syksyn aikana harvennetuilla kuviolla ja suurin talvikuukausina harvennetuilla, joiden tulos on noin 890 runkoa hehtaarilla. Tulosten vaihteluväli on 128 runkoa.

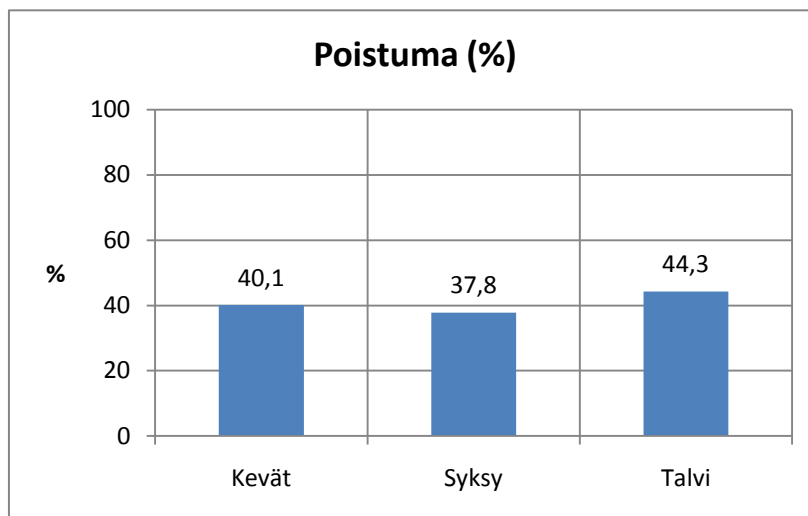


Kuva 12. Hehtaarikohtaiset runkoluvut eriteltyinä hakkuuajan mukaan



Kuva 13. Pohjapinta-alojen keskiarvot eriteltyinä hakkuuajan mukaan

Kuvassa 13 on esitetty keskimääräiset pohjapinta-aratulokset hakkuuajan perusteella jaoteltuina. Kuvaajassa näkyy myös metsälain valvontarajan taso, jonka yläpuolella pohjapinta-alojen pitää olla, jotta lain asettama tiheysvaatimus täyttyy. Kyseinen valvontaraja on 9 neliometriä hehtaarilla. Talvileimikoiden tulos, noin 15 neliometriä hehtaarilla, on suurin, ja vastaavasti pienin pohjapinta-ala on syksyn aikana harvennetuilla leimikoilla, joiden keskiarvo on noin 13 neliometriä hehtaarilla. Pohjapinta-aratulosten vaihteluväli on 2,2 neliometriä hehtaarilla.

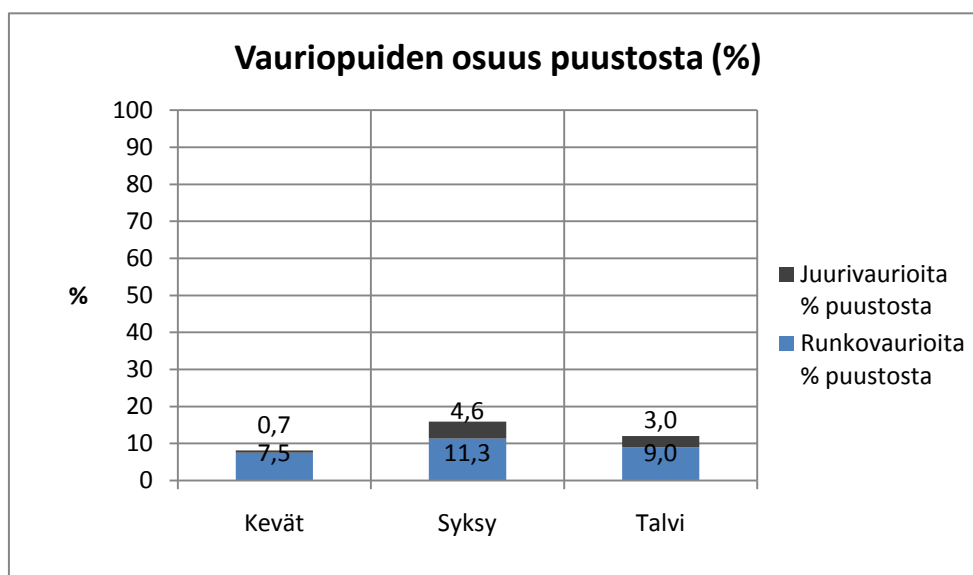


Kuva 14. Poistuman prosenttiosuudet laskettuna runkoluvun perusteella ja eriteltyinä hakkuuajan mukaan

Kuva 14 ilmaisee poistumaprocentin runkoluvun perusteella laskettuna. Talvikuukausina tehdyt harvennukset osoittautuvat poistumaprosenttiltaan suurimmiksi huolimatta siitä, että niiden harvennuksen jälkeinen runkoluku ja pohjapinta-ala ovat suurimmat. Talven aikana harvennettujen kuvioiden poistumaprocentti on noin 44 prosenttia. Pienin poistumaosuus on syksyllä suoritetuissa harvennuksissa, joiden tulos on noin 38 prosenttia.

#### 4.2.2 Puustovauriot

Kuvasta 15 voidaan lukea vaurioituneiden puiden prosenttiosuus koko kuvion puustosta harvennuksen jälkeen eriteltyinä hakkuuajan mukaan. Kuvaaja osoittaa runko- ja juurivauriopuiden yhteenlasketun prosenttiosuuden kuvioiden puustosta.



Kuva 15. Puustovaurioiden prosenttiosuudet jääneestä puustosta

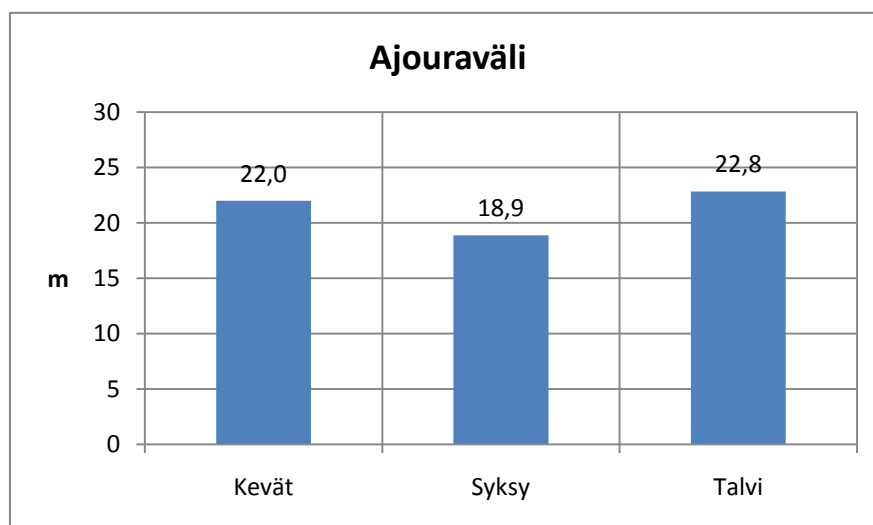
Runkovaurioita on syntynyt eniten syyskuukausien aikana harvennetuilla kuvioilla ja vähiten keväällä tehdyissä harvennushakkuissa. Keskiarvot ovat syysleimikoilla 11,3 prosenttia runkovauriopuita ja kevätleimikoilla 7,5 prosenttia runkovauriopuita kuvioiden puustosta.

Syksyn aikana harvennetuilla kuvioilla on syntynyt eniten myös juurivaurioita. Syysleimikoilla juurivauriopuiden osuus on 4,6 prosenttia puustosta. Vähiten juurivaurioita on runkovaurioiden ohella syntynyt kevätkuukausien aikana harvennetuilla kohteilla, joissa juurivaurioiden keskimääräinen osuus puustosta on 0,7 prosenttia.

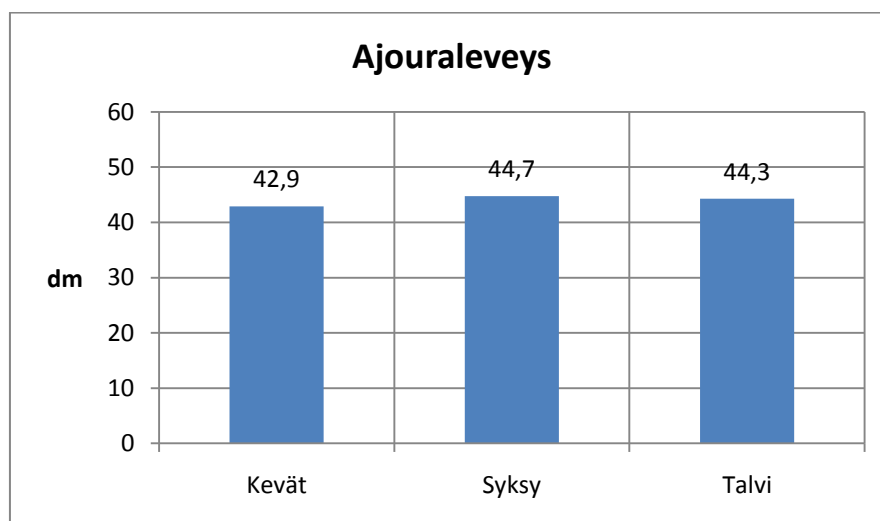
Syksyn aikana harvennetuilla kohteilla on syntynyt eniten puustovaurioita, sillä keskimäärin 15,9 prosenttia puustosta on vaurioitunut. Keväällä harvennetuilla kohteilla on syntynyt kaikista vähiten puustovaurioita, sillä niiden kasvatettavasta puustosta 8,2 prosenttia on vaurioitunut tutkimusmenetelmän kriteerit täyttävällä tavalla.

### 4.2.3 Ajourat

Kuvasta 16 käyvät ilmi hakkuuajan mukaan eriteltyt ajouravälien keskiarvot. Suurin ajouraväli on talvikuukausina harvennetuilla kuvioilla, joiden ajouravälien keskiarvo on noin 23 metriä. Pienin keskimääräinen ajouraväli on syksyn aikana harvennetuilla kohteilla, joiden tulosten keskiarvo on noin 19 metriä. Tulosten vaihteluväli on 3,9 metriä.

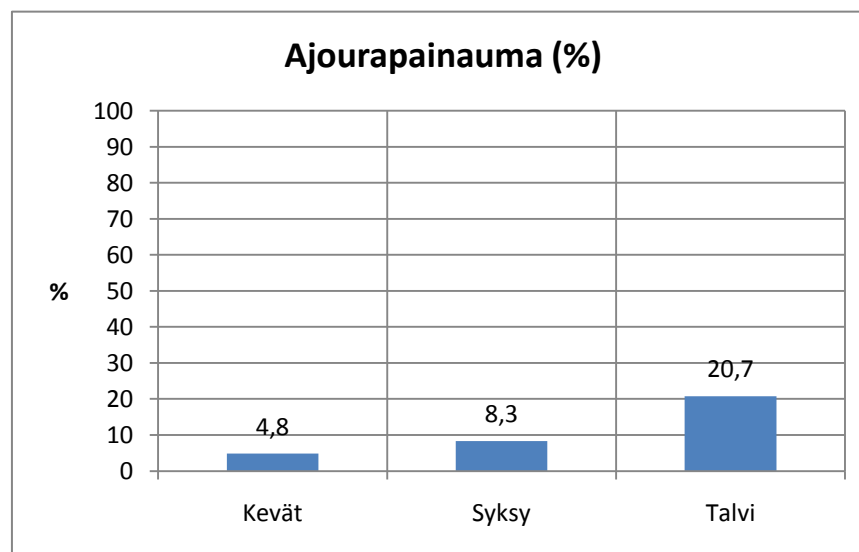


Kuva 16. Ajouravälien keskiarvot eriteltyinä hakkuuajan mukaan



Kuva 17. Ajouraleveyksien keskiarvot eriteltyinä hakkuuajan perusteella

Kuvassa 17 on esitetty keskimääräiset ajouraleveydet eriteltyinä hakkuuajan mukaan. Tulokset ovat tasaisia keskenään ja suuria eroja ei ole. Syksyn aikana harvennettujen kuvioiden ajourat ovat leveimmät, ja niiden keskimääräinen tulos on noin 45 desimetriä. Kevätkuukausina harvennettujen kuvioiden ajouraleveydet ovat kaapeimmat ja tulosten keskiarvo noin 43 desimetriä. Tulosten vaihteluväli on vain 1,8 desimetriä.



Kuva 18. Ajourapainauskeskimääräiset prosenttiosuudet hakkuuajan mukaan eriteltyinä

Kuvasta 18 käyvät ilmi syntyneen ajourapainauskeskimääräiset prosenttiosuudet kuvioiden ajourien pituuksista eriteltyinä hakkuuajan perusteella. Talvikuukausien aikana harvennetuilla kohteilla on syntynyt eniten ajourapainauskeskimääräistä, sillä noin 21 prosenttia ajourilta mitattujen mittausjaksojen pituuksista on painunut. Vähiten painauskeskimääräistä on keväällä aikana harvennetuilla kohteilla. Kevätkuukausina harvennetuilla kuvioiden ajourilla on syntynyt painauskeskimääräinen noin 5 prosenttia ajourien pituudesta.

### 4.3 Urakoitsijat

Tutkimuksen päätavoitteena on tarkastella korjuujäljen laatua yleisesti Lohikosken alueella. Lisäksi samaa mitattua aineistoa hyödynnetään tarkastelemalla sitä eriteltyinä metsäkoneurakoitsijoiden mukaan. Otantajoukkoon kuuluvat kuviot ovat



kolmen eri urakoitsijan tekemiä, ja niistä käytetään tutkimuksessa nimityksiä A, B ja C. Urakoitsija A on harventanut otantajoukon kuvioista kaksi, urakoitsija B kaksitoista ja urakoitsija C kahdeksan kuviota. Molemmat urakoitsija A:n kuvioista kuuluvat männiköihin. Urakoitsija B:n kuvioista viisi on kuusikoita ja seitsemän männiköitä. Urakoitsija C on harventanut kolme kuusikkokuviota ja viisi männikkökuviota.

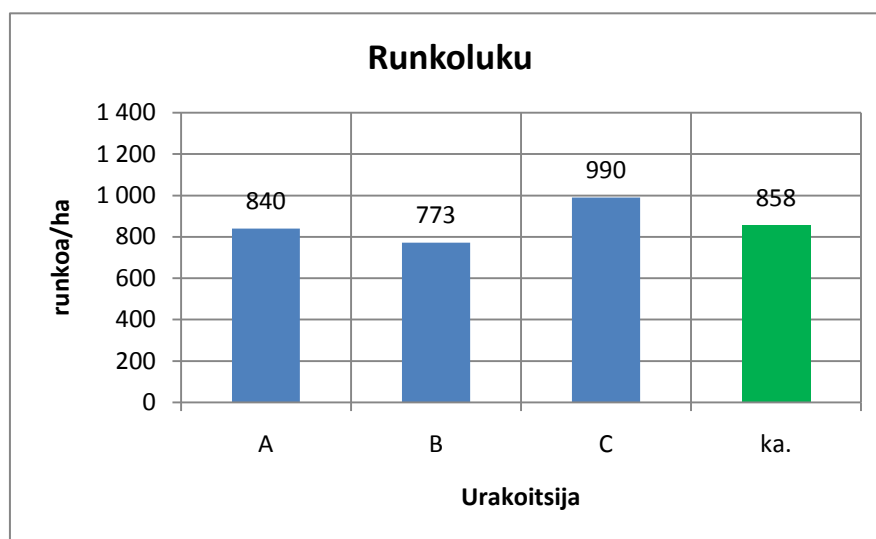
A:n molemmat kuviot on harvennettu talvella. B:n kuvioista kuudella harvennus on suoritettu talvella, neljällä syksyllä ja kahdella kuviolla keväällä. C:n kohteista viisi on harvennettu keväällä, yksi syksyllä ja kaksi kuviota talvella. Tämän jaottelun perusteet on esitelty hakkuu-aikaan perustuvaa erittelyä käsittelevän luvun 4.2 alussa. Otantajoukon kuviot ovat puustoltaan riittävän samanlaisia, jotta urakoitsijoita voidaan vertailla.

Jokaisen kuvaajan neljäs pylväs toimii vertailukohtana ja ilmaisee kulloinkin esiteltävän tutkimuskohteen koko mitatun aineiston tuloksista lasketun keskiarvon. Kuvaajissa oikealla oleva keskiarvopylväs ei siis ilmaise urakoitsijoiden tuloksien keskiarvoa.

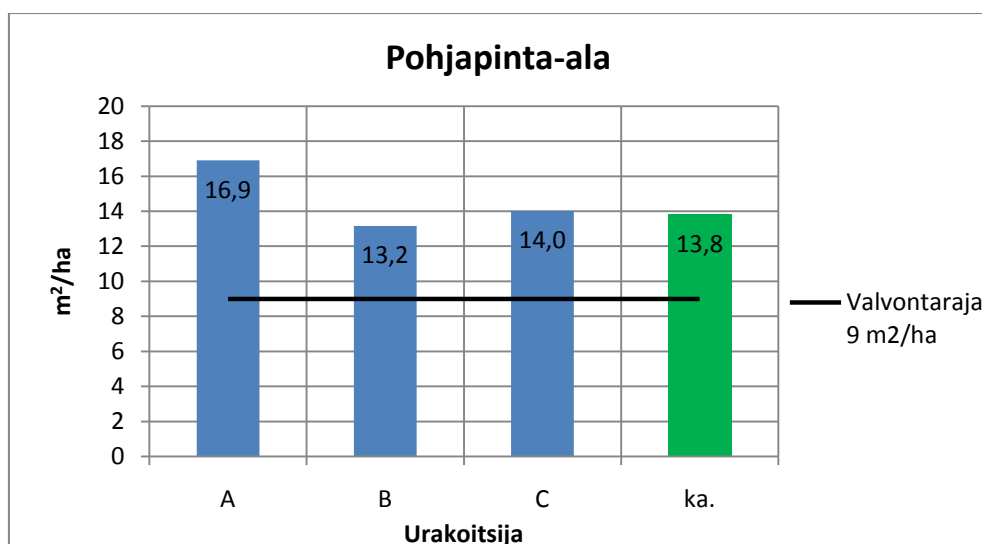
Urakoitsijoiden tuloksia tarkasteltaessa on huomattava se, että urakoitsija A:n tulokset perustuvat vain kahdelta kuviolta mitattuihin tietoihin, joten tulokset eivät anna kovinkaan luotettavasti tietoa A:n korjuujäljen laadusta.

#### 4.3.1 Harvennusvoimakkuus

Kuvasta 19 selviävät keskimääräiset runkoluvut eriteltyinä urakoitsijoiden perusteella. Keskimäärin suurimmat runkoluvut ovat urakoitsija C:n harventamilla kohteilla ja pienimmät vastaavasti urakoitsija B:n harventamilla kuvioilla. C:n tulos on 990 runkoa hehtaarilla ja B:n noin 770 runkoa hehtaarilla. Runkolukutulosten vaihteluväli on 217 runkoa hehtaarilla.

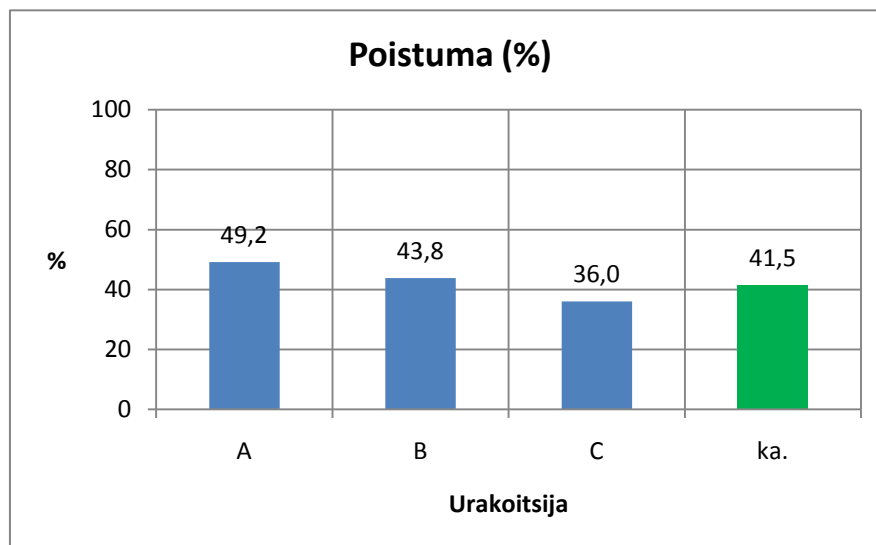


Kuva 19. Hehtaarikohtaiset runkoluvut eriteltyinä urakoitsijoiden mukaan



Kuva 20. Pohjapinta-alojen keskiarvot urakoitsijoiden perusteella eriteltyinä

Kuvassa 20 on esitetty keskimääräiset pohjapinta-alat urakoitsijoiden mukaan jaoteltuna. Kuvaajassa näkyy myös metsälaiissa määrätyn valvontarajan taso, jonka yläpuolella pohjapinta-alamatulosten pitää olla, jotta lain asettama tiheysvaatimus täyttyy. Kyseinen valvontaraja on 9 neliometriä hehtaarilla. Suurin pohjapinta-ala on urakoitsija A:n harventamalla kuvioilla, joiden tulos on noin 17 neliometriä hehtaarilla. Pienin tulos on urakoitsija B:n harventamalla leimikoilla, joiden pohjapinta-ala on noin 13 neliometriä hehtaarilla. Tulosten vaihteluväli on 3,7 neliometriä hehtaarilla

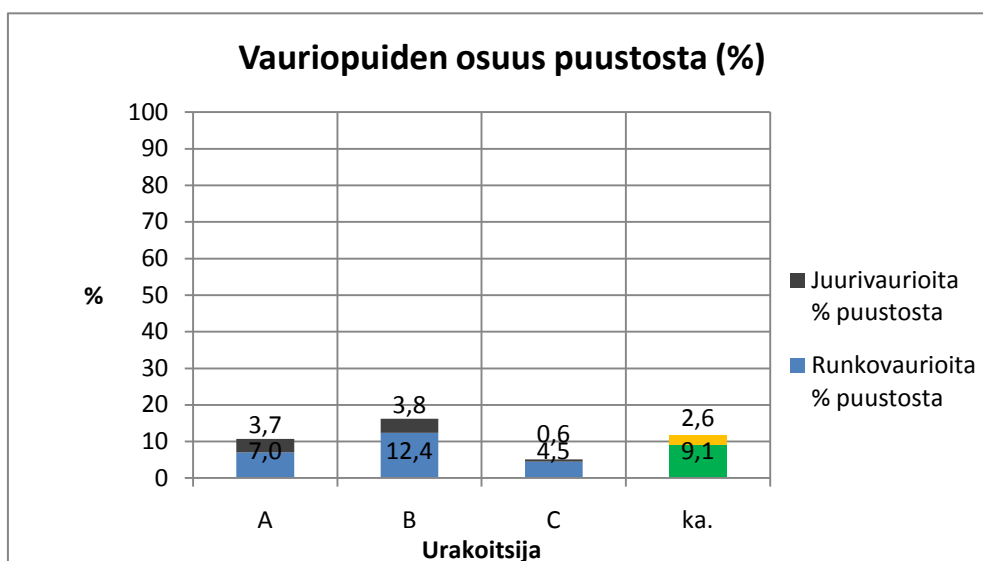


Kuva 21. Runkoluvun perusteella lasketut keskimääräiset poistumaprosentit urakoitsijoiden mukaan eriteltyinä

Kuvasta 21 käyvät ilmi runkoluvun perusteella lasketut poistumaprosentit urakoitsijoiden mukaan jaoteltuina. Urakoitsija A:n harventamien kohteiden keskimääräinen poistumaprosentti on noin 49 prosenttia, joka on suurin vertailtaessa urakoitsijoita toisiinsa. Pienin poistumaosuus on 36 prosenttia, joka on urakoitsija C:n tulosten keskiarvo. Urakoitsijoiden A ja B tulokset ovat poistumaprosenttiltaan koko mitatun aineiston keskiarvoa suurempia.

#### 4.3.2 Puustovauriot

Kuva 22 on tutkimuksen tärkeimpiä urakoitsijoita koskevia kuvaajia. Kuvaajasta käy ilmi vaurioituneiden puiden prosenttiosuus koko kuvion puustosta harvennuksen jälkeen. Kuvaaja osoittaa runko- ja juurivauriopuiden yhteenlasketun prosenttiosuuden kuvioiden puustosta eli sen, kuinka virheetöntä työtä hakkuu- ja ajokoneenkuljettajat ovat tehneet.



Kuva 22. Vaurioituneiden puiden prosenttiosuudet eriteltyinä urakoitsijoiden perusteella

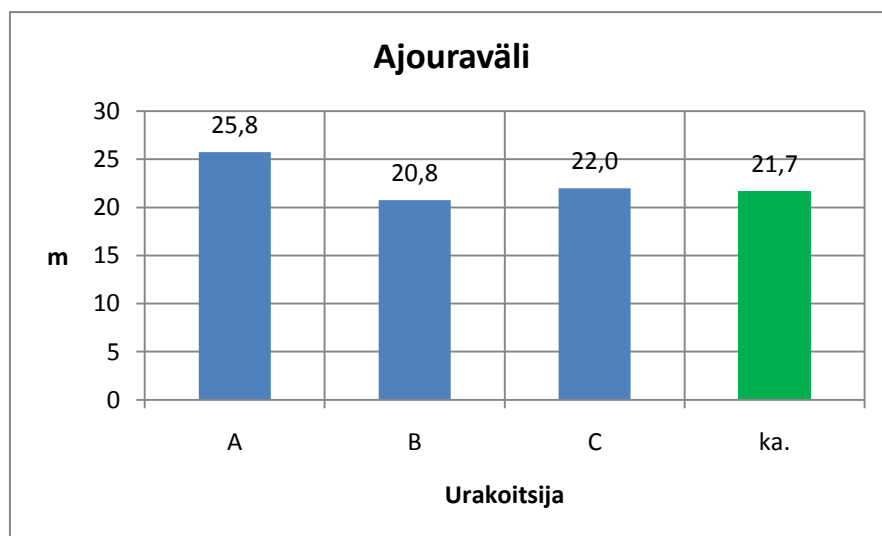
Eniten runkovaurioita on aiheuttanut urakoitsija B, jonka tulos on 12,4 prosenttia. Vähiten runkovaurioita on syntynyt urakoitsija C:n harventamalla kuvioilla, joilla 4,5 prosenttia jääneestä puustosta on vaurioitunut. Urakoitsijoiden A ja C tulokset ovat kaikkien kuvioiden tuloksista laskettua otannan keskiarvoa pienempiä.

Runkovaurioiden tavoin eniten juurivaurioita on aiheuttanut urakoitsija B, jonka harventamalla leimikoilla juurivaurioiden osuus on 3,8 prosenttia. Vähiten juurivaurioita on syntynyt urakoitsija C:n harventamalla kuvioilla, joilla vain 0,6 prosenttia jääneen puuston juuristosta on vaurioitunut. Ainoastaan C:n tulos alittaa kaikkien kuvioiden tuloksista lasketun otantajoukon keskiarvon.

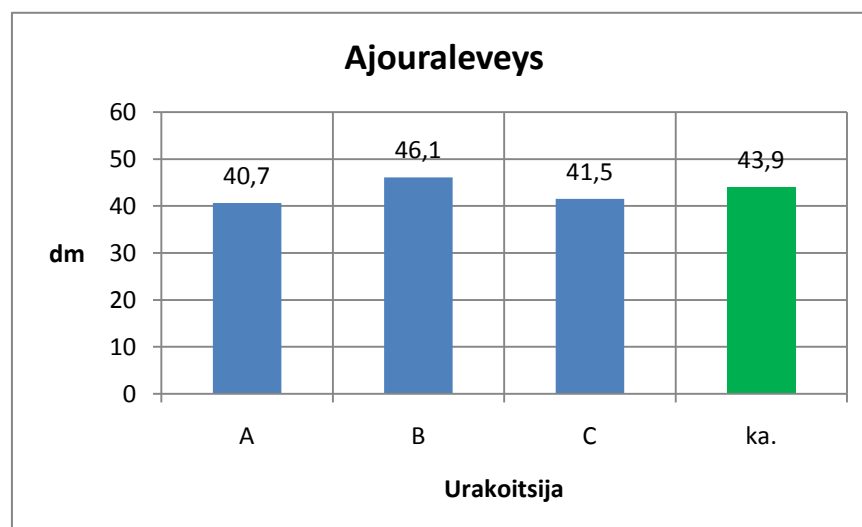
Runko- ja juurivaurioiden yhteenlaskettujen osuuksien mukaan urakoitsija B:n tulos on kaikista suurin, sillä 16,2 prosenttia B:n harventamien kuvioiden puustosta on vaurioitunut. Urakoitsija C:n tulos on pienin, sillä vain 5,1 prosentissa C:n harventamien kuvioiden puustosta on vaurio. C:n lisäksi myös A:n tulos, 10,7 prosenttia, jää puustovaurioiltaan pienemmäksi kuin koko inventoidun otantajoukon yhteinen keskiarvo 11,7 prosenttia, mikä käy ilmi kuvan 22 neljännestä pylvästä.

### 4.3.3 Ajourat

Kuvassa 23 on esitetty keskimääräiset ajouravälit jaoteltuina urakoitsijoiden mukaan. Urakoitsija B:n tulosten keskiarvo on noin 21 metriä, ja se on ainoa tulos, joka jää pienemmäksi kuin koko otantajoukon yhteinen ajouravälien keskiarvo neljännessä pylväässä. Suurimmat ajouravälit ovat urakoitsija A:lla, jonka tulosten keskiarvo on noin 26 metriä. Tulosten vaihteluväli on 5,0 metriä.

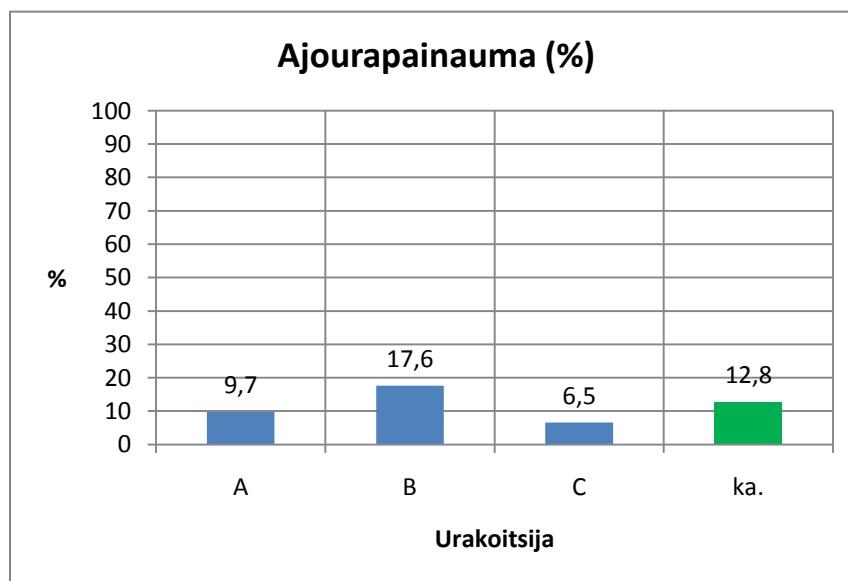


Kuva 23. Ajouravälien keskiarvot urakoitsijoiden mukaan eriteltyinä



Kuva 24. Ajouraleveyksien keskiarvot urakoitsijoiden perusteella eriteltyinä

Kuva 24 ilmaisee keskimääräiset ajouraleveydet eriteltyinä urakoitsijoiden mukaan. Leveimmät ajourat on tehnyt urakoitsija B, jonka tulosten keskiarvo on noin 46 desimetriä. Kapeimmat ajourat ovat urakoitsija A:n harventamalla kuvioilla, joissa ajourat ovat keskimäärin noin 41 desimetriä leveitä. Tulosten vaihteluväli on 5,4 desimetriä.



Kuva 25. Ajourapainaumien prosenttiosuudet eriteltyinä urakoitsijoiden mukaan

Kuvasta 25 käyvät ilmi urakoitsijoiden väliset erot ajourapainauksen määrässä prosenteissa ilmaistuna. Urakoitsija B:n tulos, noin 18 prosenttia painauma mittaustaksoa kohden, on huomattavasti suurempi kuin muiden urakoitsijoiden tulokset. B:n tulos on suurin, ja ainoa otantajoukon keskiarvon ylittävä tulos. Urakoitsija A:n tulos on noin 10 prosenttia, ja C:n tulos, alle 7 prosenttia painauma, on kaikista pienin. Urakoitsija B:n ajourapainauksen osuus on hieman alle 12 prosenttia, mikäli se lasketaan ilman poikkeuksellisen suuren painaumaosuuden sisältävän kuvion 19 tulosta. Siitä huolimatta B:n painaumaosuus jää joukon suurimmaksi.

## 5 TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimusmenetelmän mukaisesti mitatut yksittäisen kuvion puusto- ja ajouratunnukset ovat tarkkoja ja luotettavia. Puuston tarkan vaurioprocentin selvittäminen edellyttää, että kuvio inventoitaisiin muodostamalla keskilinjan suuntainen ja tasavälinen koealaverkosto. Tarkan vaurioprocentin selvittäminen ei kuulu toimeksiantajan vaatimuksiin, joten keskilinjalta mitattujen koealojen tulokset riittävät. Kaikkien kuvioiden korjuun laatuvaatimukset ovat samat, joten tulokset ovat keskenään vertailukelpoisia (Äijälä 2003, 4).

Männiköiden ja kuusikoiden tulosten keskiarvojen välistä luotettavuutta on tutkittu t-testin avulla. T-testi on suoritettu kaikkien kahdeksan tutkimustuloksissa esitellyn suureen tuloksista. Hakkuuajan ja urakoitsijoiden mukaan tehdyissä erittelyissä samoista tuloksista on tehty varianssianalyysit otosten keskiarvojen erojen selvittämiseksi. Näiden tilastollisten testien tulokset on esitetty jokaisen tutkitun suureen käsittelyn lopussa. Taulukoissa 2 – 9 on esitetty hakkuu aikaan perustuvan erittelyn tuloksista tehtyjen varianssianalyysien tulokset, ja taulukoissa 10 – 17 on esitelty urakoitsijoihin perustuvan erittelyn tuloksista tehtyjen varianssianalyysien tulokset. T-testin ja varianssianalyysien soveltaminen tutkimukseen ja niiden suoritustapa on kuvattu tämän luvun lopussa.

### 5.1 Koko aineisto

#### 5.1.1 Harvennusvoimakkuus

Ensiharvennuksen jälkeinen tavoiterunkoluku on Etelä-Suomen nuorissa kasvatusmetsissä 900 – 1 000 runkoa hehtaarilla sekä männiköissä että kuusikoissa. Kyseinen tavoite koskee keskipituudeltaan 13 – 15-metrisiä tuoreen- ja kuivahkon kankaan männiköitä sekä 12 – 16-metrisiä lehtomaisen ja tuoreen kankaan kuusikoita. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2006, 93.)

Verrattaessa männiköiden runkolukutuloksia Tapion suositukseen 900 – 1 000 rungon tavoitetiheydestä harvennuksen jälkeen huomataan, että vain kolmen kuvion tu-

lokset ovat tavoiterajojen sisällä. Kahden kuvion tulokset jäävät niiden yläpuolelle ja yhdeksän kuvion tulokset sijoittuvat tavoitetason alapuolelle.

Kuusikoiden keskimääräinen runkoluku vastaa koko aineiston ja männiköiden tuloiksiin verrattuna parhaiten Tapion suosittelemaa 900 – 1 000 rungon hehtaari tiheyttä. Tämä on hämäävää, sillä vain yhden kuusikkokuvion tulos asettuu mainitulle tavoitevälille. Kolmen kuvion runkoluvut jäävät tavoitteen yläpuolelle ja neljän alapuolelle.

Runkoluvuissa on suuria eroja kuvioiden välillä, sillä tulosten vaihteluväli on peräti 691 runkoa. Keskiarvon perusteella tarkasteltuna runkoluvut ovat suhteellisen lähellä suositustasoa, mutta jäävät niiden alapuolelle. Kuvioita on siis harvennettu liikaa. Vain neljän kuvion runkoluku on Tapion asettaman tavoitteen sisällä ja viiden kuvion runkoluku jää sen yläpuolelle. Kolmentoista kuvion runkoluku on suositusta pienempi. Otantajoukon puusto on keskipituudeltaan hieman pidempää, ja siten myös järeämpää, verrattuna Tapion tavoiterunkoluvun määrittelyssä käyttämiin pituuksiin. Tämä selittää osaltaan sitä, että monen kuvion runkoluku jää suosituksen mukaisesta 900 – 1 000 rungon tasosta.

Korjuun lainmukaisuutta tarkasteltaessa on syytä muistaa, että metsälaissa jäävän puuston tiheydelle määritellyn minimitaso, niin sanotun lakirajan, pitää täytyä silloinkin, kun vaurioituneiden puiden osuus vähennetään jäävän puuston runkoluvusta. Männiköiden runkoluku vaurioituneiden puiden osuuden vähentämisen jälkeen on noin 720 runkoa hehtaarilla ja kuusikoiden vastaavasti noin 820 runkoa hehtaarilla. Aineiston keskiarvoksi saadaan näin laskien noin 760 runkoa hehtaarilla. Nämä tulokset huomioiden kuvioiden runkoluvut jäävät vielä kauemmaksi suositustasosta.

Metsähallituksen harvennushakkuiden jäävän puuston tiheystavoitteet ovat yhtenevät Tapion hyvän metsänhoidon suositusten harvennusmallien kanssa. Pohjapintaalojen mukaan tarkasteltuna harvennusmalleissa määritetyn tavoitetason täyttää vain neljä männikkökuviota ja muut kymmenen kuviota jäävät pohjapinta-aloiltaan tavoitteen alapuolelle. Valtaosa männikkökuvioista on harvennettu liikaa.



Kuusikoiden pohjapinta-alat täyttävät männiköitä paremmin harvennussmalleissa esitetyt tavoitteet. Niiden harvennukset ovat onnistuneet paremmin huolimatta siitä, että vain kolmen kuvion pohjapinta-alat asettuvat harvennussmalleissa määritetylle tasolle. Tämä voidaan perustella siten, että valtaosa kaikkien mitattujen kuvioiden pohjapinta-aloista on harvennussmallien määrittämän tavoitetason alapuolella, mutta kuusikoissa pohjapinta-ala on männiköitä suurempi ja siten lähempänä tavoitetasoa. Viiden kuvion tulokset jäävät hieman harvennussmallin osoittaman tavoitetason alapuolelle.

Kasvatettavan puuston tavoitetason pohjapinta-alana ilmaisevien harvennussmallien mukaan tarkasteltuna otantajoukkoon kuuluvista tuoreen kankaan kuvioista vain kolme kuviota asettuu tavoitteen mukaiselle tasolle. Vastaavasti kuivahkon kankaan kuvioista neljä on pohjapinta-alaltaan tavoitteen mukaisella tasolla. Kuivaa kangasta edustavista kuvioista kaikki kolme jäävät tavoitetason alapuolelle. Tulosten perusteella peräti viisitoista kuviota otantajoukosta on siis harvennettu liian voimakkaasti. Yksittäisten kuvioiden tulokset sekä koko otantajoukon keskiarvo osoittavat, että kuvioiden pohjapinta-alat sijoittuvat tasaisesti lähelle harvennussmalleissa määriteltyjen tavoitetasojen alarajoja eikä hälyttävän suuria alituksia ole tapahtunut. Pääosin tulokset ovat 1 – 2 neliometriä hehtaarilla harvennussmallien asettamien tavoitevälien alarajoja pienempiä. Koska Metsähallitus käyttää Tapion harvennussmalleja, suositusrajan alitus ei ole tavoitteellinen, vaan seurausta liian voimakkaasta harvennuksesta.

Maa- ja metsätalousministeriön asetuksen mukainen kasvamaan jätettävän puuston vähimmäismäärä ensiharvennuskokoisessa metsikössä Etelä-Suomessa on pohjapinta-alalta yhdeksän neliometriä hehtaarilla, joten harvennusten jälkeinen tiheys on kuitenkin valvontarajan yläpuolella jokaisella mitatulla kuviolla (Metsälaki 1996/1093).

Runkolukujen ja pohjapinta-alojen tuloksissa olevista huomattavista eroista huolimatta runkolukujen perusteella lasketut poistumaprosentit osoittavat, että harvennuksissa on poistettu suhteellisen tasainen määrä puustoa sekä männiköissä että kuusikoissa.

Männiköiden ja kuusikoiden otosjoukkojen runkoluvun ja pohjapinta-alan tulosten keskiarvojen eroja on testattu t-testin avulla. Testeissä käytetyt hypoteesit ovat,  $H_0$  = keskiarvot eivät eroa perusjoukossa ja  $H_1$  = keskiarvot eroavat perusjoukossa. Käytetty merkitsevyystaso on  $p < 0,05$ .

T-testin tulokset on esitetty seuraavassa.

Runkoluku:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |-1,394| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |-1,394| < 2,086 \Rightarrow 1,394 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

Pohjapinta-ala:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |-1,960| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |-1,960| < 2,086 \Rightarrow 1,960 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

$H_0$  hyväksytään molemmissa tapauksissa ja voidaan tehdä johtopäätös, että keskiarvot eivät eroa perusjoukossa kummassakaan tapauksessa.

### 5.1.2 Puustovauriot

Puustovaurioita sallitaan suositusten mukaan yhteensä neljässä prosentissa kasvatettavaksi jätettyä puustoa. Sekä männiköiden että kuusikoiden tulosten mukaan jo pelkästään runkovaurioiden määrä on sertifiointiin edellyttämää neljän prosentin puustovaurio-osuutta suurempi. Aineiston runkovaurioprosenttien keskiarvo on noin 9 prosenttia, joten suositustaso ei täyty ja runkovaurioita on pyrittävä vähentämään huomattavasti jatkossa.

Männiköiden juurivauriotulokset ovat parempia runkovaurioihin verrattuna, mutta tästä huolimatta neljällä kuviolla pelkästään juurivaurioita on syntynyt yli tavoitellun neljän prosentin tason. Kuusikoissa korjuujäljen laatu on juurivaurioiden kannalta hyvä ja korjuussa on onnistuttu välttämään niitä leudoista talvista huolimatta. Juurivaurio-osuuden keskiarvo jää kuusikoissa reilusti tavoitetason alapuolelle. To-

sin sertifiointin edellyttämä alle neljän prosentin tavoitetaso sisältää sekä runko- että juurivauriot yhteenlaskettuna. Kuusikoiden kasvupaikat ovat tyypillisesti männiköiden vastaavia rehevämpiä ja siten alttiimpia juurivaurioille, mutta tässä tapauksessa männiköissä on syntynyt enemmän juurivaurioita.

Juurivaurioiden tilanne on parempi kuin runkovaurioiden, mutta runkovaurioita tulisi olla yhtä vähän, jotta päästäisiin lähelle suositusten mukaista neljän prosentin puustovaurio-osuutta. Juurivaurioiden pienempi määrä selittyy osittain sillä, että suuri osa otantajoukon kuvioista on harvennettu talviaikaan maan ollessa jäässä. Tosin sekä vuosina 2007 että 2008 talvet olivat hyvin leutoja ja maan jäätyminen ja maanpintaa suojaavan lumen määrä vähäisiä.

Tarkasteltaessa runko- ja juurivaurioita yhteenlaskettuna vain neljän kuvion tulokset täyttävät sertifioiduille metsille asetetun tavoitteen alle neljän prosentin puustovaurio-osuudesta. Korjuujäljen laadussa on huomattavasti parannettavaa puustovaurioiden määrässä, sillä tulosten mukaan useampi kuin joka kymmenes puu on vaurioitunut.

Puustovaurioiden yhteenlaskettu osuus on sekä männiköissä että kuusikoissa, ja luonnollisesti myös koko aineistossa, aivan samalla tasolla. Vaurioprocenttia pitäisi pystyä pienentämään reilusti nykyisestä noin 12 prosentista, jotta metsäsertifiointin asettama vaatimustaso täytyisi. Myös valtakunnalliseen keskiarvoon verrattuna, joka on noin kolme prosenttia, tulos on korkea. Puustovaurioiden yhteenlasketussa osuudessa ei ole eroa männiköiden ja kuusikoiden välillä, mutta kuusikoissa on syntynyt huomattavasti vähemmän juurivaurioita ja vastaavasti enemmän runkovaurioita kuin männiköissä. Vaurioiden yhteenlaskettu osuus on siis samalla, suositukseen nähden liian korkealla tasolla, mutta niiden jakautumisessa runko- ja juurivaurioihin on eroa puulajin mukaan.

Männiköiden ja kuusikoiden otosjoukkojen runko- ja juurivaurioprocentin sekä puustovaurio-osuuksien yhteenlaskettujen tulosten keskiarvojen eroja on testattu t-testin avulla. Testeissä käytetyt hypoteesit ovat,  $H_0$  = keskiarvot eivät eroa perus-

joukossa ja  $H_1$  = keskiarvot eroavat perusjoukossa. Käytetty merkitsevyystaso on  $p < 0,05$ .

T-testin tulokset on esitetty seuraavassa.

Runkovaurioprocentti:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |-0,608| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |-0,608| < 2,086 \Rightarrow 0,608 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

Juurivaurioprocentti:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |0,969| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |0,969| < 2,086 \Rightarrow 0,969 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

Puustovaurio-osuudet yhteensä:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |-0,010| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |-0,010| < 2,086 \Rightarrow 0,010 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

$H_0$  hyväksytään kaikissa tapauksissa ja voidaan tehdä johtopäätös, että keskiarvot eivät eroa perusjoukossa yhdessäkään tapauksessa.

### 5.1.3 Ajourat

Ajouravälien tulokset vastaavat hyvin suositusta huolimatta siitä, että seitsemän kuvion tulos jääkin hieman alle tavoitteena olevan 20 metrin rajan. Kolmen kuvion ajouravälien keskiarvo jää alle 18 metrin. Tulosten perusteella kuusikoiden ajouravälejä pitäisi kasvattaa, jotta tavoitteena oleva 20 metrin raja täyttyisi. Männiköissä tilanne on parempi.

Männiköiden ajouraleveydet täyttävät hyvin suosituksen, sillä yhdeksän kuvion tulos asettuu tavoitteen mukaiselle 40,0 – 45,0 desimetrin välille ja yksi kuvio sen alapuolelle. Neljän kuvion tulos on suurempi kuin 45,0 desimetriä, eli niille katsotaan aiheutuvan jonkin verran kasvutappiota.

Kuusikkokuvioiden tuloksista puolet ylittää tavoitelevyden ylärajana olevan 45,0 desimetrin rajan, ja siten kuusikoiden ajouraleveydet ovat männiköiden vastaavia huonompia suositukseen nähden. Kasvutappioiden välttämiseksi keskimääräistä ajouraleveyttä pitäisi pyrkiä kaventamaan.

Kokonaisuutena ajouraleveydet vastaavat melko hyvin suosituksia, sillä kolmen-toista kuvion ajouraleveydet asettuvat tavoitteen mukaiselle 40,0:n ja 45,0 desimetrin välille ja yhden kuvion tulos on alle 40,0 desimetriä. Kahdeksalla kuviolla keskimääräinen ajouraleveys on yli 45,0 desimetrin, minkä katsotaan aiheuttavan kasvutappioita.

Ajourapinauman prosentiosuuksien tulokset ovat männiköissä huomattavasti koko tutkitun aineiston yhteisen keskiarvon alapuolella ja siten paljon lähempänä sertifioituille metsille asetettua neljän prosentin tavoitteellista ajourapinaumaosuutta. Kuusikoiden painamatulokset ovat huomattavasti heikompia.

Kuusikoiden tulokseen vaikuttaa merkittävästi kuvio 19, jolle syntyneen ajourapinauman määrä on poikkeuksellinen, sillä noin 84 prosenttia kyseiseltä kuviolta mitatuista ajourista sisältää palautumatonta ajourapinaumaa. Tämä kertoo siitä, että hakkuun ajoitus on epäonnistunut eikä maa ole kestänyt puunkorjuussa siihen kohdistunutta kuormitusta. Kuvio on harvennettu joulukuussa 2008, joten normaaliolosuhteissa maan olisi pitänyt olla tuolloin jo jäätynyt ja kantaa korjuukalusto. Kyseisellä kuviolla on myös runsaasti korkeuseroja ja maanpinta on paikoin kallioinen, mutta sekään ei ole estänyt poikkeuksellisen suurten ajourapinaumien syntymistä.

Kokonaisuutena ajourapinaumatulokset eivät täytä metsäsertifioinnin tavoitteen mukaista alle neljän prosentin painaumaosuutta ajourien pituudesta. Vain viiden kuvion tulos on alle suositellun tason. Mikäli ajourapinaumien keskiarvo lasketaan ilman kuvion 19 poikkeuksellisen suurta tulosta, keskiarvo on hieman alle 10 prosenttia painaumaa. Siitä huolimatta painaumia on syntynyt enemmän kuin suosituksissa on määritelty. Jotta suosituksen mukaiseen alle neljän prosentin ajoura-

painaumaosuuteen päästäisiin, pitäisi mittausjaksoilta mitattujen painaumien keskiarvon jäädä alle 1,2 metrin.

Ajourapainamatuloksia tarkasteltaessa on syytä huomioida, että lähes puolet otantajoukon kuvioista on harvennettu talvikuukausien aikana. Vuosina 2007 ja 2008 talvet olivat poikkeuksellisen leutoja eikä maa päässyt jäätymään kunnolla ja sitä suojaava lumikerros oli ohut.

Tyypillisesti männiköiden kasvupaikat ovat karumpia ja siten vähemmän alttiita ajourapainauksen syntymiselle kuin kuusikoiden rehevämät kasvupaikat. Tämä selittää osaltaan sen, että kuusikoissa on syntynyt enemmän painaumia kuin männiköissä. Tutkimuksen tuloksista voidaan kuitenkin huomata, että juurivaurioiden osuus on kuusikoissa pienempi kuin männiköissä, joten ajourapainauksen syntyminen ei välttämättä aina tarkoita suurempaa juurivaurioiden osuutta. Tietysti niiden syntymisen riski on joka tapauksessa suurempi.

Männiköiden ja kuusikoiden otosjoukkojen ajouravälin, ajouraleveyden ja ajourapainauksen tulosten keskiarvojen eroja on testattu t-testin avulla. Testeissä käytetyt hypoteesit ovat,  $H_0$  = keskiarvot eivät eroa perusjoukossa ja  $H_1$  = keskiarvot eroavat perusjoukossa. Käytetty merkitsevyystaso on  $p < 0,05$ .

T-testin tulokset on esitetty seuraavassa.

Ajouraväli:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |1,285| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |1,285| < 2,086 \Rightarrow 1,285 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

Ajouraleveys:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |-1,388| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |-1,388| < 2,086 \Rightarrow 1,388 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

Ajourapainuma:

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \Rightarrow |-2,020| < t_{0,05(20)} \Rightarrow |-2,020| < 2,086 \Rightarrow$$

$$2,020 < 2,086 \Rightarrow H_0 \text{ hyväksytään}$$

$H_0$  hyväksytään kaikissa tapauksissa ja voidaan tehdä johtopäätös, että keskiarvot eivät eroa perusjoukossa yhdessäkään tapauksessa.

Puulajien mukaisen erittelyn otoksista tehtyjen t-testien tulosten perusteella päädytään johtopäätökseen, että männiköiden ja kuusikoiden keskiarvotulosten ero ei osoittaudu tilastollisesti merkitseväksi. Näiden otosten perusteella voidaan olettaa, että männiköiden ja kuusikoiden mitatut keskiarvot eivät eroa toisistaan perusjoukossa yhdessäkään kahdeksasta tutkitusta tapauksesta (Mauranen & Puntila 1995).

## 5.2 Hakkuu aika

### 5.2.1 Harvennusvoimakkuus

Runkolukujen mukaan tarkasteltuna kevään ja talven aikana harvennetut kohteet vastaavat parhaiten Tapion suositusta 900 – 1 000 rungton hehtaaritiheydestä. Sen sijaan syksyn aikana harvennetuilla leimikoilla harvennusvoimakkuus on ollut suositustasoon nähden liian suuri.

Pohjapinta-alatulokset vastaavat hyvin runkolukujen tuloksia talvi- ja kevätkuukausina harvennettujen leimikoiden ollessa lähempänä harvennusmalleissa määriteltyä tavoitetasoa ja syksyn aikana tehtyjen kohteiden edustaessa heikointa tasoa. Metsähallituksen käyttämien, Tapion hyvän metsänhoidon suositusten harvennusmallien mukaan tarkasteltuna kaikki pohjapinta-alatulokset jäivät tavoitearvoista, joten harvennuksissa on poistettu liikaa puustoa.

Syyskuukausina suoritettujen harvennusten pienemmästä poistumaprosentista, yhdessä niiden pienimmän runkoluvun ja pohjapinta-alan kanssa, on pääteltävissä, että kyseisten kuvioiden lähtöpuusto on ollut joukon vähälukuisin. Tätä tukee myös

koaloilta luettujen kantojen ja runkolukujen summien tarkastelu. Hakkuuaika ei tulosten perusteella näytä vaikuttaneen harvennuksen jälkeiseen puuston tiheyteen, joten korjuun poistuma on tasaista hakkuuajasta riippumatta.

Runkolukujen ja pohjapinta-alojen otosjoukoista tehtyjen varianssianalyysien tulokset on esitetty taulukoissa 2 ja 3.

Taulukko 2. Runkolukujen otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	64 803	32 401,50	0,865	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	712 822	37 516,95		
Kokonais-	21	777 625			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 0,865) \Rightarrow P(3,52 \geq 0,865)$$

Taulukko 3. Pohjapinta-alojen otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	18,528	9,264	1,851	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	95,110	5,006		
Kokonais-	21	113,638			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 1,851) \Rightarrow P(3,52 \geq 1,851)$$



### 5.2.2 Puustovauriot

Jokaisen vuodenajan tulokset jäävät sertifioituille metsille asetetusta alle neljän prosentin puustovauriotavoitteesta jo pelkästään runkovaurioiden osuuksia tarkastelemalla. Tulosten eroista huolimatta hakkuuajalla ei juuri näytä olevan vaikutusta runkovaurioiden määrään.

Kuten tutkimustulosten aiemmassa erittelyssä on jo käynyt ilmi, juurivaurioita on syntynyt runkovaurioita vähemmän, ja niiltä osin korjuun laatu on lähempänä asetettuja tavoitteita ja siten onnistunut paremmin. Kevät- ja talvileimikoiden tulokset jäävät alle tavoitellun neljän prosentin tason, mutta on syytä muistaa, että tavoite koskee runko- ja juurivaurioita yhteenlaskettuna. Juurivaurioiden määrän voisi olettaa olevan pienin talven aikana korjatuilla leimikoilla, mutta ilmeisesti leutojen talvien vuoksi roudan ja lumen suojaava vaikutus oli normaalia vähäisempi eikä talven vaikutus näy tuloksissa.

Kokonaisuutena hakkuuajalla ei näytä olevan suurta merkitystä puustovaurioiden määrään, vaikka tuloksissa eroja onkin. Osasyynä syksyn ja talven aikana tehtyjen hakkuiden suurempiin puustovaurio-osuuksiin on varmaankin vuodenajasta johtuva pimeän ja hämärän aiheuttaman työvaikeustekijän lisääntyminen.

Runkovaurioiden, juurivaurioiden ja puustovaurioiden yhteenlaskettujen osuuksien otosjoukoista tehtyjen varianssianalyysien tulokset on esitetty taulukoissa 4, 5 ja 6.

Taulukko 4. Runkovaurioiden otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	42,979	21,490	0,778	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	524,593	27,610		
Kokonais	21	567,572			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 0,778) \Rightarrow P(3,52 \geq 0,778)$$

Taulukko 5. Juurivaurioiden otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	47,249	23,625	2,554	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	175,772	9,251		
Kokonais-	21	223,021			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 2,554) \Rightarrow P(3,52 \geq 2,554)$$

Taulukko 6. Puustovaurioiden yhteenlaskettujen osuuksien otosjoukosta tehdyn varianssianalyysin tulokset.

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	177,745	88,873	2,169	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	778,655	40,982		
Kokonais-	21	956,400			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 2,169) \Rightarrow P(3,52 \geq 2,169)$$

### 5.2.3 Ajourat

Kevään ja talven leimikoiden tulokset vastaavat hyvin suositusta yli 20 metrin ajouravälistä. Syksyn aikana harvennettujen kuvioiden keskiarvotulos jää noin metrin tavoitteesta. Hakkuuajalla ei ole merkittävää vaikutusta ajouraväliin, vaikkakin tulosten mukaan olisi mahdollista päätellä myös toisin. Tulosten perusteella hakkuuajalla ei ole vaikutusta myöskään ajouraleveyteen, sillä kaikkien vuodenaikojen tulosten keskiarvot asettuvat suosituksen mukaiselle 40,0 – 45,0 desimetrin tavoitevälille.

Talvikohteiden suurin ajourapainaumatulokset johtuneet poikkeuksellisen leudoista talvista, sillä normaalitapauksessa maan olisi pitänyt jäädyttyään estää tai ainakin vähentää painaumien syntymistä. Hakkuun oikealla ajoittamisella on suuri merkitys sen onnistumisen kannalta. Eniten hakkuuaika vaikuttaa ajourapainaumien syntyyn ja sitä kautta etenkin juurivaurioiden, mutta myös runkovaurioiden määrään. Kantava maapohja mahdollistaa tehokkaan ja nopean korjuun suorittamisen, mikä vaikuttaa välittömästi korjuun kustannuksiin alentaen niitä ja tehden työstä kannattavampaa.

Ajouravälien, ajouraleveyksien ja ajourapainaumien otosjoukoista tehtyjen varianssianalyysien tulokset on esitetty taulukoissa 7, 8 ja 9.

Taulukko 7. Ajouravälien otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	55,944	27,972	2,197	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	241,960	12,735		
Kokonais-	21	297,904			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 2,197) \Rightarrow P(3,52 \geq 2,197)$$

Taulukko 8. Ajouraleveyksien otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	11,768	5,884	0,635	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	176,100	9,2068		
Kokonais-	21	187,868			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 0,635) \Rightarrow P(3,52 \geq 0,635)$$

Taulukko 9. Ajourapainaumien otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	1 231,063	615,532	2,095	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	5 583,145	293,850		
Kokonais-	21	6 814,208			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 2,095) \Rightarrow P(3,52 \geq 2,095)$$

Hakkuuajan mukaisessa erittelyssä jokaisen kahdeksan mitatun suureen tuloksista selvitetty F:n arvot ovat pienempiä kuin taulukosta saatu, joten jokaisessa tutkitussa tapauksessa hypoteesi,  $H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja, on tosi.

Varianssianalyysin tulosten perusteella tehdään johtopäätös, että hakkuuaikojen mukaiseen erittelyyn kuuluvien keskiarvotulosten ero ei osoittaudu tilastollisesti merkitseväksi yhdelläkään tutkitulla suureella (Mauranen & Puntila 1995).

### 5.3 Urakoitsijat

#### 5.3.1 Harvennusvoimakkuus

Runkolukutuloksista parhaiten Tapion suositusta 900 – 1 000 rungon hehtaariheydestä vastaa urakoitsija C:n korjuujälki, tuloksella 990 runkoa hehtaarilla. C:n tulos on selvästi koko aineiston keskiarvon yläpuolella ja ainoa, joka asettuu tavoitevälille. Eniten suosituksesta jää urakoitsija B, jonka tulos on noin 770 runkoa hehtaarilla.

Pohjapinta-alojen mukaan tarkasteltuna urakoitsija A:n tulos, noin 17 neliömeriä hehtaarilla, on paras, sillä se on ainoa, joka täyttää harvennusmallien asettaman tavoitteen. Urakoitsija C:n tulos on myös hieman koko aineiston keskiarvon yläpuolella ja samalla lähempänä suositusta. Urakoitsija B:n tulos on heikoin.

Urakoitsija A:n poistumaprosentti on suurin huolimatta siitä, että A:n harventamalla leimikoilla myös pohjapinta-ala on suurin. Urakoitsija C:n poistumaprosentti on pienin, vaikka C:n työkohteilla runkoluku on suurin. Näiden molempien tietojen perusteella voidaan päätellä, että A:n ja C:n kuvioiden lähtöpuusto on ollut tiheämpi kuin urakoitsija B:n. Tätä tukee myös kuvioilta luettujen runkolukujen ja kantojen summien tarkastelu. Urakoitsijoiden kohteet ovat kuitenkin riittävän yhdenmu-kaisia vertailun aikaansaamiseksi.

Mitatun aineiston perusteella voidaan todeta, että jäävän puuston tiheys on heikoin-ta urakoitsija B:n suorittaman korjuun jälkeen ja urakoitsija C:n jälki on laaduk-kainta ja lähimpänä tavoitetasoa. Myös urakoitsija A:n tulokset ovat hyviä, mutta on syytä huomioida, että ne perustuvat vain kahdelta kuviolta mitattuihin tietoihin.

Runkolukujen ja pohjapinta-alojen otosjoukoista tehtyjen varianssianalyysien tulokset on esitetty taulukoissa 10 ja 11.

Taulukko 10. Runkolukujen otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	228 809,98	114 404,990	3,967	>0,05
Ryhmien sisäinen	19	547 976,00	28 840,842		
Kokonais-	21	776 785,98			

Tuloksen perusteella saatu F:n arvo on taulukkoarvoa suurempi, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1 =$  kaikki odotusarvot eivät ole samoja toteutuisi.

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \leq 3,967) \Rightarrow P(3,52 \leq 3,967)$$

Varianssianalyysia varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella tulos todistettiin eri suureksi (Mauranen & Puntila 1995).

Taulukko 11. Pohjapinta-alojen otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	40,60	20,30	4,442	>0,05
Ryhmien sisäinen	19	87,33	4,57		
Kokonais-	21	127,93			

Tuloksen perusteella saatu F:n arvo on taulukkoarvoa suurempi, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1 =$  kaikki odotusarvot eivät ole samoja toteutuisi.

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \leq 4,442) \Rightarrow P(3,52 \leq 4,442)$$

Varianssianalyysejä varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella tulos todistettiin eri suu-  
reksi (Mauranen & Puntila 1995).

### 5.3.2 Puustovauriot

Runkovaurioiden osuutta tarkasteltaessa huomataan, että urakoitsija C:n korjuujälki on virheettömintä ja hyvin lähellä tavoitetasoa. Urakoitsija B:n korjuujäljessä on runkovauriotuloksissa eniten parannettavaa.

Juurivaurioiden osuuksia tarkasteltaessa voidaan todeta samoin kuin runkovaurioidenkin kohdalla, että urakoitsija C:n jälki on huolellisinta ja lähimpänä tavoitetta ja vastaavasti urakoitsija B:llä on eniten parannettavaa. Juurivauriotuloksissa urakoitsija A:n tulos on heikompi verrattuna aineiston keskiarvoon kuin runkovauriotuloksissa.

Puustovaurioiden yhteenlaskettujen tuloksien perusteella urakoitsija C on tehnyt laadukkainta ja hyvin lähelle alle neljän prosentin tavoiterajaa yltävää työtä. Urakoitsija B:llä on selvästi eniten parantamisen varaa korjuujäljen laadussa. Urakoitsija A:n tulos perustuu vain kahden kuvion tietoihin, mutta tästä huolimatta voidaan todeta, että virheettömämpään jälkeen on syytä pyrkiä.

Runkovaurioiden, juurivaurioiden ja puustovaurioiden yhteenlaskettujen osuuksien otosjoukoista tehtyjen varianssianalyyseiden tulokset on esitetty taulukoissa 12, 13 ja 14.

Taulukko 12. Runkovaurioiden otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	332,461	166,231	12,196	>0,05
Ryhmien sisäinen	19	258,964	13,630		
Kokonais-	21	591,425			

Tuloksen perusteella saatu F:n arvo on taulukkoarvoa suurempi, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1 =$  kaikki odotusarvot eivät ole samoja toteutuisi.

$$P(F_{\alpha(1-1,n-1)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \leq 12,196) \Rightarrow P(3,52 \leq 12,196)$$

Varianssianalyysia varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella tulos todistettiin eri suureksi (Mauranen & Puntila 1995).

Taulukko 13. Juurivaurioiden otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	51,202	25,601	2,833	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	171,691	9,036		
Kokonais-	21	222,893			

$H_0 =$  kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(1-1,n-1)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 2,833) \Rightarrow P(3,52 \geq 2,833)$$



Taulukko 14. Puustovaurioiden yhteenlaskettujen osuuksien otosjoukosta tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	611,049	305,525	15,965	>0,05
Ryhmien sisäinen	19	363,603	19,137		
Kokonais-	21	974,652			

Tuloksen perusteella saatu F:n arvo on taulukkoarvoa suurempi, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1$  = kaikki odotusarvot eivät ole samoja toteutuisi.

$$P(F_{\alpha(l-1, n-l)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \leq 15,965) \Rightarrow P(3,52 \leq 15,965)$$

Varianssianalyysia varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella tulos todistettiin eri suureksi (Mauranen & Puntila 1995).

### 5.3.3 Ajourat

Kaikkien kolmen urakoitsijan tulokset täyttävät ajouravälille asetetun 20 metrin minimietäisyysvaatimuksen, joten kaikki urakoitsijat ovat onnistuneet.

Tapion asettama tavoite ajouraleveydelle on 40,0 – 45,0 desimetriä ja sekä A:n että C:n tulokset asettuvat kyseiselle välille täyttäen suosituksen. Heikoin tulos on urakoitsija B:llä, jonka keskimääräisen ajouraleveyden katsotaan aiheuttavan kasvutappioita, sillä se ylittää 45,0 desimetrin rajan.

Urakoitsija B:n harventamalla kuvioilla on syntynyt selvästi eniten ajourapainaumaa. C:n tulosten keskiarvo on pienin ja lähimpänä alle neljän prosentin tavoitetasoa.

Ajouravälien, ajouraleveyksien ja ajourapainaumien otosjoukoista tehtyjen varianssianalyysien tulokset on esitetty taulukoissa 15, 16 ja 17.

Taulukko 15. Ajouravälien otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	74,644	37,322	2,830	<0,05
Ryhmien sisäinen	19	250,570	13,188		
Kokonais-	21	325,214			

$H_0$  = kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi, sillä:

$$P(F_{\alpha(1-1,n-1)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \geq 2,830) \Rightarrow P(3,52 \geq 2,830)$$

Taulukko 16. Ajouraleveyksien otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	2	154,54	77,27	22,580	>0,05
Ryhmien sisäinen	19	65,02	3,422		
Kokonais-	21	219,56			

Tuloksen perusteella saatu F:n arvo on taulukkoarvoa suurempi, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1$  = kaikki odotusarvot eivät ole samoja toteutuisi.

$$P(F_{\alpha(1-1,n-1)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)} \leq 22,580) \Rightarrow P(3,52 \leq 22,580)$$

Varianssianalyysia varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella tulos todistettiin eri suureksi (Mauranen & Puntila 1995).

Taulukko 17. Ajourapainaumien otosjoukoista tehdyn varianssianalyysin tulokset

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmienvälinen	2	622,412	311,206	9,605	>0,05
Ryhmiensisäinen	19	6 155,530	32,400		
Kokonais-	21	6 777,942			

Tuloksen perusteella saatu F:n arvo on taulukkoarvoa suurempi, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1 =$  kaikki odotusarvot eivät ole samoja toteutuisi.

$$P(F_{\alpha(1-1, n-1)} \geq F_{\text{havaittu}}) \Rightarrow P(F_{0,05(2,19)}) \leq 9,605 \Rightarrow P(3,52 \leq 9,605)$$

Varianssianalyysia varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella tulos todistettiin eri suureksi (Mauranen & Puntila 1995).

#### 5.3.4 Johtopäätökset urakoitsijoiden korjuujäljestä

Tutkimustulosten perusteella, yhteenvetona voidaan todeta, että urakoitsija C:n korjuujälki on jokaisella tarkastellulla osa-alueella virheettömintä ja samalla lähinnä korjuujäljen laadulle asetettuja tavoitteita ja suosituksia. Vastaavasti urakoitsija B:n korjuujälki on kaikilla tarkastelluilla osa-alueilla heikointa ja jää kauimmaksi tavoitetasosta. Vain ajouravälituloksissa B:n korjuujälki vastaa suositusta. Urakoitsija A:n tulokset ovat melko hyviä, mutta vain kahden kuvion tietoihin perustuvien tulosten perusteella on vaikea tehdä johtopäätöksiä korjuujäljen todellisesta tasosta.

Yhdenkään urakoitsijan tulokset eivät yllä valtakunnallisen keskiarvon tasolle, eivätkä ne täytä korjuujäljen laadulle asetettuja tavoitteita. Kunnollisen ja luotettavamman vertailun aikaansaamiseksi jokaiselta urakoitsijalta pitäisi olla yhtä monta kuviota mukana ja niiden hakkuuajkojen sekä pääpuulajien jakauman tulisi olla sama. Nyt aineistossa lähinnä vain puuston kehitysluokka, järeys, maaperä sekä hakkuumenetelmä ovat vertailukelpoisia.

Urakoitsijoiden mukaisen erittelyn otoksista tehtyjen varianssianalyysien tulosten perusteella vain kahden tutkitun suureen, juurivaurioprocentin ja ajouravälin, tuloksista selvitetty F:n arvot ovat pienempiä kuin taulukosta saatu arvo, joten vain näiden suureiden tapauksissa hypoteesi  $H_0 =$  kaikki odotusarvot ovat samoja on tosi. Muiden tutkittujen suureiden tapauksissa F:n arvot ovat taulukkoarvoa suurempia, joten  $H_0$  tulisi hylätä ja hypoteesi,  $H_1 =$  kaikki odotusarvot eivät ole samoja, toteutuisi. Varianssianalyysia varten laaditut hypoteesit on kuitenkin laadittu oikein, joten on syytä olettaa myös muiden suureiden tapauksissa  $H_0$ :n olevan tosi, vaikka analyysin perusteella ne todistettiin eri suuriksi (Mauranen & Puntila 1995).

#### 5.4 T-testi

Puulajien mukaan tehdyssä erittelyssä jokaisen mitatun suureen tuloksien keskiarvoista on tehty t-testi. Testin avulla on selvitetty, eroavatko otantojen tulosten kulloinkin kyseessä olevan suureen keskiarvot toisistaan. Koska otosjoukot ovat täysin riippumattomia toisistaan, testausmenetelmänä on käytetty riippumattomien otosten t-testiä. Kaikkia tutkittuja suureita tarkasteltaessa on käytetty samaa, seuraavassa kuvattua menetelmää (Mauranen & Puntila 1995).

Ensiksi sekä männiköiden että kuusikoiden otantojen tuloksista on laskettu varianssit ( $s^2$ ), molemmista erikseen. Varianssit on laskettu kaavalla 1.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)} \quad (1)$$

Kaavassa  $s^2$  on varianssi,  $x_i$  on otoksen yksittäinen mittaustulos,  $\bar{x}$  on otosjoukon keskiarvo ja  $n$  on otosten lukumäärä eli otoskoko (Ranta ym. 1997, 37).

Tämän jälkeen on testattu varianssien yhtäsuuruutta. Sitä varten on tehty oletukset,  $H_0 =$  varianssit ovat yhtä suuret ja  $H_1 =$  varianssit ovat eri suuret. Yhtäsuuruuden testaamiseksi täytyy selvittää F, joka on saatu kaavasta 2.

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \quad (2)$$

Kaavassa männiköiden ja kuusikoiden variansseista suurempi merkitään osoittajaan  $s_1$ :n paikalle ja pienempi varianssi nimittäjään  $s_2$ : n paikalle (Mauranen & Puntila 1995).

Seuraavaksi on laskettu F-jakauman vapausasteet (df), kaavalla 3.

$$df = (n_1 - 1, n_2 - 1) \quad (3)$$

Kaavassa  $n_1$  on kuusikoiden otoskoko 8, ja  $n_2$  on männiköiden otoskoko 14. Koska vapausasteet lasketaan otoskokojen avulla, jotka ovat kaikkien mitattujen suureiden kohdalla samat, samoja vapausasteita käytetään kaikkien tutkittujen suureiden testauksessa. Kaavasta saadaan  $df = (7,13)$ . Tämän jälkeen on katsottu F-jakauman taulukosta saatuja vapausasteita vastaava F:n arvo, joka on tässä tapauksessa 2,83. Kuten vapausasteitakin, myös taulukosta saatua F:n arvoa 2,83 käytetään jokaisen tutkitun suureen testauksen yhteydessä. (Manninen & Ylen, 142).

Laskemalla saadun F:n arvon täytyy olla pienempi kuin F-jakauman taulukosta katsottu arvo, jotta hypoteesi  $H_0$  voitaisiin hyväksyä ja todeta varianssit yhtä suuriksi. Kaikkien tutkimuksessa tarkasteltujen suureiden, lukuun ottamatta ajourapainaumaprosenttia,  $H_0$  -hypoteesit hyväksytään. Ajourapainauksen tuloksissa on kuusikoiden otoksessa yksi poikkeuksellisen suuri arvo, joka lienee syynä siihen, että hypoteesi  $H_0$  joudutaan hylkäämään. Vaikka tässä tapauksessa varianssit todistettiin eri suuriksi, on syytä olettaa, että ne ovat yhtä suuria. T-testi tehtiin siksi myös ajourapainaumaprosentin tuloksista olettaen, että varianssit ovat yhtä suuret (Mauranen & Puntila 1995).

Seuraavaksi tehdään t-testin hypoteesit,  $H_0 =$  keskiarvot eivät eroa perusjoukossa ja  $H_1 =$  keskiarvot eroavat perusjoukossa. T-testi tehdään kaksisuuntaisena (Mauranen & Puntila 1995).

Koska tässä vaiheessa tiedetään, että varianssit ovat yhtä suuria, estimoi kummastakin otoksesta laskettu varianssi samaa suuretta otoksessa. Tämän sekä männiköiden että kuusikoiden otoksille yhteisen, mutta tuntemattoman varianssin estimaatti saadaan kaavasta 4.

$$s = \frac{s_1^2(n_1-1) + s_2^2(n_2-1)}{n_1 + n_2 - 2} \quad (4)$$

Kaavassa  $s_1$  on kuusikoiden varianssi,  $s_2$  männiköiden varianssi,  $n_1$  kuusikoiden otoskoko ja  $n_2$  männiköiden otoskoko (Ranta ym. 1997, 189).

Testisuure saadaan suhteuttamalla otoskeskiarvojen erotus keskivirheeseensä kaavalla 5.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (5)$$

Kaavassa  $\bar{x}_1$  on männiköiden kulloinkin kyseessä olevien mittaustulosten keskiarvo,  $\bar{x}_2$  on kuusikoiden vastaavien mittaustulosten keskiarvo,  $n_1$  on kuusikoiden otoskoko ja  $n_2$  männiköiden otoskoko.  $S$  on molemmille otoksille yhteisen varianssin estimaatti, joka saadaan edellä mainitun kaavan avulla (Ranta ym. 1997, 189).

Testisuure  $t$  noudattaa  $t$ -jakaumaa vapausastein  $df = (n_1 + n_2 - 2)$ , jossa  $n_1$  on kuusikoiden otoskoko ja  $n_2$  männiköiden otoskoko. Aivan kuten  $F$ -jakauman vapausasteita laskettaessa tässäkin vaiheessa vapausasteet ovat samat kaikkien mitattujen suureiden tapauksissa, sillä kuusikoiden ja männiköiden otoskoot, 8 ja 14, ovat tutkimuksessa aina vakiot.  $T$ -jakauman vapausasteeksi saadaan  $df = (20)$ , jota siis käytetään jokaisen tutkitun suureen testin yhteydessä (Ranta ym. 1997, 190).

$T$ -testin tulosta tarkasteltaessa pitää päättää todennäköisyys, jota käytetään suurimpana todennäköisyytenä, jolla saatu testitulos on väärä. Todennäköisyyden ( $p$ ) merkitsevyydestä valittiin  $p = 0,05$ , ja samaa tasoa on käytetty jokaisen tutkimuksessa käsitellyn suureen tuloksia testattaessa. Merkitään  $t \sim t_{(0,05;20)}$ . Tämän jälkeen saadaan kaksisuuntaisen  $t$ -jakauman taulukosta merkitsevyydestä  $p$ , arvolla 0,05 ja vapausasteella 20,  $t$ :n arvoksi 2,086. Jos otoksesta laskettu  $t$ :n itseisarvo on pienempi kuin taulukosta saatu  $t$ :n arvo, hypoteesi  $H_0 =$  keskiarvot eivät eroa perusjoukossa hyväksytään. Sama on esitetty kaavassa 6.

$$|t_{\text{havaittu}}| < t_{\alpha(n_1+n_2-2)} \quad (6)$$

Kaavassa  $t_{\text{havaittu}}$  on laskettu  $t$ :n arvo,  $\alpha$  on valittu merkitsevyydestä 0,05,  $n_1$  on kuusikoiden otoskoko 8 ja  $n_2$  männiköiden otoskoko 14. Taulukosta saatua  $t$ :n arvoa

käytetään edellä mainitun F:n arvon tavoin kaikkien mitattujen suureiden testien yhteydessä. Taulukosta saatuun t:n arvoon, 2,086, verrataan jokaisen tutkitun suureen otoksista laskettuja t:n itseisarvoja (Manninen & Ylen, 135; Ranta ym. 1997, 190).

Jokaisen mitatun suureen tuloksista selvitetty t:n arvot ovat pienempiä kuin taulukosta saadut, joten jokaisessa tutkitussa kohdassa hypoteesi,  $H_0$  = keskiarvot eivät eroa perusjoukossa, on tosi. Tämä todistaa myös sen, että vaikka ajourapainauksen tapauksessa varianssit todistettiin eri suuriksi, oli oikea olettautua tulkitta ne yhtä suuriksi (Mauranen & Puntila 1995).

## 5.5 Varianssianalyysi

Hakkuuajan ja urakoitsijoiden mukaan tehtyjen jaottelujen otoskeskiarvojen tilastollisia eroja on testattu yksisuuntaista varianssianalyysiä käyttäen. Seuraavassa on selitetty vaiheittain varianssianalyysin suorittaminen tämän tutkimuksen yhteydessä. Jokaisen tutkimuksessa käsitellyn suureen tulokset on testattu samaa menetelmää käyttäen.

Varianssianalyysin suorittaminen aloitetaan laatimalla vertailtavien otosten tuloksista taulukkojen 18 ja 19 mukaiset yhteenvedot. Vasemmanpuoleiseen sarakkeeseen sijoitetaan vertailtavien otosjoukkojen nimet. Otoskoko tarkoittaa kyseessä olevaan otokseen kuuluvien havaintojen lukumäärää. Keskiarvo-sarakkeeseen kirjataan otoksen tulosten keskiarvo ja keskihajonta-sarakkeeseen otoksen tulosten keskihajonta. Otoskoko- ja keskiarvo -sarakkeiden alla on kaavat n:n ja keskiarvon  $\bar{y}$ , laskemiseksi. Otokseen kuuluvien havaintojen lukumäärien summa n on sama molemmissa erittelyissä, sillä erittelyt perustuvat samaan aineistoon. Summa  $n = n_1 + n_2 + n_3 = 22$  (Leppälä 2009, 11).

Kuten taulukosta 18 voidaan huomata, hakkuuajan mukaan eriteltyjen tulosten testeissä kevät-otoksen lukuarvoissa on käytetty alaindeksiä 1, syksyn lukuarvojen yhteydessä alaindeksiä 2, ja talven lukuarvojen yhteydessä alaindeksiä 3. Vastaavasti taulukossa 19 urakoitsijoista A:n lukuarvot on ilmaistu alaindeksillä 1, urakoitsija

B:n alaindeksillä 2 ja urakoitsija C:n alaindeksillä 3. Näitä samoja merkintätapoja on käytetty myös kaikissa jäljempänä olevissa laskuissa.

Taulukko 18. Hakkuuajan otoksista tehtyjen varianssianalyysien lähtötiedot

Vuodenaika	Otoskoko, n	Keskiarvo, $\bar{x}$	Keskihajonta, s
Kevät	$n_1 = 7$	$\bar{x}_1 = 7,51$	$s_1 = 6,77$
Syksy	$n_2 = 5$	$\bar{x}_2 = 11,30$	$s_2 = 5,50$
Talvi	$n_3 = 10$	$\bar{x}_3 = 9,02$	$s_3 = 3,78$
	$n = n_1 + n_2 + n_3$	$\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3}{3}$	

Taulukko 19. Urakoitsijoiden otoksista tehtyjen varianssianalyysien lähtötiedot

Urakoitsija	Otoskoko, n	Keskiarvo, $\bar{x}$	Keskihajonta, s
A	$n_1 = 2$	$\bar{x}_1 = 3,68$	$s_1 = 2,06$
B	$n_2 = 12$	$\bar{x}_2 = 3,77$	$s_2 = 3,67$
C	$n_3 = 8$	$\bar{x}_3 = 0,59$	$s_3 = 1,66$
	$n = n_1 + n_2 + n_3$	$\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3}{3}$	

Tässä vaiheessa tehdään hypoteesit  $H_0 =$  kaikki odotusarvot ovat samoja ja  $H_1 =$  kaikki odotusarvot eivät ole samoja (Leppälä 2009, 11).

Yksisuuntaisessa varianssianalyysissä kokonaisneliösumma jaetaan ryhmien sisäiseen neliösummaan ja ryhmien väliseen neliösummaan:  $SS(\text{Total}) = SS(\text{Within}) + SS(\text{Between})$ . Lyhenne SS tulee sanoista Sum of Squares eli neliösumma (Mauranen & Puntila 1995).

Seuraavaksi lasketaan neliösummat jokaiselle otokselle erikseen, käyttäen kaavoja 7, 8 ja 9.



$$SS_1 = (n_1 - 1)s_1^2 \quad (7)$$

$$SS_2 = (n_2 - 1)s_2^2 \quad (8)$$

$$SS_3 = (n_3 - 1)s_3^2 \quad (9)$$

Kaavoissa  $n_1$ ,  $n_2$  ja  $n_3$  ovat otoskokoja ja  $s_1$ ,  $s_2$  ja  $s_3$  ovat vastaavien otosten keskihajontoja. (Leppälä 2009, 12.)

Neliösummien laskemisen jälkeen saadaan ryhmien sisäinen neliösumma,  $SSW$ , selville laskemalla otosten neliösummat yhteen kaavan 10 mukaisesti. (Leppälä 2009, 12.)

$$SSW = SS_1 + SS_2 + SS_3 \quad (10)$$

Tämän jälkeen lasketaan ryhmien välinen neliösumma,  $SSB$ , kaavaa 11 käyttäen.

$$SSB = n_1(\bar{x}_1 - \bar{y}) + n_2(\bar{x}_2 - \bar{y}) + n_3(\bar{x}_3 - \bar{y}) \quad (11)$$

Kaavassa  $n_1$ ,  $n_2$  ja  $n_3$  ovat otoskokoja,  $\bar{x}_1$ ,  $\bar{x}_2$  ja  $\bar{x}_3$  keskiarvoja ja  $\bar{y}$  on kaikkien kolmen otosjoukon mittaustuloksista laskettu, yhteinen keskiarvo. (Leppälä 2009, 12.)

Keskineliösummien selvittämistä varten määritetään vapausasteet. Kokonaisneliösumman vapausasteet saadaan kaavalla 12.

$$df_T = n - 1 \quad (12)$$

Kaavassa  $n$  on otosten havaintoarvojen summa. Ryhmien sisäisen neliösumman vapausasteet saadaan otosten havaintoarvojen summan  $n$  ja ryhmien lukumäärän  $I$  erotuksena kaavan 13 mukaisesti.

$$df_W = n - I \quad (13)$$

Ryhmien välisen neliösumman vapausasteet saadaan kaavasta 14.

$$df_B = I - 1 \quad (14)$$

Kaavassa  $I$  on vertailtavien ryhmien lukumäärä. Näin lasketut vapausasteet ovat samat jokaisen tutkitun suureen yhteydessä, koska sekä hakkuuajan että urakoitsijoiden perusteella tehtyjen erittelyjen aineisto on sama, vain tulosten jakautuminen eri ryhmiin muuttuu. Niinpä tutkimuksen kaikissa varianssianalyyseissä käytetyt vapausasteet ovat  $df_T = 22 - 1 = 21$ ,  $df_W = 22 - 3 = 19$  ja  $df_B = 3 - 1 = 2$  (Leppälä 2009, 11).

Seuraavaksi ryhmien väliset ja sisäiset neliösummat on jaettu vapausasteillaan, jolloin on saatu keskineliösummat MSB ja MSW. Keskineliösummat lasketaan kaavoilla 15 ja 16.

$$MSB = \frac{SSB}{I-1} \quad (15)$$

$$MSW = \frac{SSW}{n-I} \quad (16)$$

Kaavoissa I on ryhmien lukumäärä 3 ja n havaintoarvojen määrä 22 (Leppälä 2009, 11).

Saadut keskineliösummat ovat vertailukelpoisia. Mikäli ryhmien välinen keskineliösumma on huomattavasti suurempi kuin ryhmien sisäinen keskineliösumma, eroavat ryhmät toisistaan. Keskineliösummien välistä suuruuseroa tarkastellaan osamäärällä, joka saadaan kaavasta 17.

$$F = \frac{MSB}{MSW} \quad (17)$$

Saatu testisuure F noudattaa F-jakaumaa vapausastein  $df = (I - 1, n - 1)$ , kun hypoteesi,  $H_0 =$  kaikki odotusarvot ovat samoja, on tosi. Kaavassa I on ryhmien lukumäärä 3 ja n on havaintoarvojen määrä 22. Kaavasta saadaan vapausasteet  $df = (2,19)$ , joita käytetään kaikkien tutkittujen suureiden F:n arvoja määritettäessä (Leppälä 2009, 11).

Seuraavaksi valitaan todennäköisyyden p merkitsevyystasoksi 0,05, ja samaa tasoa on käytetty jokaisen tutkimuksessa käsitellyn suureen tuloksia testattaessa. Tämän jälkeen katsotaan F:n arvo F-jakauman taulukosta merkitsevyystasolla  $p = 0,05$  ja vapausasteilla 2 ja 19. Taulukosta saadaan:  $F_{0,05;2,19} = 3,52$ . Mikäli laskettu F:n arvo on pienempi kuin taulukosta saatu arvo, hypoteesi,  $H_0 =$  kaikki odotusarvot ovat samoja, on tosi. Sama on kaavan muodossa:  $P(F_{df1,df2} < F_{\alpha; df1,df2}) = \alpha$ , jossa  $\alpha$  on valittu merkitsevyystaso 0,05,  $df1$  on 2 ja  $df2$  on 19. Näin saatuun F:n taulukkoarvoon, 3,52, verrataan jokaisen tutkitun suureen otoksista laskettuja F:n arvoja (Leppälä 2009, 12).

Varianssianalyysin tulokset esitetään taulukon 20 mukaisesti koottuna.

Taulukko 20. Varianssianalyysin tulosten esittäminen (Leppälä 2009, 12.)

Vaihtelu	Vapausasteet (df)	Neliösumma	Keskineliösumma	F-jakauma	p-arvo
Ryhmien välinen	$df_B = I - 1$	SSB	MSW	F $\sim F(I-1, n-1)$ kun $H_0$ on tosi	<0,05
Ryhmien sisäinen	$df_W = n - I$	SSW	MSB		
Kokonais-	$df_T = n - 1$	SST			

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulosten perusteella voidaan todeta, että korjuujäljen laatu Lohikosken alueen ensiharvennuksissa ei vastaa sertifioiduille metsille asetettuja tavoitteita. Metsälaissa esitetyt vaatimukset kuitenkin täyttyvät. Tutkimustulosten perusteella männiköiden ja kuusikoiden väliset erot korjuujäljessä ovat melko vähäisiä. Hakkuun ajoittuminen eri vuodenojoille ei pienistä eroista huolimatta näytä vaikuttaneen merkittävästi korjuujäljen laatuun. Tulevaisuudessa korjuujäljen laadulle asetetut tavoitteet on pyrittävä täyttämään paremmin. Tavoitteiden saavuttamiseksi toimintatapoja pitää muuttaa kohti huolellisempaa puunkorjuuta, ja se edellyttää myös korjuujäljen nykyistä tarkempaa seuranta.

Huomiota tulee kiinnittää etenkin puustovaurioiden osuuksien pienentämiseen. Lisäksi jäävän puuston tiheyttä on seurattava harvennusten aikana huolellisesti, koska harvennukset on suoritettu Tapion hyvän metsänhoidon suositusten harvennusmallissa määriteltyjen rajojen perusteella liian voimakkaina. Metsähallitus käyttää harvennushakkuidensa tavoitetiheyksien määrittelyssä Tapion suosituksia, joten pohjapinta-alan tavoiterajan alitus ei ole tavoitteellista, vaan seurausta liian voimakkaasta harvennuksesta. Ajouravälin ja -leveyden tulokset ovat pääosin suositusten mukaisia. Ajourapainauksen osuudet ovat korkeita, ja niiden osuutta pitää pyr-

kiä vähentämään, mutta poikkeuksellisen leutojen talvien vuoksi niiden tuloksista on vaikea tehdä luotettavia johtopäätöksiä. Tarkkojen vauriomäärien selvittäminen edellyttäisi kuvioiden inventointia systemaattisen koealaverkoston avulla.

Tutkimuksen tavoite edellytti tulosten vertailukelpoisuuden varmistamista, joten tutkimusmenetelmän valinta oli selvä. Tutkimusmenetelmä ja työn tavoitteet vaikuttivat pitkälti myös tulosten esittelyyn ja käsittelyyn. Tutkimuksen kattavuuden lisäämiseksi tuloksia olisi voinut tarkastella myös esimerkiksi kasvupaikkatyypin mukaan eriteltyinä.

Mikäli tutkimuksen otannassa olisi käytetty suurempaa otantaprosenttia, tulokset olisivat tarkempia ja antaisivat siten nykyistä kattavamman kuvan alueen korjuujäljen laadun tasosta. Alun perin tavoitteena oli vertailla myös turvemaiden ja kivennäismaiden korjuujälkeä keskenään, mutta leutoina talvina turvemaiden leimikoita oli hakattu liian vähän vertailun aikaansaamiseksi.

Tutkimuksen otantajoukossa haluttiin säilyttää aineiston mukainen puulajien jakauma. Aineisto jaettiin männiköihin ja kuusikoihin hakkuukertymän perusteella, mutta maastomittaukset osoittavat, että kuusikoihin luetuista kuvioista vain neljällä on harvennuksen jälkeen enemmän kuusia kuin mäntyjä. Valitsemalla otantaan yhtä suuri määrä männiköitä ja kuusikoita tulokset antaisivat nykyistä tarkemman kuvan männiköiden ja kuusikoiden korjuujäljen eroista. Tämä ei kuitenkaan ollut perimmäinen tavoite, vaan tavoitteena oli alueella suoritettujen ensiharvennusten korjuujäljen yleinen tarkastelu, joten puulajien jakauman säilyttäminen otannassa oli luonteva ratkaisu.

Tutkimukselle asetetut tavoitteet täyttyivät, ja tulokset ovat luotettavia. Maastomittaukset suoritettiin noudattaen tarkasti tutkimusmenetelmän mukaista mittausrutinää. Tulevaisuudessa alueen ensiharvennusten korjuujäljen laatutarkastusten tuloksia voidaan verrata tämän tutkimuksen tuloksiin.

## LÄHTEET

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

Hyvän metsänhoidon suositukset. 2006. Helsinki: Metsäkustannus Oy

Kiviniemi, M. 2006. Puukauppa. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

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

Korjuujälki harvennushakkuussa. 2007. Tapion Metsätieto -kortisto. Kortti numero 04-002. Metsäkustannus Oy.

Leppälä, R. 2009. Tilastollisten menetelmien perusteet II. Luentorunko. Tampereen yliopiston Internet-kotisivu, osoitteessa  
<http://mtl.uta.fi/tilasto/tiltp3/kevat2009/luennot1.pdf>. 20.1.2010.

Lohikosken kartta. Metsähallitus. 2010.

Manninen, P. & Ylen, M. 2001. Tilastollisen päättelyn käytäntö – Tilastotiedettä soveltajille. Tampereen yliopiston Internet-kotisivu, osoitteessa  
<http://mtl.uta.fi/tilasto/sas/Tilastollisen%20p%84%84ttelyn%20k%84yt%84nt%94.pdf>. 19.1.2010.

Mauranen, K. & Puntila, E. 1995. Biostatistiikka. 7. -luku, Keskiarvotestestä. Kuopion yliopiston Internet-kotisivu, osoitteessa  
[http://www.uku.fi/~mauranen/bis/bis7\\_doc.htm](http://www.uku.fi/~mauranen/bis/bis7_doc.htm). 19.1.2010.

Metsähallituksen Internet-kotisivu. 2010. Osoitteessa  
<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/Sivut/Etusivu.aspx>. 26.1.2010.

Metsälaki. 12.12.1996/1093.

Metsätietokortti 04-002 2007.

Poikela, A. 2003. Korjuujäljen mittauksen kehittäminen. Metsätehon raportti 156. Metsäteho Oy. Helsinki.

Ranta, E., Rita, H. & Kouki J. 1997. Biometria – Tilastotiedettä ekologeille. Helsinki: Yliopistopaino.

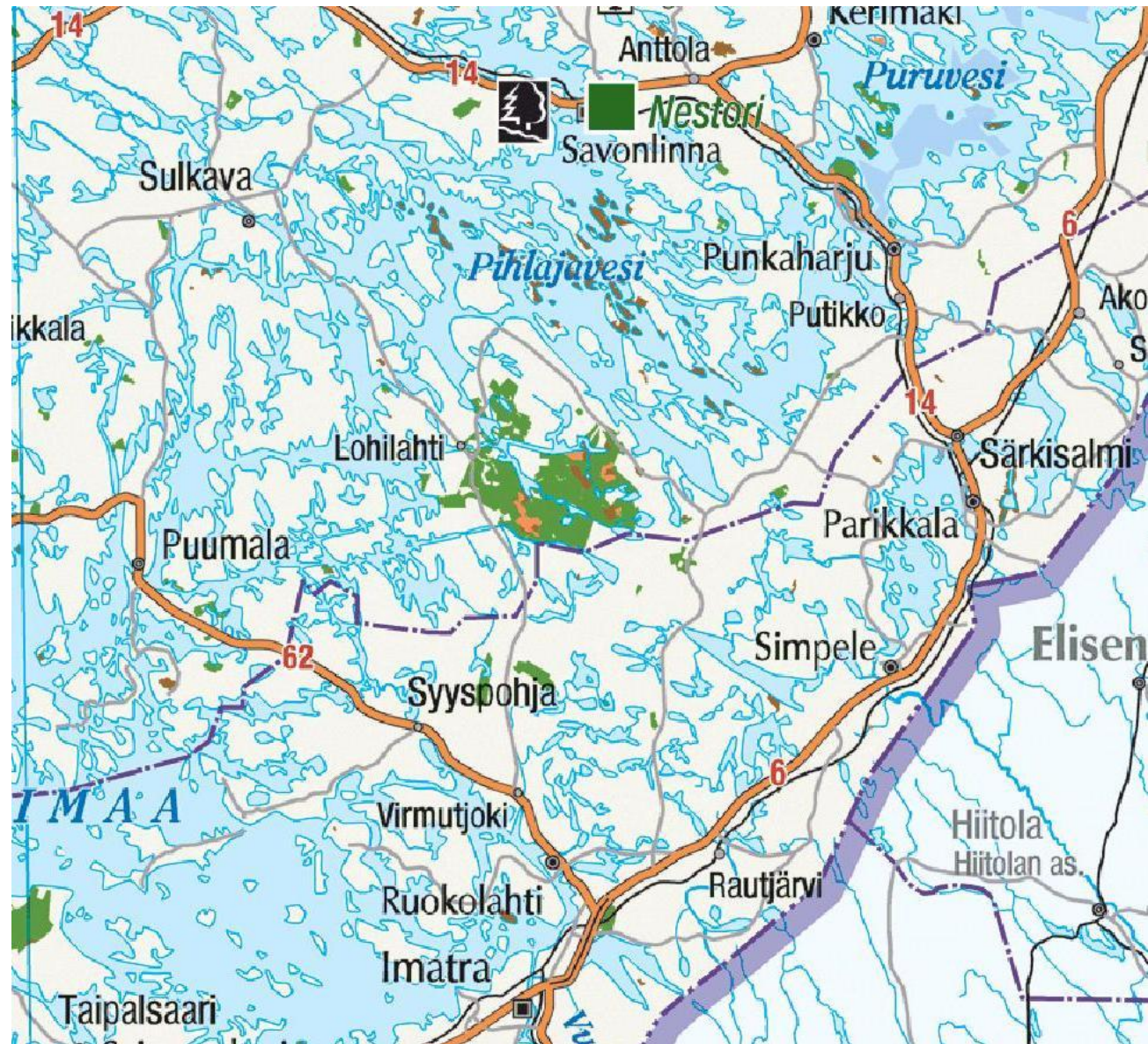
Tapion taskukirja. 2002. Jyväskylä: Metsälehti kustannus.

Uusitalo, J. 2003. Metsäteknologian perusteet. Hämeenlinna: Metsälehti kustannus.

Äijälä, O. 2003. Maastotyöohje: Korjuujäljen seuranta. Tapio.

## LIITTEET

Liite 1. Lohikosken kartta.  
(Metsähallitus 2010.)



## Liite 2. Männikkökuvioiden yleistiedot.

Lomake	Kuvio	Pinta-ala (ha)	Suoryhmä	Metsätyyppi	Ojitus tilanne	Maalaji	Kehitys-luokka	Puulaji	Synty tapa	Ikä	Hakkuu aika	Urakoitsija
2	78	1,3	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	30	joulukuu 2008	A
1	79	2,8	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	32	joulukuu 2008	A
9	23	7,1	kangas	CT	ojittamaton	hiekkä	2	mänty	luontainen, siemen	45	toukokuu 2008	C
14	114	3,7	kangas	VT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	luontainen, siemen	34	toukokuu 2007	C
15	114.1	1,4	kangas	VT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	34	toukokuu 2007	C
17	116	1,6	kangas	MT	ojittamaton	soramoreeni	2	mänty	luontainen, siemen	33	toukokuu 2007	C
16	117.1	1,4	kangas	VT	ojittamaton	soramoreeni	2	mänty	luontainen, siemen	43	toukokuu 2007	C
12	127	5,6	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	luontainen, siemen	35	syyskuu 2008	B
13	128.1	0,5	räme	VT	turvekangas	turve	2	mänty	istutus	30	syyskuu 2008	B
10	140	0,3	kangas	VT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	luontainen, siemen	42	syyskuu 2008	B
11	143	7,6	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	luontainen, siemen	34	syyskuu 2008	B
6	78	2,9	kangas	VT	ojittamaton	hiekkä	2	mänty	luontainen, siemen	34	joulukuu 2008	B
7	89.1	1,9	kangas	CT	ojittamaton	hiekkä	2	mänty	luontainen, siemen	49	joulukuu 2008	B
8	90	0,4	kangas	CT	ojittamaton	hiekkä	2	mänty	luontainen, siemen	45	joulukuu 2008	B



## Liite 3. Männikkökuvioiden puustotiedot.

Lomake	Kuvio	Puulaji	Urakoitsija	Hakkuuaika	Pinta-ala ha	Runkoluku kpl/ha	Pituus m	Läpimitta cm	PPA m <sup>2</sup> /ha	Ikä v
1	79	mänty	A	joulukuu	2,8	780	16	19	18,1	30
2	78	mänty	A	joulukuu	1,3	900	15	17	15,7	32
6	78	mänty	B	joulukuu	2,9	769	16	16	12,6	33
7	89.1	mänty	B	joulukuu	1,9	600	15	18	11,6	43
8	90	mänty	B	joulukuu	0,4	578	15	15	11,2	35
9	23	mänty	C	toukokuu	7,1	985	14	14	11,7	30
10	140	mänty	B	syyskuu	0,3	600	17	21	13,0	42
11	143	mänty	B	syyskuu	7,6	836	16	17	11,3	34
12	127	mänty	B	syyskuu	5,6	800	15	17	9,6	34
13	128.1	mänty	B	syyskuu	0,5	700	16	19	13,0	49
14	114	mänty	C	toukokuu	3,7	920	16	18	13,0	45
15	114.1	mänty	C	toukokuu	1,4	1067	15	16	14,8	41
16	117.1	mänty	C	toukokuu	1,4	822	16	17	14,9	35
17	116	mänty	C	toukokuu	1,6	1060	12	15	13,3	36
<b>Keskiarvo</b>					<b>2,8</b>	<b>816</b>	<b>15,3</b>	<b>17,1</b>	<b>13,1</b>	<b>37,1</b>

## Liite 4. Kuusikkokuvioiden yleistiedot.

Lomake	Kuvio	Pinta-ala (ha)	Suoryhmä	Metsätyyppi	Ojitus tilanne	Maalaji	Kehitysluokka	Puulaji	Syntytapa	Ikä	Hakkuuaika	Urakoitsija
18	63.2	1,8	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	41	joulukuu 2008	B
20	69	3,4	kangas	VT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	35	joulukuu 2008	B
19	74	3,8	kangas	VT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	36	joulukuu 2008	B
3	10	1,7	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	40	tammikuu 2007	C
4	44	1,4	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	31	lokakuu 2007	C
5	48	3,1	kangas	VT	ojittamaton	moreeni	2	mänty	istutus	34	tammikuu 2007	C
22	20	5,9	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	kuusi	istutus	43	maaliskuu 2009	B
21	21.1	1,5	kangas	MT	ojittamaton	moreeni	2	kuusi	luontainen, siemen	25	maaliskuu 2009	B

Liite 5. Kuusikkokuvioiden puustotiedot.

Lomake	Kuvio	Puulaji	Urakoitsija	Hakkuuaika	Pinta-ala ha	Runkoluku kpl/ha	Pituus m	Läpimitta cm	PPA m <sup>2</sup> /ha	Ikä v
3	10	kuusi	C	tammikuu	1,7	940	16	17	14,8	45
4	44	kuusi	C	lokakuu	1,4	867	16	16	15,4	34
5	48	kuusi	C	tammikuu	3,1	1260	15	16	14,2	34
18	63.2	kuusi	B	joulukuu	1,8	1075	17	18	17,9	40
19	74	kuusi	B	joulukuu	3,8	1175	13	17	18,3	31
20	69	kuusi	B	joulukuu	3,4	815	16	16	12,8	34
21	21.1	kuusi	B	maaliskuu	1,5	754	16	17	12,0	43
22	20	kuusi	B	maaliskuu	5,9	569	18	19	14,6	25
<b>Keskiarvo</b>					<b>2,8</b>	<b>932</b>	<b>15,9</b>	<b>17,0</b>	<b>15,0</b>	<b>35,8</b>