

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalouden koulutusohjelma

Pauliina Nurro

PIENAUKKOHAKKUIDEN REUNAPUUSTON KEHITYS KUUSIVALTAISISSA
METSIKÖISSÄ ETELÄ-SUOMESSA

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalous

NURRO, PAULIINA

Pienaukkohakkuiden reunapuuston kehitys kuusivaltaisissa metsiköissä Etelä-Suomessa

Opinnäytetyö

57 sivua

Työn ohjaaja

vanhempi tutkija, maa- ja metsätaloustieteiden tohtori Sauli Valkonen

maa- ja metsätaloustieteiden maisteri Pekka Kuitunen

Toimeksiantaja

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipiste

Huhtikuu 2011

Avainsanat

pienaukkohakkuut, jatkuva kasvatus, MONTA

Työn tavoitteena oli selvittää pienaukkohakkuiden reunapuuston kehitystä MONTA-kokeiden metsiköissä Etelä-Suomessa. Tarkasteltavana oli läpimitan ja pohjapinta-alan kasvureaktio yksittäisten puiden kannalta ja tuulenkaatojen synty metsikkötasolla. Käytetyt mitaustulokset olivat osa Metsätehon koordinoimaa Monimuotoisuus talousmetsän uudistamisessa -hanketta (MONTA-hanke), joka käynnistyi vuonna 1994 yhteistyössä Metlan sekä Helsingin ja Jyväskylän yliopistoiden kanssa.

Tutkimuksessa pienaukkohakkuut ovat kuusen luontaisen uudistamisen menetelmä, jossa päätehakkukypsään metsikköön hakataan noin 40x40 metrin aukkoja, jotka jätetään uudistumaan luontaisesti. Taimettumisen tapahduttua hakkaamattomat välisektorit päätehakataan kerralla ja viljellään. Erona tavalliseen avohakkuuseen on aukon pienempi koko. Tutkimuksessa hehtaarin kokoisille koeruuduille hakattiin jokaiseen kolme pienaukkoa, joiden ympäröivä puusto inventointiin maastomittauksilla vuosina 1995–2009.

Pienaukkohakkuuta voidaan ajatella avohakkuun vaihtoehtona erityisesti erikoismetsien, kuten luonto- ja maisemakohteiden, virkistysalueiden, ulkoilumetsien, kaupunkimetsien, tonttien, asutuksen lähimetsien ja kaava-alueiden uudistamisvaihtoehtona. Menetelmä muuttaa maisemaa pehmeämmin ja hitaammin. Lisäksi pienaukkohakkuut voivat lisätä metsien rakenteellista monimuotoisuutta ja säästää viljelykustannuksia. Menetelmän riskinä on uudistumisen hitaus ja epävarmuus, lisääntyneet suunnittelu- ja korjuukustannukset, jäävän puuston alttius tuhoille sekä korkomenetykset.

Tutkimuksessa ei havaittu, että reunapuuston kasvu olisi merkittävästi nopeutunut hakkuun jälkeen. Osin syynä tähän oli, että MONTA-koemetsiköt olivat vanhoja ja jo parhaimmat kasvuvuotensa ohittaneita. Tämän tutkimuksen perusteella reunapuuston kasvu ei nopeudu tarpeeksi korvatakseen syntyviä taloudellisia menetyksiä. Lisäksi pienaukkohakkuilla tehdään runsaasti metsän reunaa, mikä lisää tuulituhojen riskiä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forestry

NURRO, PAULIINA

Development of Border Tree Stands in Spruce

Dominated Small Group Cuttings

Bachelor's Thesis

57 pages

Supervisor

Supervisor Pekka Kuitunen, MSc (For)

Instructor Sauli Valkonen, DSc (For)

Commissioned by

Forest Research Institute, Vantaa

April 2011

Keywords

Small group cutting, continuing intermediate cutting,
MONTA

The aim of the work was to clarify the development of border tree stands in MONTA-projects in southern Finland. Under observation was the growth reaction of diameter and basal area of individual trees and windfalls in stand level. The measurements used were a part of a project coordinated by Metsäteho, which is called Diversity of Economical Forests of reforestation. The project started in 1994 in collaboration with Forest Research Institute, Helsinki and Jyväskylä Universities.

In this research small group cuttings are a method of the natural regeneration of spruce, in which approximately 40x40 metres holes are cut in the stand mature enough to be felled. These holes are left to regenerate naturally. When seedling growing has occurred final felling is carried out in intermediate sectors at once and they are cultivated. The difference with the usual clear-cutting is the smaller size of the holes. Three small holes were made in each one hectare size subplot.

Small group cutting method can be thought of as an alternative to clear-cuttings in particular in specialty forests, such as nature and landscape sites, recreation areas, recreational forests and urban forests, as an option for areas of regeneration. The method can change the landscape more smoothly and slowly. Furthermore, the small group cutting can increase the structural diversity of forests and save the costs of cultivation. The method has a risk of inertia and uncertainty about the renewal, planning and increased harvesting costs, the susceptibility to disasters for the remaining trees and the loss of interest.

The research did not show significant edge tree growth acceleration after logging. A part of the reason for this was that the forests were old. Based on this research the growth of edge trees does not accelerate enough to pay for the economic losses generated. Also the risk of wind damages is high.

ALKUSANAT

Sain opinnäytteeni aiheen tammikuussa 2010 Metsäntutkimuslaitokselta. Aihe tuntui mielenkiintoiselta, ja idean kehittäminen alkoi. Pitkän prosessin aikana opin paljon tutkimuksen keinoista ja tutkijan työstä. Kiitän tuhannesti ohjaajaani Sauli Valkosta, joka neuvoi ja avusti työssäni! Kiitokset annan myös Juhani Mäkiselle tiedostoista, toiselle ohjaajalleni Pekka Kuituselle sekä lähipiirilleni, joka jaksoi tukea ja kannustaa.

Kotkassa 8.4.2011

Pauliina Nurro

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ ABSTRACT ALKUSANAT

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tausta	7
1.2	Työn rajaus ja tavoite	8
2	TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS	8
2.1	Metsäntutkimuslaitos	8
2.2	MONTA- yhteistutkimus	9
2.3	Mitä ovat pienaukkohakkuut?	11
2.4	Pienaukkohakkuiden edut	13
2.5	Pienaukkojen edellytykset ja riskit	16
3	AINEISTO JA MENETELMÄKuvaus	18
3.1	Hypoteesit	18
3.2	Koealueet ja niiden käsittelyt	19
3.3	Pienaukkohakkuiden toteutus	21
3.4	Pienaukkojen puustomittaukset	21
3.5	Aineiston käsittely	25
4	TULOKSET	27
4.1	Kuusikko	27
4.1.1	Kasvun ilmastollinen vaihtelu	30
4.1.2	Kasvujen korjaus regressioanalyysillä	31
4.1.3	Kuusen ilmastokorjatut tulokset	33
4.2	Sekapuusto (mänty ja koivu)	43

4.3	Tuulenkaadot	46
4.3.1	Inventoidut tuulenkaadot 1998 ja 2000	48
4.3.2	Inventoidut tuulenkaadot 2002	50
4.4	Koemetsiköiden tilavuudet (m ³ /ha) ja tilavuuskasvu (m ³ /ha/v)	51
5	Tulosten tarkastelu	52
6	Johtopäätökset	54

LÄHTEET

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Nykyisin metsänomistajalla monenlaisia vaihtoehtoja metsiensä käsittelyyn ja uudistamiseen tavoitteiden mukaan. Luonnonarvot ja metsien monimuotoisuus puuntuotoksen ohella ovat nousseet esille keskusteluissa. Peitteisen metsätalouden keinoista tiedetään vielä kovin vähän ja siksi tutkimukselle on kovaa kysyntää. Vaikka pienaukkohakkuut ovat vielä marginaalisia, ne voivat tulevaisuudessa luoda vaihtoehdon avohakkuille. Pienaukkohakkuut muuttavat maisemaa pehmeämmin ja niiden arvellaan lisäävän monimuotoisuutta tuomalla vaihtelevuutta talousmetsiin.

Vuonna 1994 Metsäteho käynnisti yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen sekä Helsingin ja Jyväskylän yliopistoiden kanssa MONTA-yhteistutkimuksen. Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa erilaisten peitteisten metsänkäsittelyvaihtoehtojen mahdollisuuksia. Yhtenä käsittelymuotona ovat pienaukkohakkuut. Huomioon otetaan sekä ekologiset että taloudelliset näkökulmat. (Sandström 2007; Koskinen 2008.)

Tutkimukset on suunnattu päätehakkukypsiin kuusivaltaisiin metsiköihin, ja ne perustuvat yhteisiin koelajärjestelyihin. MONTA-koelajoja on kahdeksan, ja niistä neljä on Itä-Suomessa ja neljä Länsi-Suomessa. Opinnäytetyön pienaukkoaineisto perustuu MONTA-tutkimuksen mittaustuloksiin. (Sandström 2007; Koskinen 2008.)

Pienaukkohakkuut ovat ikään kuin pienimuotoista avohakkuuta, joissa hyödynnetään luontaista uudistumista. Esimerkiksi yhden hehtaarin avohakkuualalle voidaan tehdä monta pienaukkoa, jotka erottaa toisistaan puustoinen vyöhyke. (Koskinen 2008; Valkonen, Koskinen, Mäkinen & Vanha-Majamaa 2007.)

MONTA-kokeista tehdyssä aiemmassa tutkimuksessa (Koskinen 2008) tarkasteltiin pienaukkojen taimettumista ja uudistamistulosta. Niiden perustella on arvioitu alustavasti pienaukkohakkuun kannattavuutta avohakkuun vaihtoehtona (Valkonen ym. 2008). Puuston kehityksen ennustaminen perustui siinä yleisiin malleihin, mikä voi poiketa paljonkin todellisesta kasvusta. Tämä tutkimus paikkaa tuon aukon. Pienaukkohakkuun puuntuotos- ja kannattavuusvaikutuksista saadaan paljon luotettavimmat ennusteet. (Valkonen 2010.)

1.2 Työn rajaus ja tavoite

Työn tavoitteena on selvittää pienaukkohakkuiden reunapuuston kehitys MONTA-kokeiden metsiköissä Etelä-Suomessa. Työssä havainnoidaan reunapuiden kasvureaktiota pienaukkoon. Kasvureaktiota tutkitaan yksittäisten puiden kannalta ja metsikkötasolla. Yksittäisistä puista tarkkaillaan läpimitan ja pohjapinta-alan kehittymistä pienaukkohakkuun jälkeen ja metsikkökohtaisesti kuolleiden puiden määrää: onko se lisääntynyt ja millainen kasvu on, kun vain ”puolet kuvion puista” on jäljellä.

2 TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS

2.1 Metsäntutkimuslaitos

Metsäntutkimuslaitos (METLA) on maa- ja metsätalousministeriön alainen tutkimuslaitos, joka on perustettu 1917. Metlan toiminta on pääpiirteittäin säädetty laissa ja asetuksessa, ja sen tutkimusmetsät ovat Metsähallituksen hallinnassa. Metlan toimintakenttä kattaa koko Suomen, ja sillä on alueyksikkökeskuksia Vantaalla, Parkanossa, Joensuussa ja Rovaniemellä. (Metla 2010.)

Metlan toiminta-ajatuksena on tutkimuksen keinoin edistää metsien taloudellisesti, sosiaalisesti ja ekologisesti kestävää hoitoa ja käyttöä. Metla huolehtii

myös viranomaistehtävistä, joihin kuuluvat metsäsektorin keskeiset tietopalvelu- ja tietohuoltotehtävät. (Metla 2010.)

Metla on sektoritutkimuslaitos, jonka ylin päättävä elin on johtokunta. Siihen kuuluu enintään seitsemän laitoksen tehtäväalaa tuntevaa jäsentä, joista yhden tulee olla tutkimuslaitoksen henkilöstöä. Valtioneuvosto nimittää johtokunnan jäsenet kolmeksi vuodeksi kerrallaan. Johtokunta on sitoutunut tutkimuslaitoksen kehittämiseen sekä operatiivisen johdon tukemiseen sovittujen tulostavoitteiden saavuttamiseksi. Metlan toimintaa johtaa ylijohtaja. (Metla 2010.)

Metlassa työskentelee yhteensä 330 tutkijaa, joista yli puolella vakinaisista on tohtorin tutkinto. Suurimmalla osalla on metsällinen tutkinto, mutta Metlassa työskentelee myös muiden alojen asiantuntijoita. Lisäksi laitoksella on myös ulkopuolisia tutkijoita, jotka eivät ole työsuhteessa Metlaan. Henkilöstöön kuuluu myös muun muassa laboratoriohenkilökuntaa, tutkimusmetsissä toimivia ammattilaisia, toimisto- ja hallintotehtävien ammattilaisia, atk- ja tietohallintoammattilaisia sekä asiantuntija- ja erikoistehtävissä toimivia henkilöitä. Vakituksia työntekijöitä on yhteensä noin 620. (Metla 2010.)

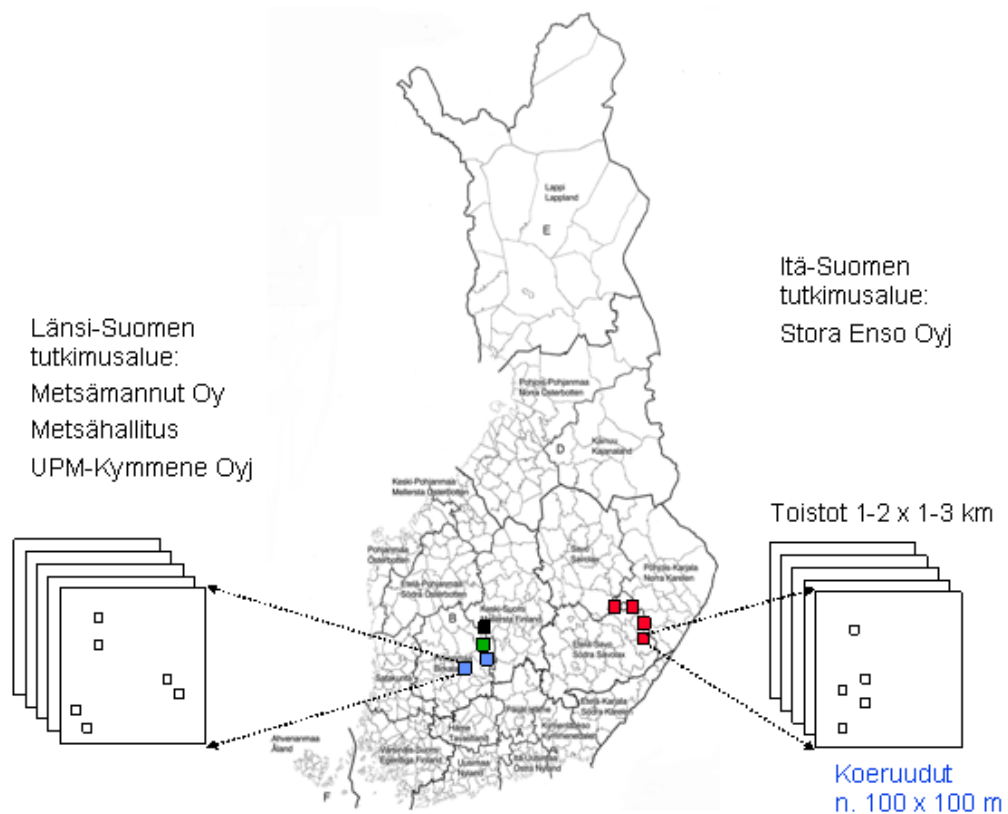
Metlan tutkimustoiminta (noin 85 % kokonaisbudjetista) on rahoitettu pääasiassa valtion budjettirahoilla. Neljännes tutkimuksesta rahoitetaan ulkopuolisella rahoituksella, joista tärkeimmät EU, Suomen Akatemia, Tekes sekä maa- ja metsätalousministeriö. (Metla 2010.)

2.2 MONTA- yhteistutkimus

Vuonna 1992 Rio de Janeirossa pidetyssä YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa esitettiin huoli nykysuuntaisen taloudellisen kehityksen ja ympäristöresurssien välisestä ristiriidasta. Oli syntynyt kestävän kehityksen ajatus, jonka tarkoituksena on sopeuttaa kulutus luonnonvarojen puitteisiin. Kestävään kehitykseen sisältyvät ekologiset, taloudelliset ja sosiaaliset näkökulmat. Metsätalouden ``vihreä muutos`` käynnistyi metsänhoitosuosittelun uusimisella luonnonarvoja painokkaammin huomioon ottaviksi. Pian metsänkäsittelyyn tehtyjen

muutosten vaikuttavuutta lähdettiin peräämään. (Kaila 1998; MONTA–hanke-
esittelymoniste 2010.)

Metsätehon koordinoima Monimuotoisuus talousmetsän uudistamisessa -hanke (MONTA-hanke) käynnistyi keväällä 1994 suunnittelulla ja koealojen hahmotamisella yhteistyössä Metlan sekä Helsingin ja Jyväskylän yliopistoiden kanssa. Sen tarkoituksena on selvittää erilaisten päätehakkuu- ja uudistamismenetelmien biologiset ja teknis-taloudelliset vaikutukset. Tutkimuksen lähtökohtana on erilaisten metsänkäsittelyvaihtoehtojen ominaispiirteitä ilmentävät maastokokeet (Taulukko 1.) Kokeelliselta pohjalta selvitetään, kuinka kustannustehokkaita eri käsittelyvaihtoehtojen muunnelmat ovat metsien monimuotoisuuden kannalta. (Kaila 1998; MONTA–hanke -esittelymoniste 2010.)



Kuva 1: Perustana yhteiset koealajärjestelyt, jotka käsittävät 8 toistoa, 43 koealaluuta ja 130 hehtaaria (Strandström 2007.)

Tutkimukset saatiin käyntiin kasvukaudella 1995, kun rahoitus varmistui ja kolme suurta metsäteollisuusyritystä sekä Metsähallitus osoittivat maitaan tutkimuskäyttöön (Kuva 1.) Koemetsiköitä on sekä itäisessä että läntisessä Suomessa. Rahoitukseen osallistui myös Metsätehon ja Metlan lisäksi maa- ja metsätalousministeriö, opetusministeriö, Metsämiesten Säätiö, Maj ja Tor Nesslingin säätiö sekä Suomen Akatemia. (MONTA–hanke -esittelymoniste 2010.)

Tutkimuksen kohteiksi valittiin päätehakkuukypsät tuoreen kankaan kuusikot, koska kuusimetsät ovat tärkeä teollisuuden raaka-ainelähde, niiden eliölajisto on monimuotoinen ja metsänuudistamisessa muuten kuin muokkauksen ja viljelyn kautta on ongelmia. (MONTA–hanke -esittelymoniste 2010.)

Taulukko 1: Koeruutujen käsittelyt. MONTA–hanke -esittelymoniste 2010.

Käsittelytapa	Puustosta jäljellä	Uudistamistapa
Kontrolli	1/1	-
Harsintahakkuu	2/3	Luontainen
Pienaukkohakkuu	½	Luontainen
Pienaukko ja muokkaus	½	Luontainen
Säästöpuuhakkuu ja muokkaus	1/15	Kuusen istutus
Avohakkuu ja muokkaus	0	Kuusen istutus

2.3 Mitä ovat pienaukkohakkuut?

Pienaukkohakkuut ovat ikään kuin pienimuotoista avohakkuuta, joissa hyödynnetään luontaista uudistumista. Uudistettavaan metsikköön hakataan pieniä aukkoja, jotka jätetään taimettumaan luontaisesti. Kun alue on taimettunut, hakkaamattomat välisektorit päätehakataan kerralla ja viljellään. Mahdollisuutena on myös laajentaa jo hakattuja aukkoja tai lisätä niitä. Aukkojen koko ja määrä

riippuvat tavoitteista, mutta esimerkiksi hehtaarin alueelle voidaan tehdä kolme aukkoa ja jättää näin puolet alasta taimettumaan. Pienaukkohakkuiden järjestelyt ovat vielä pitkälti teoreettisia hahmotelmia. MONTA- tutkimuksessa aukot olivat läpimitaltaan 40–50 metrin kokoisia, ja niistä poistettiin noin puolet puustosta. Pyrkimyksenä äkillisen suuren muutoksen välttäminen ja usein myös metsänviljelykustannusten pienentäminen uudistamalla osa alueesta luontaisesti. Pienet aukot jäävät täysikasvuisen puuston suojaan, jolloin vaikutelma peitteisyydestä säilyy. Toisaalta maisemallinen hyöty katoaa välialueiden hakkuun myötä, sillä syntynyt taimikko on vielä pientä. (Valkonen ym. 2010; Koskinen 2008; Valkonen ym. 2007.)

Pienaukkohakkuut soveltuvat parhaiten kuusikkojen uudistamiseen, sillä ne ovat yksinkertaisempia toteuttaa. Varjoa sietävänä puulajina kuusi menestyy alikasvoksena ja toipuu hyvin vapautuksen ja harvennuksen jälkeen. Lisäksi kuuselle ei ole vielä löytynyt suojuspuu-, ja kaistalehakkuun ja itsestään syntyneen alikasvoksen vapauttamisen lisäksi muita toimivia luontaisen uudistamisen keinoja. Näissä menetelmissä ongelmana on taimettumisen hitaus ja epävarmuus. Pienet luontaisesti syntyneet taimet tukahtuvat helposti rehevän pintakasvillisuuden alle. Koivun ja männyn käsittelyssä voidaan sen sijaan käyttää vaikkapa siemenpuuhakkuuta, sillä ne ovat valopuita. Toisaalta rehevien kasvu- paikkojen pieniin aukkoihin syntyy yleensä runsaasti koivua ja muita lehtipuita, mutta varjostus haittaa suurelta osin taimien kasvua. On mahdollista säädellä kuusen ja koivun taimettumista aukon koolla, mutta käytännön kokemukset ovat vielä vähäisiä. Tässä työssä keskitytään kuusikkojen pienaukkohakkuihin. (Valkonen ym. 2010; Koskinen 2008; Valkonen ym. 2007.)

Pienaukkohakkuuta voidaan ensisijaisesti ajatella erikoismetsien uudistamistavaksi, jotta saatava hyöty on suuri ja mahdollisesta epäonnistumisesta aiheutuvat rahalliset tappiot pienemmät, koska puuntuotos ei ole tärkein tavoite. Tällaisia voivat olla esimerkiksi metsälaissa mainitut tärkeät elinympäristöt, joiden ominaispiirteet säilyttävä hakkuu on sallittu, luonto- ja maisemakohteet, virkistysalueet, ulkoilumetsät, kaupunkimetsät, tontit, asutuksen lähimetsät, kaava-alueet ja metsät, joilla on eriasteisia suojelupäätöksiä. (Valkonen ym. 2010.)

Erityishakkuut, kuten pienaukkohakkuu, ovat olleet mahdollisia vuodesta 1997, kun uusi metsälaki astui voimaan. Metsänomistaja voi metsälain 6 §:n mukaan halutessaan toteuttaa erityishakkuuta, mikäli kohteella on metsän monimuotoisuuden, maiseman tai monikäytön kannalta merkitystä. Vaihtoehtoiset metsän uudistamistavat sisältyvät nykyisin myös Tapion Hyvän metsänhoidonsuosituksiin ja Metsähallituksen ympäristöoppaaseen. Kuitenkin pienaukkohakkuihin liittyvä lainsäädäntö ja sen soveltaminen on vielä varsin heikolla pohjalla ja tulokannanvaraista. Nykyisessä lainsäädännössä ei ole määritelty hakkuuaukon pienintä mahdollista kokoa, joten pienaukkohakkuu olisi sallittua ainakin tämän pohjalta. Ongelmia voi syntyä käytännössä esimerkiksi hakkuun valinnassa ja toteuttamisessa, uudistamisen tuloksellisuudessa ja nopeudessa, kasvatushakkuun periaatteissa ja toteuttamisessa, puusto- ja maastovaurioissa, vastuissa ja velvollisuuksissa sekä erityiskohteiden hakkuuta koskevissa säädöksissä. Suunniteltaessa pienaukkohakkuuta on varmistettava asiantuntijoiden kanssa sen lainmukaisuus. Muutenkin erityishakkuut vaativat ammattitaitoa, kohteen tarkempaa tarkastelua sekä suunnittelua. Toisaalta ammattiavun käyttö voi tulla kalliiksi pienipiirteisenä, joten omatoiminen metsänomistaja saa parhaan hyödyn hankkimalla itse arvokasta tietoa toteuttamisesta ja riskeistä. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008; Metsälaki 2010; Valkonen ym. 2010.)

2.4 Pienaukkohakkuiden edut

Suomen metsäala elää merkittävää rakennemuutosta, jonka taustalla hämöttävät muun muassa kysynnän ja tarjonnan muutokset metsäteollisuustuotteiden kansainvälisillä markkinoilla, ilmastonmuutos sekä uusiutuvia energiamuotoja tukeva politiikka. Metsätulojen merkitys on pienentynyt jatkuvasti ja arvot muuttuneet. Metsiämme on kautta aikojen käytetty virkistykseen ja esimerkiksi metsästykseseen. Luontomatkailu ja siihen liittyvä maisema-arvokauppa sekä kiinnostus metsien suojeluun korvausta vastaan ovat kehittyneet voimakkaasti. Metsille on myös kaavailtu suurta roolia ilmastonmuutoksen hidastamisessa. Viime vuosina suhtautuminen metsänhoitoon on vähitellen vapautunut. Nämä

seikat lisäävät kiinnostusta metsän peitteisyyttä säilyttäviin metsänhoitomenetelmiin (Jalonen ym. 2006; Metla 2009; Seppälä 2010; Valkonen ym. 2010.)

Metsälajiston säilymistä on perinteisesti pyritty turvaamaan perustamalla suojelualueita, kuten luonnonpuistoja ja kansallispuistoja. Näitä ei kuitenkaan voida perustaa rajattomasti, ja suuri osa metsälajistosta elää suojelualueiden ulkopuolella. Näin ollen suojelualueita ympäröivän talousmetsän käsittelytapa vaikuttaa suuresti monimuotoisuuteen. Suojelu- ja talousmetsäalueet tulee nähdä kokonaisuutena. Kehittämällä luonnonmukaisempia käsittelytapoja voidaan luoda vaateliaillekin lajeille elinmahdollisuuksia talousmetsissä. Tarvitaan tutkimusta ja vankkaa tietämystä metsien luontaisesta rakenteesta, kehityksestä ja lajistosta. (Kauhanen, Kuuluvainen, Ylisirniö ja Huhta 2008 .)

Luonnontilainen boreaalinen metsä onkin joustava systeemi, johon vaikuttavat erilaiset häiriötekijät, kuten taudit, myrskyt, tuhohyönteiset, tulvat ja metsäpalot. Nämä tappavat puita synnyttäen luontaisia aukeita. Metsiköt uudistuvat myös itseharvennuksella. Ikääntynyt puusto harvenee ja kuolee, jolloin uudet puuntaimet saavat kasvutilaa aukkopaikoissa. Häiriöt luovat metsiin eri-ikäisrakenteen. Metsien luontaiseen hoitoon pyrittäessä on tunnettava häiriödynamiikan ominaispiirteet, jotka kuuluvat metsikön normaaliin kehitykseen. (Valtion ympäristöhallinto 2010 a.)

Suomessa taas asenteisiin on iskostunut metsikkötalouden menetelmä, jossa metsät ovat pitkälti tasaikäisiä, lukuun ottamatta säästöpuita, ylispuita ja alikasvoksia. Uudistamisketjuun kuuluvat avo-, kaistale-, siemenpuu-, tai suojuspuuhakkuu, joita seuraavat istutus, kylvö tai luontainen uudistuminen. Näin ollen biologinen monimuotoisuus jää vähäisemmäksi, kun metsiköt ovat tasaikäisiä ja häiriötekijät minimoitu. (Koskinen 2008.)

Toisaalta ainoastaan metsien eri-ikäis rakenne ei turvaa monimuotoisuutta, sillä ajoittain toistuvat metsäpalot ovat vaikuttaneet suuresti pohjoisten havumetsien kehittymiseen ja rakenteeseen aikojen saatossa. Nykyisin ihmisen tehokkaan palontorjunnan vuoksi metsäpalot ovat olennaisesti vähentyneet. Tulella on vaikutuksensa esimerkiksi maan kemialliseen koostumukseen, siementen itämiseen

ja puuston läpimittajakaumaan. Monet harvinaistuneet lajit tarvitsevatkin elinympäristökseen hiiltyneitä ja vanhoja puita. Pienaukkohakkuut eivät itsessään lisää tätä palanutta puuainesta, ja kulottaminen on lähes mahdotonta poiminta- ja pienaukkohakkuuta käytettäessä. (Kauhanen ym. 2008; Koskinen 2008.)

On muistettava myös, että luonnon monimuotoisuus käsittää kaiken kaikkiaan lajien sisäisen perinnöllisen vaihtelun, elinympäristöjen monimuotoisuuden sekä lajirunsauden. Eri-ikäismetsätalous pienaukoin ei yksistään lisää välttämättä lajien monimuotoisuutta, koska siihen vaikuttavat monet muutkin seikat kuin puusto koko- ja ikäjakauma. Lajistollisen monimuotoisuuden edellytys on runsas puulajien määrä, jota pienaukkohakkuut eivät kasvata, kun kuusen vallitsevuus lisääntyy sen käytön myötä. Toisaalta riittävän suuret aukot luovat otollisen kasvuympäristön lehtipuulle, jolloin puulajisuhteet eivät ainakaan yksipuolistuisi. (Koskinen 2008, Valtion ympäristöhallinto 2010 b.)

Suuria avohakkuuta pienipiirteisemmällä käsitellyllä arvellaan olevan jonkin verran merkitystä monimuotoisuuden turvaamisessa talous- ja erikoismetsissä. Pienaukkohakkuilla voidaan lisätä esimerkiksi pienipiirteisten elinympäristöjen vaihtelua. Toisaalta luonnonhoidon tärkeimmiksi kehittämiskohteiksi on nostettu säästö- ja lahoppuuston määrän lisääminen. Lahoppuun väheneminen ja muutokset sen laadussa ovat syynä monien lajien uhanalaistumiseen ja häviämiseen metsäluonnosta. Esimerkiksi noin 20 % Suomen kovakuoriaislajistosta elää lahoavalla puuaineksella. Pienaukkohakkuut eivät itsessään synnytä enempää säästö- ja lahoppuustoa, vaan ne on jätettävä kuten muissakin hakkuissa. Säästöpuuryhmät tai pienaukkohakkuu on kuitenkin yksittäisiä säästöpuita parempi vaihtoehto säilytettäessä peitteisen metsälajeja, vaikka pienilmasto joka tapauksessa jonkin verran muuttuu. (Valkonen ym. 2010; Metsäkeskus 2010; Koskinen 2008.)

Pienaukkohakkuuta perustellaan usein luonnonmukaisuudella. Avohakkuuseen verrattuna se voi ollakin sitä joiltain ominaisuuksiltaan. MONTA -koejärjestelyissä pyrittiin puusukupolven uudistamiseen tasaikäiseksi uudeksi sukupolveksi. Pienaukoilla voidaan myös uudistaa hyvin pienipiirteisesti toi-

menpiteen kestäessä monia vuosikymmeniä, jolloin syntynyt metsä on hyvinkin erirakenteinen. Pienaukkohakkuiden käyttö on kuitenkin vielä marginaalista. (Koskinen 2008; Valkonen ym. 2010.)

Suuriin avohakkuisiin verrattuna pienaukkohakkuut muuttavat maisemaa pehmeämmin ja hitaammin. Metsämaiseman pysyvyys on tärkeää monikäytön kannalta, eikä metsän arvoa mitata ainoastaan puuntuotoksen näkökulmasta. Laajat avohakkuuaukeat näyttävät ihmisistä rumilta ja heikentävät metsän virkistysarvoa, esimerkiksi vaikeuttamalla kulkemista. (Koskinen 2008.)

2.5 Pienaukkojen edellytykset ja riskit

Pienaukkohakkuun onnistumisen kannalta tärkeää on metsän uudistumiskyky. Puuston siementuotannon on oltava riittävän suuri, joten erikoishakkuuta ei kannata edes harkita huonokuntoiseen, vajaapuustoiseen, vanhaan tai kasvupaikalla väärää puulajia kasvavaan metsikköön. Reunapuuston tulee olla elinvoimaista ja riittävän tiheää sekä puuston iän sopiva ja latvuskerroksella riittävästi tilaa, jotta syntyy tarpeeksi itämiskykyistä siementä. On myös epävarmaa, taimettuuko 60–70-vuotias päätehakkuukypsä kuusikko riittävästi. (Koskinen 2008; Valkonen ym. 2010; Valkonen ym.2007.)

Kuusen siemenvuodet vaihtelevat suuresti. Todella otollisia siemenvuosia on vain noin 10-12 vuoden välein, hyviä siemenvuosia hieman useammin. Epäedulliset sääolosuhteet heikentävät siementen tuleentumista etenkin Pohjois-Suomessa. Kuusen kaikista siemenaiheista syntyy siemen riippumatta siitä, onko pölytys onnistunut vai ei. Tyhjien siementen määrä heikentääkin siemensatoa huomattavasti. Lisäksi siemeniä uhkaavat monet hyönteis- ja sienituhot, esimerkiksi käpykärpäset, käpykoiset ja ruostesienet ovat yleisiä. Reunapuuston ensisijainen tehtävä on taimetta hakattu aukko, mutta se antaa myös suojaa syntyneille taimille ja vähentää pintakasvillisuuden kilpailua. Toisaalta reunametsikkö hidastaa taimien kasvua kilpailullaan. (Metla, Metinfo: Metsänjalostus 2009; Metlan siementiedote 2010; Koskinen 2008; Valkonen ym. 2010.)

Heinittyminen ja vesoihoituminen ovat suuri riski pienaukkohakkuissa, varsinkin jos kohtalaistakaan siemenvuotta tai edullisia sääolosuhteita ei satu kohdalle. (Valkonen ym. 2010.)

Valoisuuden lisääntyessä pioneeripuulajit, kuten koivu, valtaavat helposti pienaukon. Toisaalta reunametsän kilpailu ja varjostus vähentävät niiden elinmahdollisuuksia. Koivusekoituksesta voi olla hyötyä kuusen taimille, sillä koivut suojaavat hallalta, mutta pidempinä aiheuttavat myös mekaanisia vaurioita piiskaamalla pieniä kuusen taimia ja kilpailemalla kasvuedellytyksistä. (Koskinen 2008.)

Taimettuminen ja taimien kasvu on siis hidasta, mikä pidentää kiertoaikaa pienaukoilla. Tämä aiheuttaa korkomenetyksiä. MONTA-tutkimuksen pienaukot olivat jäljessä istutustaimikoista noin 5 vuotta, kun hakkuusta oli kulunut 10 vuotta. Pienaukkohakkuun onnistumista voidaan tarkastella, kun aukolle on syntynyt vakiintunut taimikko. Taimikon on oltava riittävän tiheä ja tasaisesti jakautunut, eikä reunapuustossa saa olla merkittävästi hakkuuvaurioita. (Koskinen 2008; Helsingin yliopiston metsätieteiden laitos 2010 ;Valkonen ym. 2010.)

Pienaukkohakkuissa uudistettavalle alalle tullaan useita kertoja hakkuukoneiden kanssa. Tämä lisää korjuukustannuksia ja on muistettava, että hakkuissa on aina runko- ja juurivaurioiden sekä maaperävaurioiden riski. Nämä ovat sidoksissa käytettävissä olevaan työtilaan, työn määrään, ajokertojen määrään, koneiden varusteluun sekä kuljettajan ammattitaitoon. Syntynyt taimikko voi vaikeuttaa hakkuuta, eikä se saisi vaurioitua merkittävästi hakkuissa. Kuusen hakkuissa on aina myös suuri tyvilahon riski, joka lisääntyy reuna-alueen lisääntyessä. Tuoreet kaatopinnat eivät kuitenkaan ole tartunnan kannalta suurin ongelma, sillä talvihakkuut ja torjunta-ainekäsittelyt pienentävät riskiä. Sen sijaan korjuuvauriot voivat olla lahottajasienien suora reitti terveeseen metsikköön. Pienaukkohakkuissa syntyviä vaurioita on kuitenkin helpompi välttää kun poimintahakkuissa. (Koskinen 2008; Valkonen ym. 2010.)

Pintajuurisenä kuusi on erittäin altis myrskytuhoille erityisesti metsänreunoissa ja juuri harvennetuissa kuusikoissa. Pienaukkohakkuissa syntyy runsaasti reunapuustoa, ja tuulenkaatoriskiä voidaan pienentää suunnittelemalla jäävä puusto riittävän ehjäksi kokonaisuudeksi. Repaleiset välialueet kaatuvat helposti, mutta pienet aukot muuten ehjässä metsäpeitteessä eivät aiheuta tuulituhoja. Teoriassa myrskytuhoja voitaisiin ehkäistä myös harventamalla aukon puusto ennen varsinaista hakkuuta, jotta puustolla olisi aikaa sopeutua muuttuviin olosuhteisiin. (Koskinen 2008; Valkonen ym. 2010, Helsingin yliopiston metsätieteiden laitos 2010.)

3 AINEISTO JA MENETELMÄKUVAUS

3.1 Hypoteesit

- Reunapuuston kasvu lisääntyy pienaukkohakkuun jälkeen kun kilpailu pienenee, mutta kasvun nopeutuminen käynnistyy viiveellä.
- Kasvureaktio (nopeutuminen) näkyy puiden kasvussa noin 20 metrin etäisyydelle saakka.
- Jyrkästi muuttuneet säteilyolosuhteet voivat aiheuttaa kasvun taantumistakin aivan reunimmaisissa puissa (fysiologinen ja morfologinen sopeutuminen, auringonpolttamat).
- Reunapuustolla on kohtalaisen suuri tuulenkaatoriski.

3.2 Koealueet ja niiden käsittelyt

MONTA-yhteistutkimuksessa tarkastelun alla ovat ekologiset näkökulmat, jotka käsittävät eliöstön reagoinnin erilaisiin hakkuu- ja maankäsittelytapoihin sekä eliöstön kehityksen hakkuun jälkeen. Toisena tutkimusnäkökulmana ovat teknis-taloudelliset seikat eli metsänkäsittelyvaihtoehdoista koituvat korjuukustannukset ja niiden pitkän aikavälin seuraukset puuhankintaan sekä raaka-aineen laatuun ja määrään. Tutkimuksissa tarkastellaan myös uudistamiskustannuksia ja taimikoiden laatua eri päätehakkuu- ja maankäsittelytapojen perusteella. Inventoinnit tapahtuivat pääosin vuosina 1995, 1996, 1997, 1998, 2006 sekä erillisinventointeina tuulenkaadot 1998, 2000 ja 2002, taimet 2002, maaperän hajottajaeläimet 2005 sekä lahoppuukovakuoriaiset 2007. Erikoishakkuiden, kuten pienaukkohakkuun ja harsinnan koejärjestelyt ovat vielä kesken. (Metsäteho 1998; MONTA–hanke -esittelymoniste 2010.)

Pienaukkohakkuut käsiteltiin maanmuokkauksella tai ilman. Kukin käsittely toteutettiin yhdessä metsikössä. Koealueen metsiköt sijaitsivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Kasvupaikaltaan ja puustoltaan ne olivat riittävän samankaltaisia, koealueen sisällä ja kaikilla koealueilla. Koemetsiköiden tarkoituksena oli edustaa samanlaista kasvupaikkaa ja puustoa, mutta tässä oli pakko joustaa jonkin verran. Puusto oli pääosin päätehakkuukypsää, iältään noin 90-130-vuotiasta kuusikkoa (taulukko 3). Seassa oli jonkin verran mäntyjä ja koivuja. Jokaisella koealueella oli yksi koemetsikkö käsittelynä ”pienaukko, ei maanmuokkausta” ja alueilla 1-3 (Taulukko 2.) lisäksi ”pienaukko+ maanmuokkaus”. (MONTA-asiakirja 2007; Koskinen 2008.)

Pienaukkohakkuiden metsiköissä metsätyyppinä oli pääosin tuore kangas (MT), lukuun ottamatta Savonrantaa, jossa metsätyyppinä lehtomainen kangas (OMT.) Pientä vaihtelua oli pakko hyväksyä olosuhteiden pakosta. Pinta-alaltaan koemetsikön tuli olla vähintään 1,5 ha. Kuhunkin koemetsikköön sijoitettiin yksi 1 ha:n kokoinen koeruutu (100 m * 100 m), joka sijoitettiin metsikön keskiosaan puustoa hyvin edustavasti. (Koskinen 2008.)

Taulukko 2. Koealueiden pienaukkojen sijainti ja käsittely. (MONTA–hanke-esittelymoniste 2010.)

Alue	Sijainti	Hakkuu
1	Kuorevesi	Pienaukkohakkuu Pienaukko, <i>muokat.</i>
2	Orivesi	Pienaukkohakkuu Pienaukko, <i>muokat.</i>
3	Haukilahti	Pienaukkohakkuu Pienaukko, <i>muokat.</i>
4	Keuruu	Pienaukkohakkuu
5	Kerimäki	Pienaukkohakkuu
6	Savonranta	Pienaukkohakkuu
7	Heinävesi, Hasunmäki	Pienaukkohakkuu
8	Heinävesi, Kokkola	Pienaukkohakkuu

Taulukko 3. Puuston keski-ikä vaihteluväli metsiköiden ja käsittelyiden välillä. (MONTA–hanke-esittelymoniste 2010.)

Kuorevesi	110–150 vuotta
Orivesi	96–121 vuotta
Haukilahti	92–143 vuotta
Keuruu	81–93 vuotta
Kerimäki	79–96 vuotta
Savonranta	82–131 vuotta
Heinävesi, Hasunmäki	75–88 vuotta
Heinävesi, Kokkola	73–99 vuotta

3.3 Pienaukkohakkuiden toteutus

Koemetsikön ruudun sisälle rajattiin kolme pienaukkoa, jotka olivat kooltaan noin 40 m x 40 m. Näin ollen ne kattoivat puolet ruudun pinta-alasta. Pienaukkohakkuussa poistettiin kaikki ainespuu samalla välttäen alikasvoksen tuhoutumista. Koeruutujen ympärille jätettiin 10–50 metrin levyinen reunavyöhyke, jolla puustoa tai maata ei käsitelty.

Ajourat tehtiin keskimäärin yli 20 metrin etäisyydelle toisistaan, siten että niitä tuli 4–5 kpl/ha. Aukot, joiden läpimitta oli kohtisuoraan ajouraan nähden enintään 10 m ja ajouran suuntaisesti enintään 20 m, sijoitetaan ajourille yli 40 metrin etäisyydelle ajouran suunnassa toisistaan. Aukkoihin jätettiin mahdollisuuksien mukaan lehtipuut hakkaamatta ja alikasvos raivaamatta. Hakattava pinta-ala oli siten enintään noin kolmannes. (Leimaus- ja hakkuuohjeita käsittelyille uudistuskypsässä kuusivaltaisessa metsikössä 1995.)

Puustoiset välialueet jätettiin kokonaan käsittelemättä. Ne oli tarkoitus hakata myöhemmin yhtä aikaa ja uudistaa viljellen.

3.4 Pienaukkojen puustomittaukset

Aineisto kerättiin mittauksin 1995–2009. Puuston lustojen kasvutiedot näkyvät vuosittain ennen hakkuuta 1995 ja käsittelyn jälkeen koealueittain joko vuoteen 2007 tai 2009. Lustojen vuosittaisia kasvuhavaintoja on kokonaisuudessaan vuosilta 1988–2009. Puusto mitattiin koko koeruudun alueelta.

Aineisto siis koostuu kartoitettujen reunapuiden kasvukairauksista sekä koko koeruudun (1 ha) puustotiedoista ennen hakkuuta ja hakkuun jälkeen.

Pienaukkojen tuulenskaadot inventoitiin vuosina 1998–2002, ja niistä syntyi erillinen data.

MONTA 2006-hankkeen pienaukkojen puustomittauksen tarkoituksena oli hankkia aineisto, jolla tutkitaan pienaukkojen taimettumista ja reunapuuston kehitystä tarkemmin kuin koko ruudun kokonaistilanteen selvittämiseen tarkoitettulla yleisellä mittauksella. Kaikissa myöhemmissäkin mittauksissa käytettiin samoja koepuita.

Puuston mittausohjeet (Valkonen, 2006):

Aukon reunat määritettiin taimikoealojen sijoittamisen yhteydessä. Niiden sijoittaminen aloitettiin pienaukon keskipisteestä. Se määritettiin mittaamalla aukon halkaisija pohjois-etelä- ja itä-länsisuunnassa, ja lähtöpiste sijoitettiin niiden keskiarvojen leikkauspisteeseen. Lähtöpisteen koordinaatit olivat (0,0).

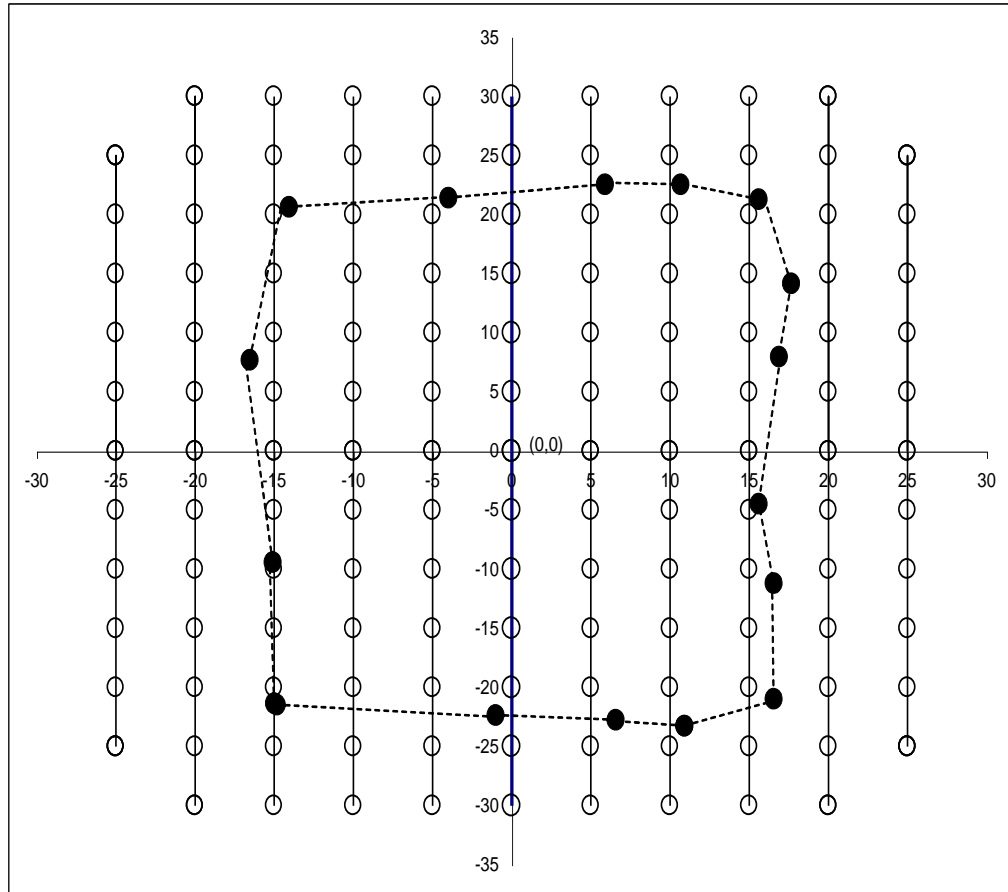
Lähtöpisteestä aloitettiin ”keskimmäisen” mittalinjan vetäminen. Vedettiin suoraa linjaa kohti pohjoista. Linjalle sijoitettiin koealojen keskipisteet viiden metrin välein. Ensimmäinen koeala oli pisteessä (0,0). Linjaa edetessä määritettiin ja mitattiin se piste, jossa linja leikkaa aukon reunan eli reunametsän. Reuna määriteltiin uloimpien puiden tyvin keskipisteiden mukaan.

Ensimmäistä linjaa vedettiin edelleen pohjoiseen niin pitkälle, kunnes ulomman koealan etäisyys reunametsään oli vähintään 7,5 m. Y-koordinaatti kasvoi (0,0), (0,5)...Linjan koealoista piirrettiin samalla karttaa, johon merkittiin reunametsän sijainti. Sen jälkeen palattiin pisteeseen (0,0) ja vedettiin linja samalla tavalla etelään päin. Y-koordinaatti oli negatiivinen ja pieneni.

Kun ensimmäinen (”keskimmäinen”) linja oli valmis, palattiin pisteeseen (0,0). Seuraava linja sijoitettiin siitä 5 m länteen, ja mitattiin samalla tavalla pohjois-eteläsuunnassa. Seuraavat linjat sijoitettiin samalla tavalla aina 5 m:n välein. Linjan x-koordinaatti kasvoi itään.

Linjat, koealat ja kunkin linjan ja metsänreunan leikkauspisteet merkittiin aina karttaan ja ne yhdistettiin yhtenäiseksi reunaviivaksi.

Kun keskipisteen itäpuoli oli katettu, toistettiin sama länsipuolella. Tällä tavalla katettiin 5 m* 5 m ruudukolla koko aukon pinta-ala ja hakkaamaton osuus vähintään 7,5 m etäisyydelle reunametsästä. Samalla aukosta valmistui kartta (kuva 2). Mittaus ja kartoitus ulotettiin myös hehtaarin koeruudun ulkopuoliselle vaipalle, jos se oli tarpeen.



Kuva 2. Reunapuut mustilla ympyröillä merkittynä.(Valkonen 2006.)

Kaikki yli kolmen metrin pituiset puut mitattiin ja numeroitiin juoksevasti. Niiden syntypisteen koordinaatit mitattiin samassa koordinaatistossa kuin taimikoealat. Puista mitattiin puulaji, puujakso, puustoryhmä, läpimitta rinnankorkeudelta (kahdesta suunnasta) sekä terveydentila.

Kun puut oli mitattu, niistä valittiin koepuut. Puut poimittiin 10 cm:n läpimittaluokkiin ja järjestettiin luokkien sisällä numerojärjestykseen. Jokaisesta läpimittaluokasta valittiin viisi puuta systemaattisella otannalla. Puut jaettiin viiteen yhtä monta puuta sisältävään ryhmään. Puiden lukumäärä ryhmässä on samalla otantaväli. Arvottiin ensin kuinka mones puu valittiin ensimmäisestä ryhmästä. Sen jälkeen valittiin muut otantavälin mukaan.

Koepuista mitattiin pituus, elävän latvuksen alaraja ja kantoläpimitta kahdesta suunnasta. Jokaisesta koepuusta otettiin rinnankorkeudelta kairanlastu, joka ulottui ytimeen asti. Korkeintaan 5 cm paksuja puita ei kairattu, vaan ne kaadettiin ja niistä otettiin kiekko.

Jokaisen metsikön koeruudulla (1 ha) oli kolme pienaukkoa, jotka kaikki mitattiin. Mittaamatta jätettiin kuitenkin selvästi poikkeavat pienaukot, joissa

- oli muusta aineistosta poikkeava kasvupaikkatyyppi: RhK, MK, KgK, MkKoj, MKoj
- pienaukko jakautui kasvupaikaltaan ja topografialtaan toisistaan selvästi poikkeaviin osiin (suo, jyrkänne, kallio tms.).
- pienaukon joltakin reunalta puuttuu kunnon reunametsä tai se on liian kapea tai harva vastatakseen sulkeutunutta vanhaa metsää kuten muilla pienaukoilla.

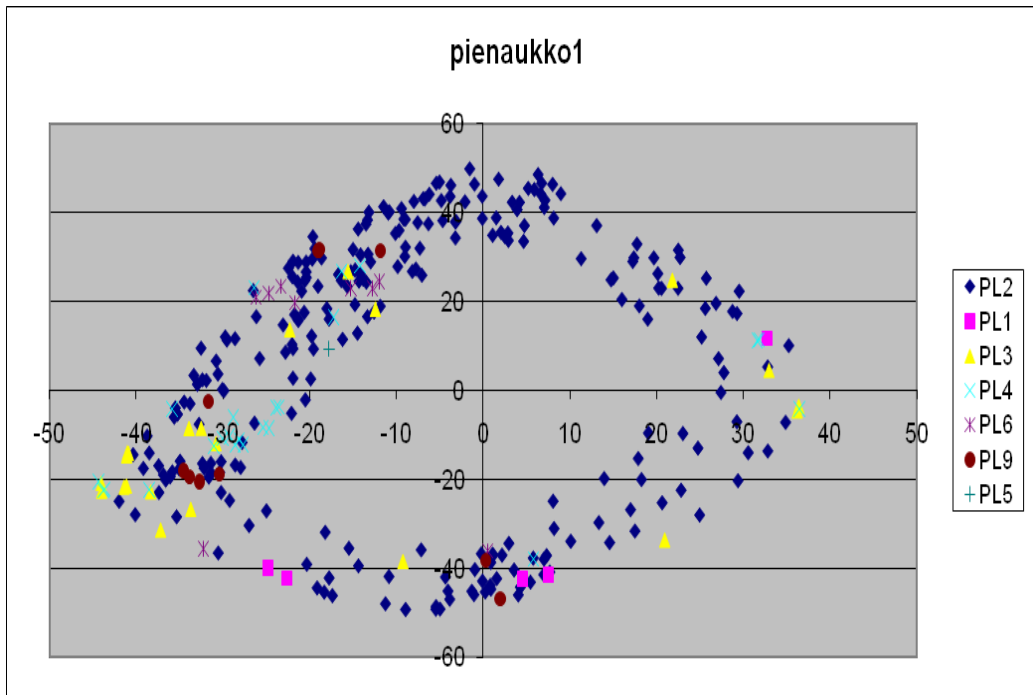
3.5 Aineiston käsittely

Mitatuista tiedoista syntyi aineisto, josta ilmenee mittauksen päivämäärä, alue, koeala, käsittely, puunnumero, puulaji, ikä, kuori mm, rinnankorkeusläpimitta, pituus (2009 mitatut), elävän latvuksen alaraja m (2009 mitatut), mittausten lukumäärä sekä lustojen kasvutiedot vuosittain (taulukko 4.) Havaintoja on yhteensä 639 puusta.

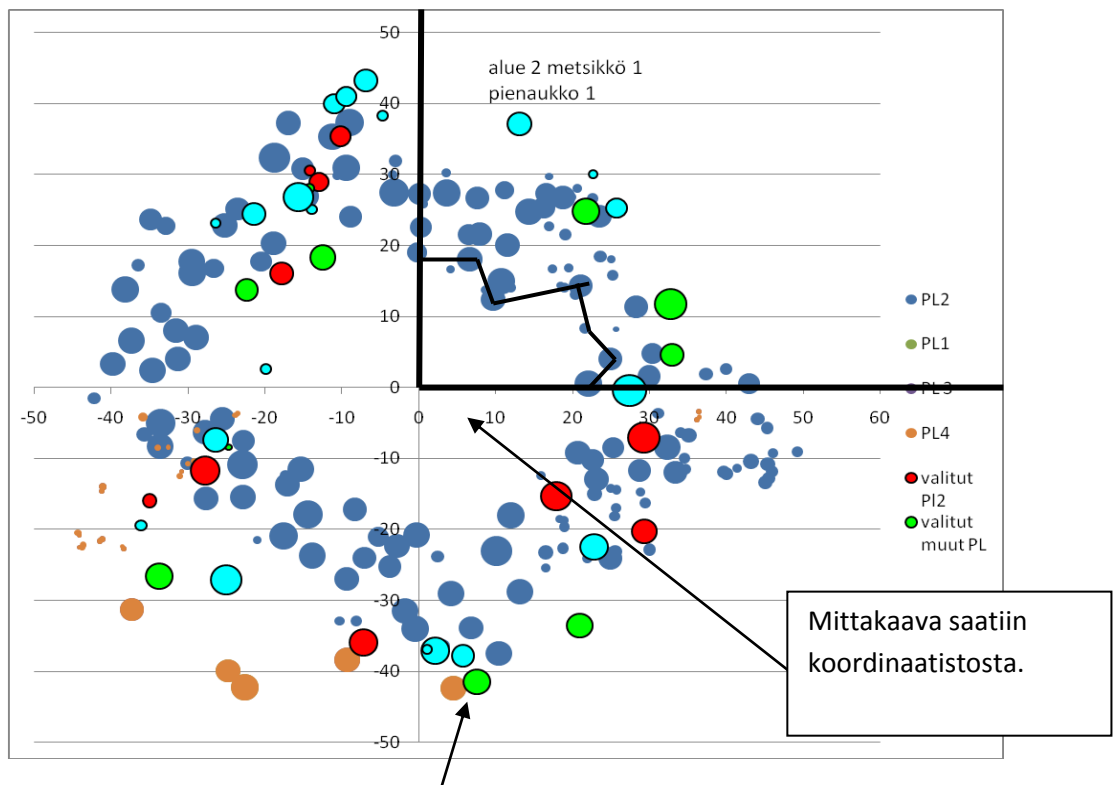
Jokaisen yksittäisen puun paikka koordinaatistossa tiedetään ja niistä on luotu kartta (kuvat 3 ja 4). Tutkimushavaintojen tekemistä varten tarvittiin myös puun etäisyys reunasta. Se saatiin suurentamalla ja tulostamalla kartta aineistosta lohko kerrallaan (kuvan 4 reunukset) ja hahmottamalla aukon reuna reunimmaisten puiden keskipisteiden kautta. Klikkaamalla reunustettua koepuuta saatiin koordinaatit esiin. Taulukosta katsottiin kyseisille koordinaateille sattuvan puun numero. Sitten mitattiin viivoittimella puun etäisyys reunasta metreinä. Mittakaava saatiin koordinaatistosta. Tiedot lisättiin taulukkoon 4. Aineistoa korjattiin myös sädekasvuindeksillä ja regressioanalyysillä. Aineistoa käsiteltiin Excel-ohjelmalla.

Taulukko 4. Esimerkki syntyneestä aineistosta. Lustot mitattu 20 vuodelta.

Pvm	Alue	Koe	Käsit.	Nro	Laji	Ikä	D 1.3	Pit.	Latvus	Mitt. lkm	Lustot mm		
100609	1	2	2	210	2	78	16	14,2	7,4	20	0,588	0,773	0,535
100609	1	2	2	178	2	101	29,6	25,9	3,7	20	0,499	0,533	0,632
100609	1	2	2	201	1	142	32,35	24,2	17,7	20	0,303	0,839	0,515
100609	1	2	2	154	2	134	37	27,5	7,2	20	0,409	0,371	0,343
100609	1	2	2	163	2	102	29	24,6	8,1	20	0,66	0,41	0,54
100609	1	2	2	322	1	145	35,8	26,6	17,9	20	1,225	1,573	1,348
100609	1	2	2	294	2	125	38	24,2	8,7	20	1,648	1,157	1,081
100609	1	2	2	283	1	121	28,85	27,9	19,7	20	0,782	1,113	1,25
100609	1	2	2	299	2	112	4	3,4	3,1	20	0,233	0,329	0,446
100609	1	2	2	304	2	53	9	10,5	4,3	21	0,337	0,652	0,613
100609	1	2	2	263	2	62	12	15,5	6,8	20	0,277	0,166	0,164
100609	1	2	2	238	2	108	29	24,6	8,1	20	0,936	0,787	1,125
100609	1	2	2	240	2	119	28,2	25	8,4	20	0,492	0,428	0,283
100609	1	2	2	129	2	72	9	8,2	3,9	20	0,204	0,111	0,094
100609	1	2	2	88	2	113	42	29,1	7,5	20	0,704	0,862	1,076



Kuva 3.



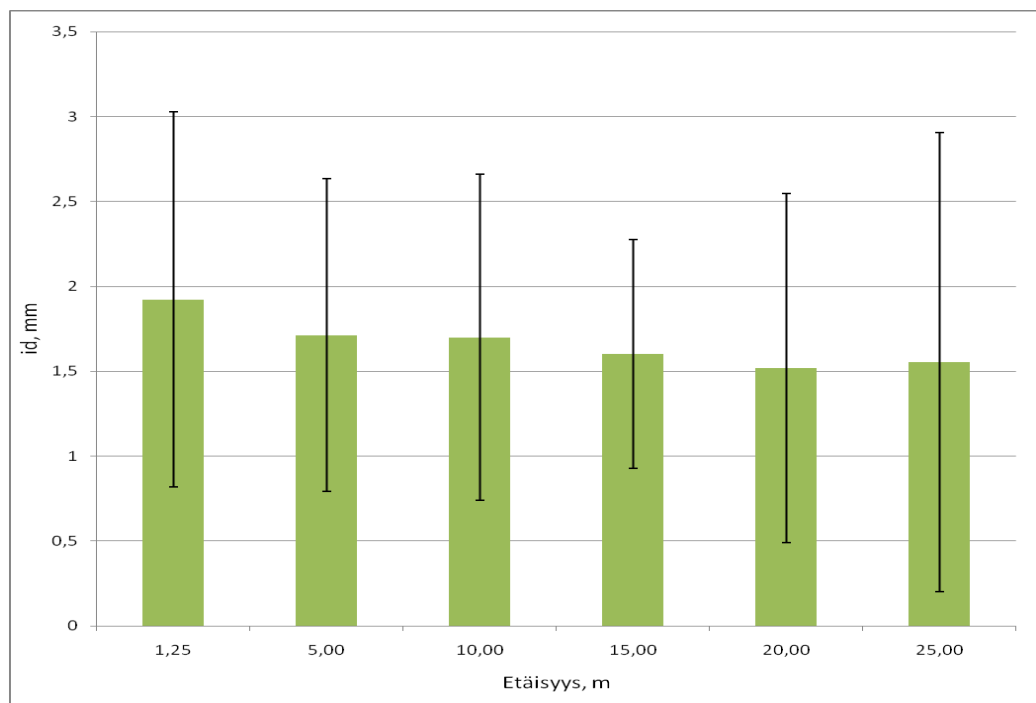
Kuva 4. Pisteiden aktivointi tuo esiin koordinaatit ja puun numeron. Koepuut reunustettu tummalla.

4 TULOKSET

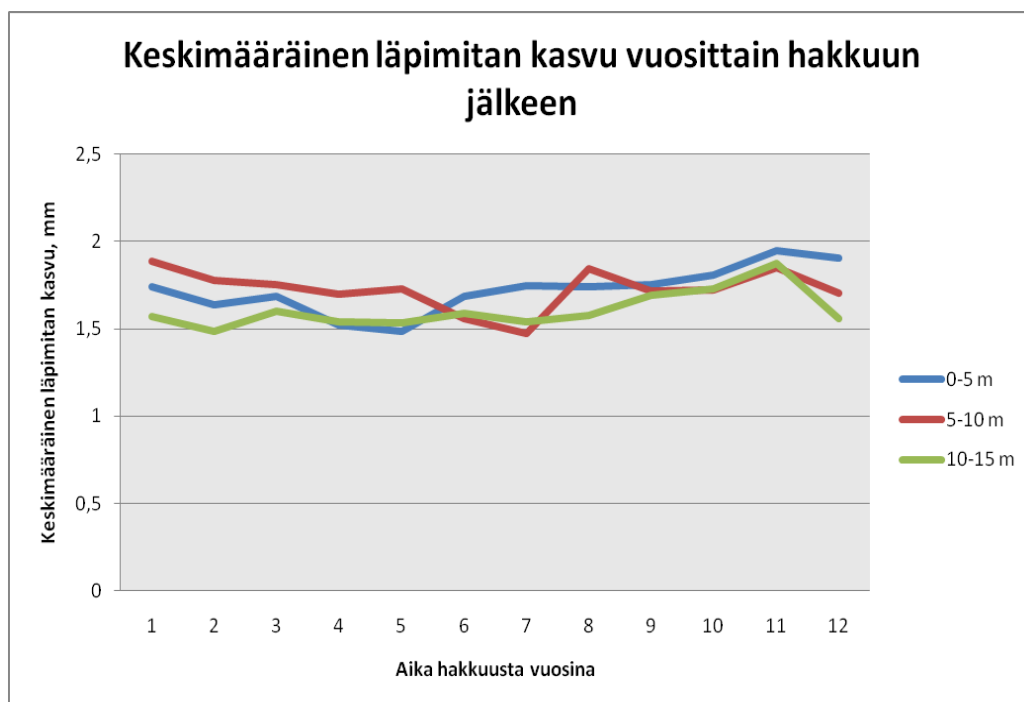
4.1 Kuusikko

Tässä luvussa esitellään Excel-ohjelmalla käsiteltyjä mittaushavaintoja. Koemetsiköissä oli noin 67 % kuusta, 15 % mäntyä ja 12 % koivua. Tutkimuksen pääpaino oli kuusikoissa ja mänty sekä koivu on käsitelty erikseen luvussa 4.2. Tuloksissa on otettu huomioon sädekasvuindeksi sekä puun koon vaikutuksen korjaus. Ikäkorjausta ei ole huomioitu, koska koemetsiköt olivat riittävän tasaikäisiä.

Hakkuun jälkeisessä kasvussa oli havaittavissa eroja sen mukaan, mikä oli puuyksilön etäisyys pienaukon reunasta (kuva 5). Viimeisessä etäisyysluokasta, 22,5–27,5 m, on vain muutamia havaintoja, joten tätä luokkaa ei voida yleistää. Kuvan arvoissa ei ole huomioitu puun luontaista kasvurytmiä eikä sädekasvuindeksiä.



Kuva 5. Hakkuun jälkeisen läpimitan kasvun keskiarvot etäisyysluokittain ilman kasvun korjausta. Etäisyysluokitus 5 metrin sektoreissa pienaukon reunasta lähtien. Kuvaaja ilmaisee myös keskihajonnat.



Kuva 6. Keskimääräinen läpimitan kasvu (mm) vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokkien mukaan

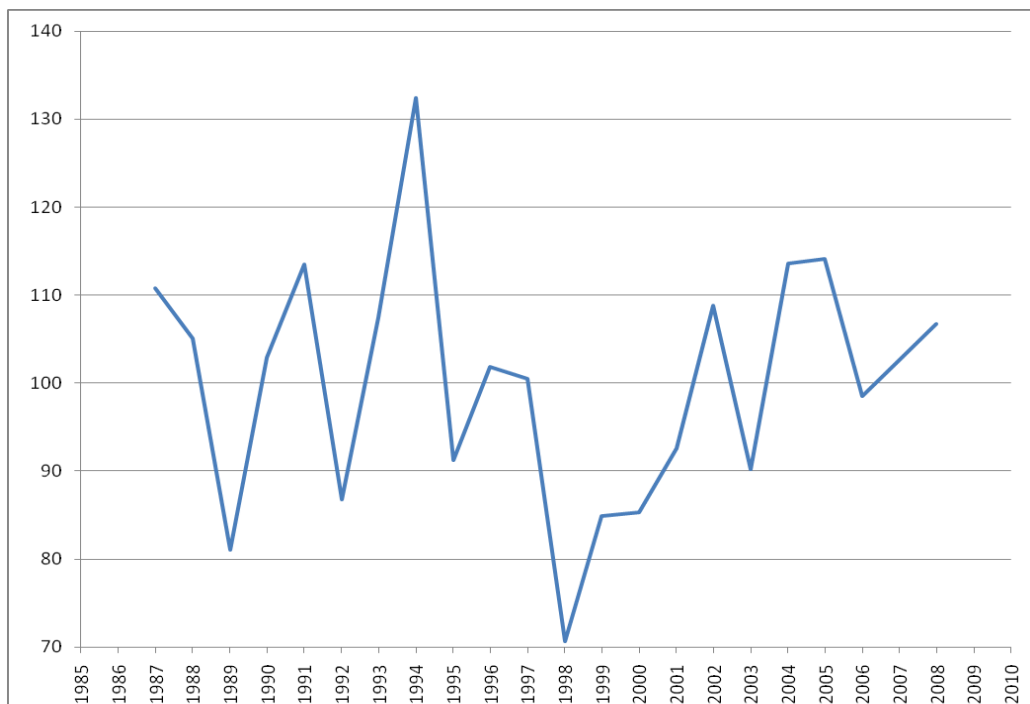
Kuvassa 6 ei ole huomioitu puun luontaista kasvurytmiä eikä sädekasvuindeksiä. Tarkasteltaessa pienaukkojen reunapuuston läpimitan kasvun kehitystä vuosittain ilman korjauksia huomattiin, että aukon vaikutus näkyy noin 15 metrin päähän. Etäisyysluokassa 0–5 metriä aukon reunasta kasvu oli ensin taantuvaa, mutta kun hakkuusta oli kulunut 5 vuotta kehitys lähti nousujohteiseksi. Lopulta läpimitan kasvu oli keskimäärin 2 mm vuodessa. Etäisyysluokka 5–10 metriä aukon reunasta lähti kehittymään samansuuntaisesti, mutta kasvu nopeutui vasta 7 vuoden päästä hakkuusta. Parhaimmillaan läpimitan kasvu oli noin 1,9 millää vuodessa. 11 vuoden päästä hakkuusta kasvu alkoi kuitenkin taas hidastua. Etäisyysluokka 10-15 metriä aukon reunasta jatkoi tasaista kasvukehitystä ja nopeutui vähän 9 vuoden päästä hakkuusta. Kasvu lähti nopeasti kuitenkin hidastumaan. Parhaimmillaan kasvu oli tässäkin luokassa 1,9 millää vuodessa. Osa puista on mitattu vuonna 2007 ja osa 2009, joten kuvaajan vuosien 11 ja 12 jälkeen hakkuun kasvut ovat vain 2009 mitatuiden puiden keskiarvoja. Kasvun lasku voi johtua tästä.

4.1.1 Kasvun ilmastollinen vaihtelu

Puuston kasvu vaihtelee kasvukausien ilmastollisen vaihtelun mukaan. Kuusen kasvu oli hakkuun jälkeisinä vuosina 1996–1999 keskimääräistä hitaampaa (kuva 7). Tämä kasvun ilmastollisen vaihtelun vaikutus poistettiin korjaamalla sädekasvuhavainnot. Korjaus tehtiin jakamalla kukin säde- tai läpimitan kasvu indeksiluvulla, joka oli prosentteina. (Valkonen 2011.)

Tästä eteenpäin tutkimuksessa käytetään vain ilmastokorjattuja havaintoja.

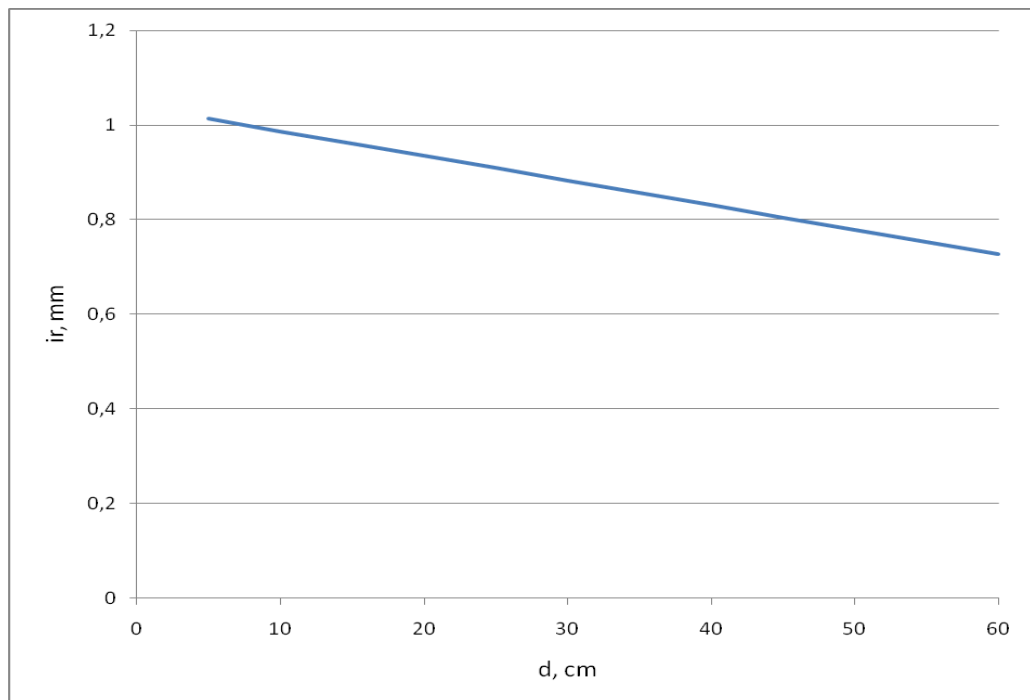
$$\text{Id (korjattu)} = \text{id (ei-korjattu)} / (\text{indeksi} / 100)$$



Kuva 7. Kuusen kasvun vaihtelu 1987–2008 (Henttonen 2009.)

4.1.2 Kasvujen korjaus regressioanalyysillä

Puun luontainen kasvurytmi on sellainen, että sen sädekasvu hidastuu läpimitan kasvaessa. Vuosiluston leveys ja läpimitan kasvu ovat suurimmillaan läpimitan ollessa pieni. Tällä tekijällä oli merkitystä silloin, kun analysoitavaan asiaan liittyi aika. Sen vaikutus poistettiin regressioanalyysillä. (Hynynen, Valkonen, Rantala, 2005.)



Kuva 8. Regressio, joka näyttää kuinka sädekasvu (I_r) riippuu läpimitasta ko. vuonna. Tällä voitiin poistaa puun paksuuden vaikutus kasvusta.

Regressioanalyysin avulla tutkitaan yhden tai useamman selitettävän muuttujan vaikutusta selittävään muuttujaan. Analyysin avulla voidaan tutkia, onko näiden kahden muuttujan välinen yhteys tilastollisesti merkitsevä. Yksittäisen havainnon arvon etäisyyttä regressiosuorasta kutsutaan havainnon residuaaliksi. (KvantiMOTV 2011.)

Koska yksittäisen puun läpimitta on kasvanut kuluneen ajan myötä ja kuvaajasta (kuva 8) näemme, että kehitys on negatiivinen, syntyy pieni virhe. Tarkastel-

taessa ajan vaikutusta reunapuuston kehitykseen läpimitan hidastunut kasvu laskee tuloksia.

Tulosten tarkentamisessa huomioidaan, kuinka paljon keskimääräinen, tietynkokoinen puu olisi kasvanut, ja verrataan arvoa todelliseen kasvuun. Saadaan residuaali sädekasvusta, jolla voidaan tarkentaa tuloksia.

Käytännössä vuosittaisesta, mitatusta sädekasvusta vähennettiin regressioanalyysistä saadut luvut, jotka kerrottiin kyseisen vuoden läpimitalla (taulukko 5.)

Korjattu arvo = Sädekasvu- (1,034118-0,00050529*kyseisen vuoden läpimita)

Taulukko 5. Regressioanalyysi

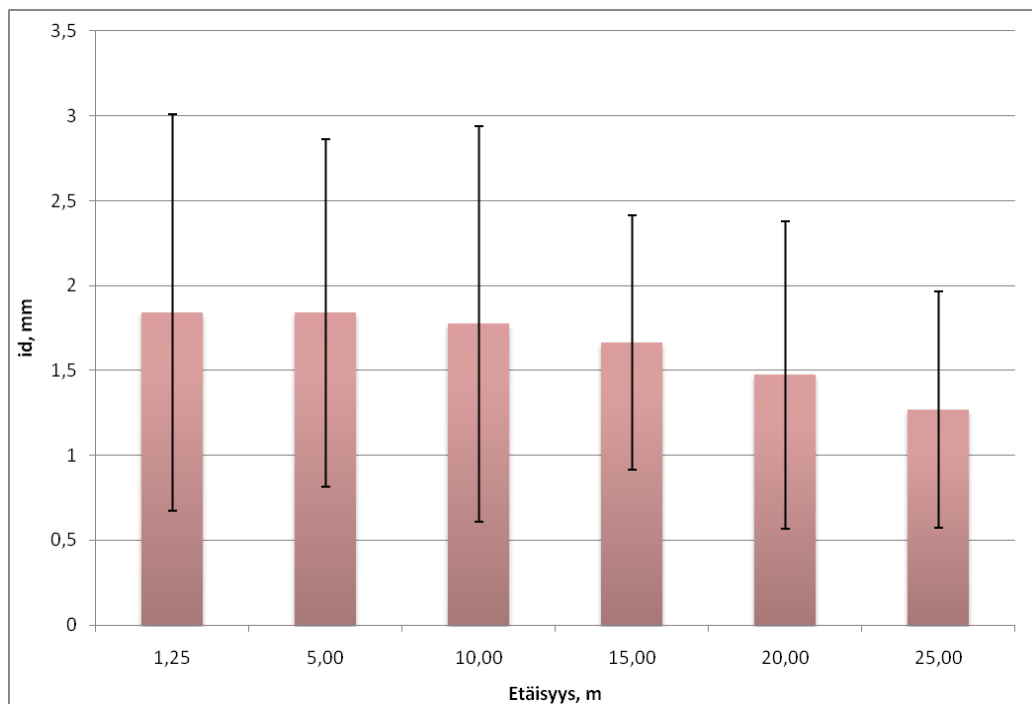
SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R					0,050529
R Square					0,002553
Adjusted R Square					8,42E-05
Standard Error					0,471429
Observations					406

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,229828	0,229828	1,034118	0,309802
Residual	404	89,78727	0,222246		
Total	405	90,0171			

4.1.3 Kuusen ilmastokorjatut tulokset

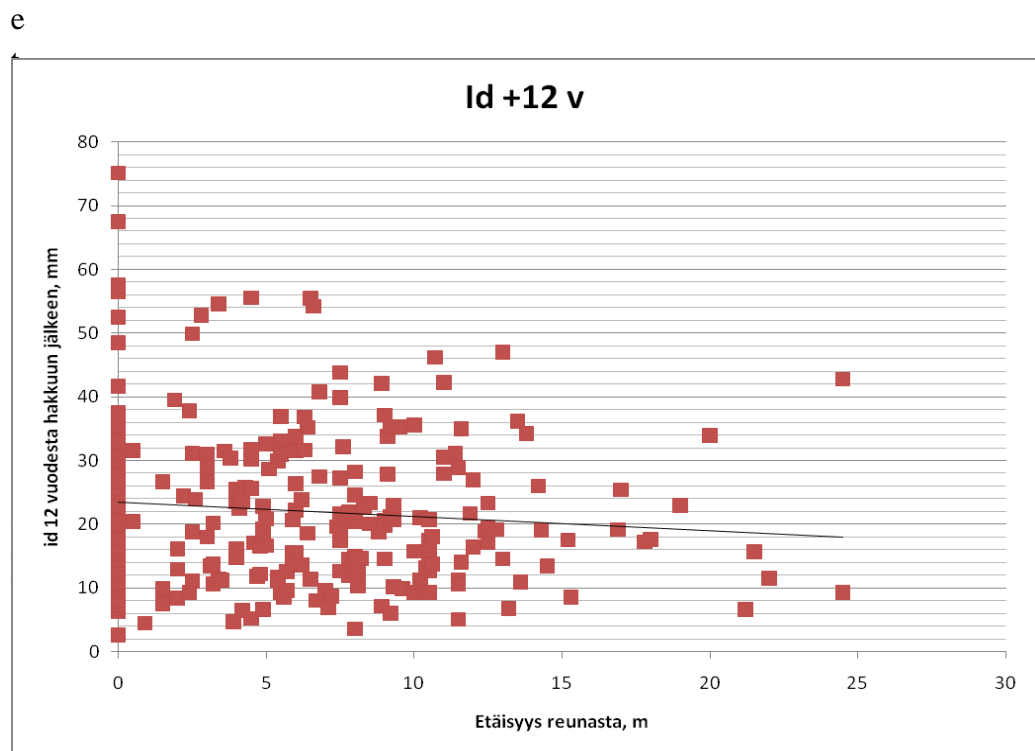
Kuusen ilmastokorjatuissa hakkuun jälkeisissä kasvuissa oli havaittavissa pieniä eroja sen mukaan, mikä oli puuyksilön etäisyys reunasta (kuva 9). Luokat 1,25 metriä ja 5,00 metriä olivat miltei samoissa kasvuissa. Viimeisessä etäisyysluokasta, 22,5–27,5 m, on vain muutamia havaintoja, joten tätä luokkaa ei voida yleistää.



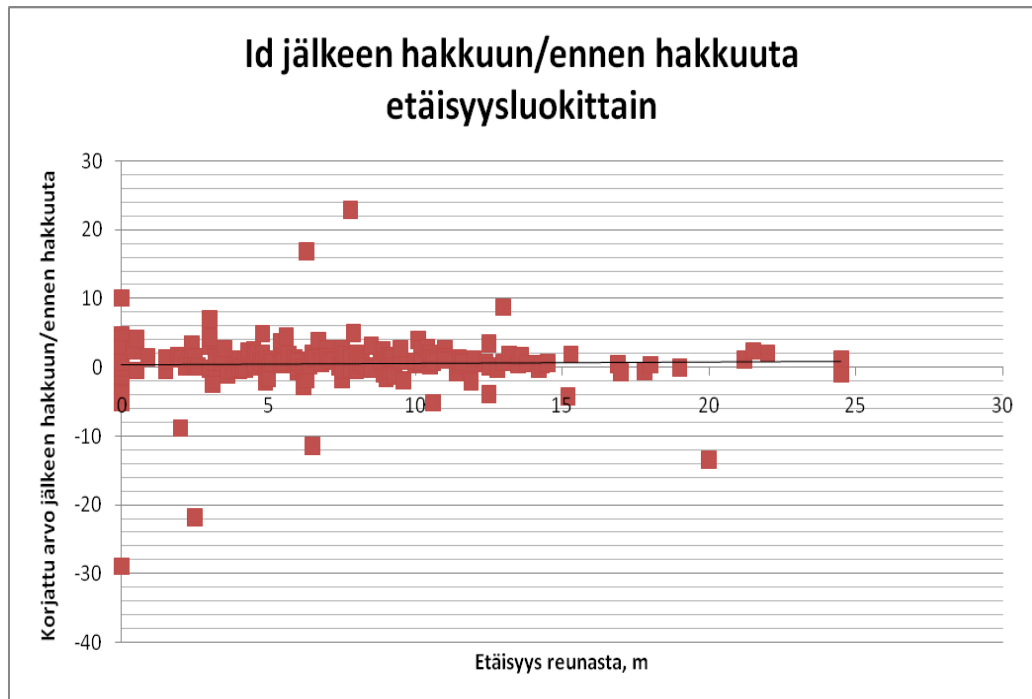
Kuva 9. Hakkuun jälkeisen läpimitan kasvun (mm) keskiarvot etäisyysluokittain. Etäisyysluokitus 5 metrin sektoreissa pienaukon reunasta lähtien. Kuvaaja ilmaisee myös keskihajonnat.

Tarkasteltaessa yhteenlaskettuja hakkuun jälkeisiä läpimitan kasvuja oli suunta lievästi laskeva aukon reunasta kauemmas mentäessä (kuva 10). Aivan aukon reunassa olevien puiden kasvuissa on suuri vaihteluväli, 2 millimetristä 75 millimetriin.

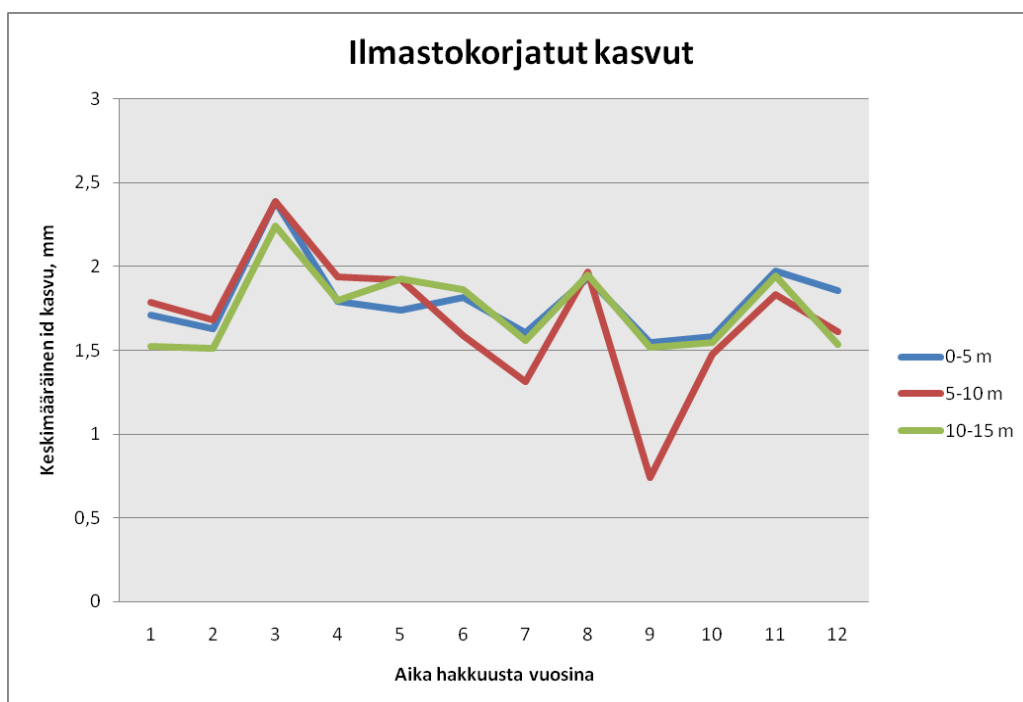
Hakkuun jälkeisen ja hakkuuta edeltäneen kasvun suhde (kuva 11) kulkee neutraalisti etäisyysluokasta riippumatta. Tuloksessa on kuitenkin otettava huomioon, että hakkuuta edeltäneitä vuosittaisia sädekasvuhavaintoja on vain 5 vuodelta ennen hakkuuta.



Kuva 10. 12 vuoden yhteenlaskettu hakkuun jälkeinen läpimitan kasvu (mm)



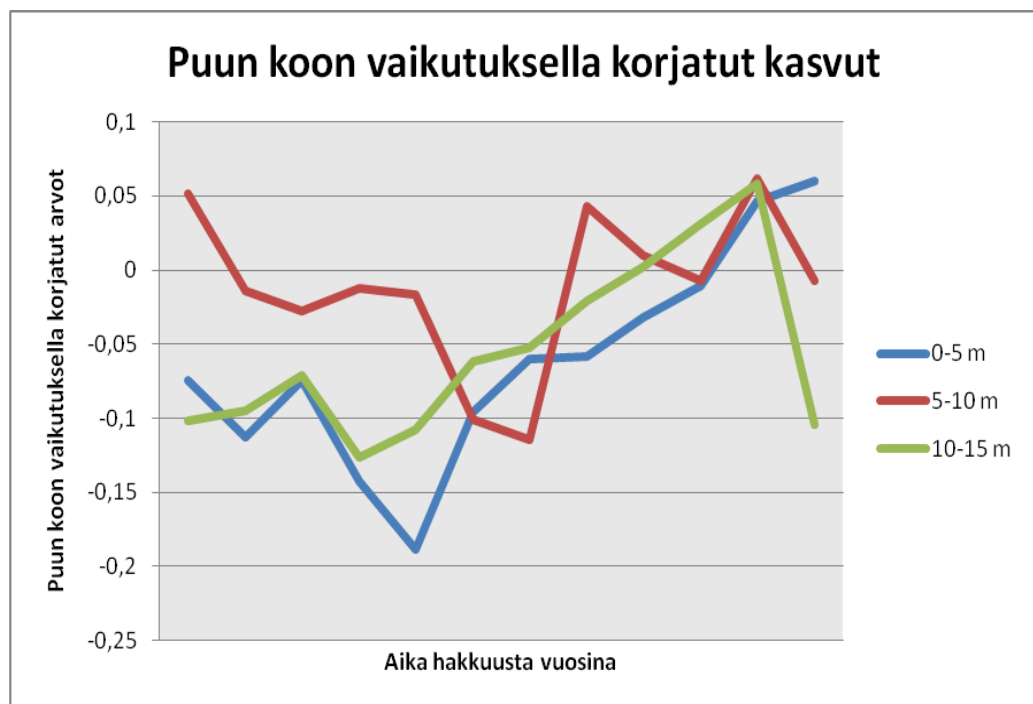
Kuva 11. Hakkuun jälkeisen ja hakkuuta edeltäneen kasvun suhde etäisyyden mukaan. Kuvaajan arvoihin on tehty puun koon mukainen korjaus sekä ilmas-tokorjaus.



Kuva 12. Kuusen läpimitan kasvun (mm) kehitys vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokittain. Kuvaajan arvot on vain ilmastokorjattu.

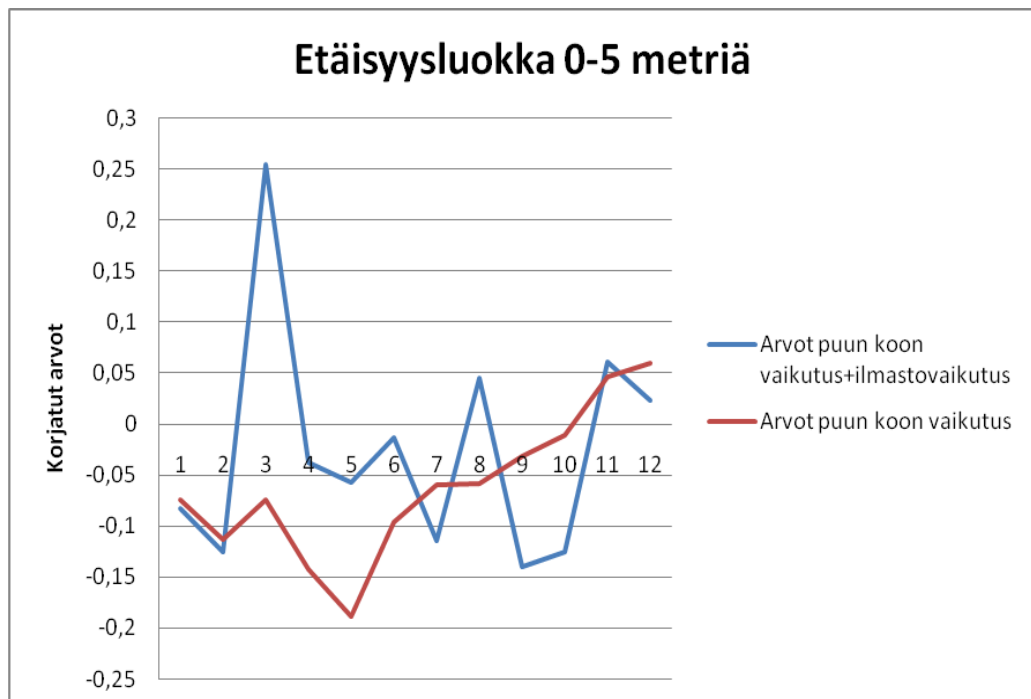
Kasvua tutkittiin myös korjaamalla se sädekasvuindeksillä, jotta saatiin otettua huomioon vuotuinen ilmaston vaihtelun vaikutus (kuva 12.). Korjatuilla arvoilla kaikki etäisyysluokat kiihdyttivät kasvuaan, kun hakkuusta oli kulunut noin kaksi vuotta. Suurimmillaan kasvu oli etäisyysluokissa 0–5 metriä ja 5–10 metriä noin 2,3 mm vuodessa. Etäisyysluokassa 10–15 metriä tämä kasvu oli noin 2,2 mm. Kaikissa etäisyysluokissa kasvupiikki lähti kuitenkin jo tasoittumaan, kun aikaa oli kulunut 4 vuotta hakkuusta. Aukon vaikutus näkyy noin 15 metrin päähän. Sädekasvuindeksin arvo näyttää hallitsevan koko kasvukäyrää. Tutkimuksen koemetsiköt olivat kuitenkin iäkkäitä, jo parhaimmat kasvuvuotensa ohittaneita, joten niissä ei välttämättä olekaan niin suurta kasvun vaihtelua kuin Etelä-Suomen kuusikoissa yleensä. Osa puista on mitattu vuonna 2007 ja osa 2009, joten kuvaajan vuosien 11 ja 12 jälkeen hakkuun kasvut ovat vain 2009 mitatuiden puiden keskiarvoja.

Vuosittaista kasvua tutkittiin myös ottamalla huomioon puun koon vaikutus, sillä sädekasvu hidastuu läpimitan kasvaessa (kuva 13). Tarkasteltaessa näitä arvoja kasvu lähti hakkuun jälkeen ensin taantumaan kaikissa etäisyysluokissa. Etäisyysluokassa 0–5 metriä kasvu nopeutui, kun hakkuusta oli kulunut viisi vuotta. Kasvu jatkoi sen jälkeen kiihtymistään. Etäisyysluokassa 5–10 metriä, kasvu alkoi kiihtyä vasta kun hakkuusta oli kulunut 7 vuotta. Kasvussa tapahtui kuitenkin laskua jo muutaman vuoden päästä. Etäisyysluokassa 10-15 metriä kasvu kiihtyi, kun hakkuusta oli kulunut neljä vuotta ja lähti jyrkkään laskuun 11 vuoden päästä hakkuusta. Suurinta kasvu oli lähinnä reunaan olevassa etäisyysluokassa, ja kasvu vaihteli eniten luokassa 5–10 metriä.

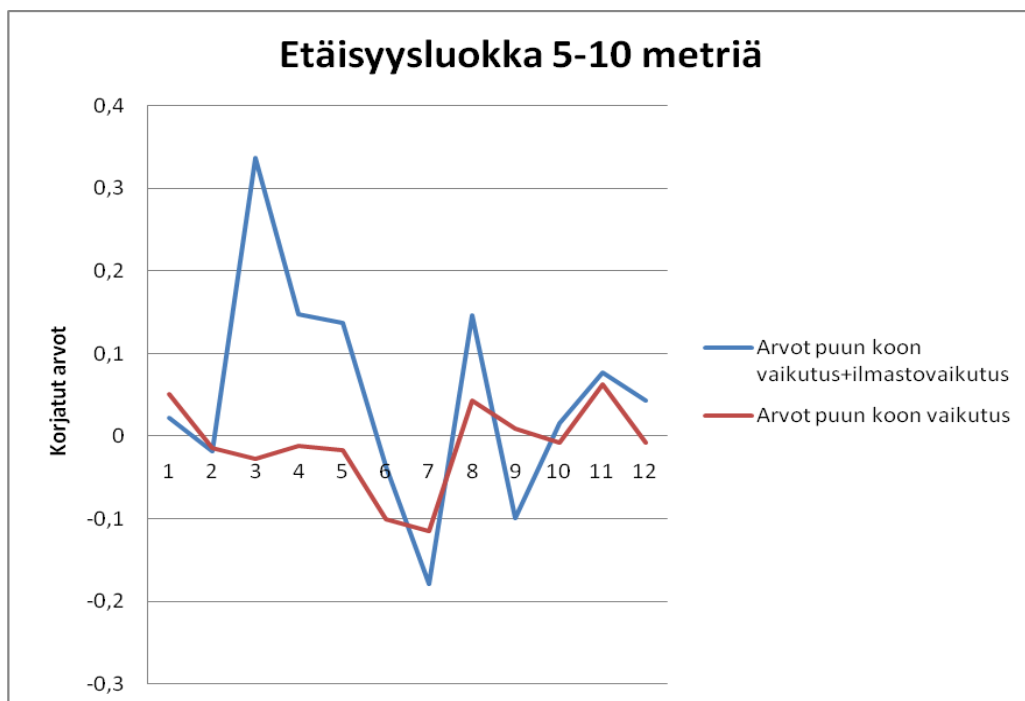


Kuva 13. Kuusen kasvun kehitys vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokittain. Kuvaajan arvot on vain puun koon vaikutuksella korjattu. Lukuarvot ovat residuaaleja eli arvon etäisyyksiä regressiosuoralta.

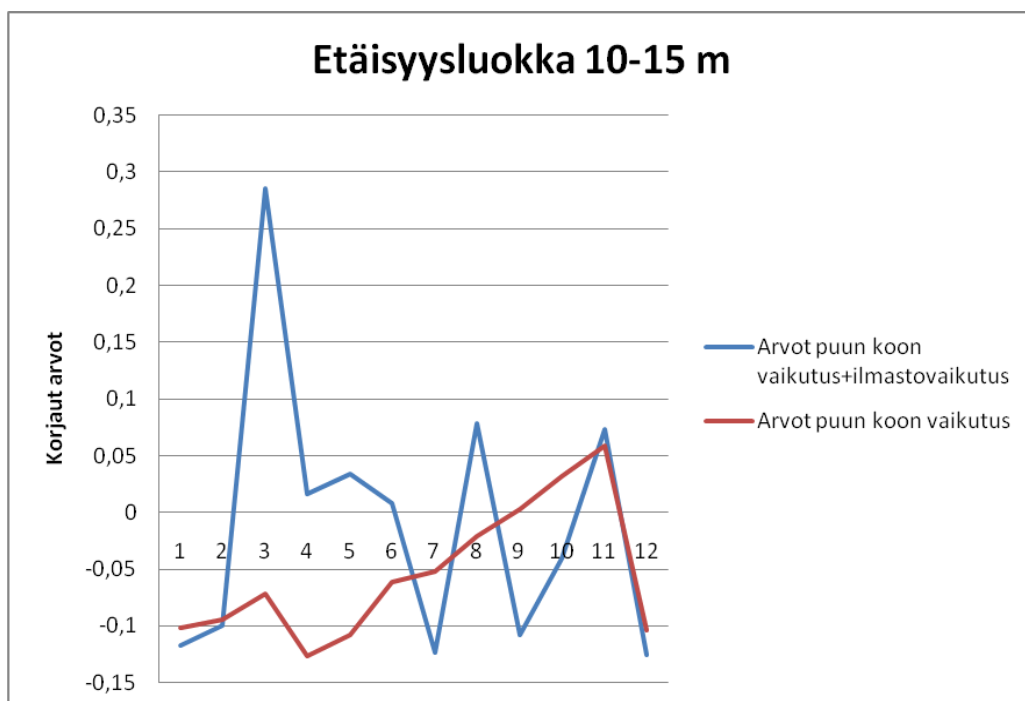
Kun arvoihin tehtiin sekä ilmastokorjaus että puun koon vaikutuksen korjaus, tuli esiin suuria kasvupiikkejä ja paljon vuosittaista vaihtelua (kuvat 14, 15 ja 16). Tässäkin kasvukäyrässä näkyy sädekasvuindeksin hallitsevuus. Tämän käyrän mukaan kasvu olisi lähtenyt kiihtymään kaikissa etäisyysluokissa noin kahden vuoden kuluttua. Tämä kasvupiikki kääntyy kuitenkin laskuun neljän vuoden kuluttua hakkuusta. Tämän jälkeen näkyy kaikissa etäisyysluokissa toinen, pienempi kasvupiikki, jota seuraa kasvun hidastuminen.



Kuva 14. Kuusen kasvun kehitys vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokassa 0–5 metriä aukon reunasta. Kuvaajassa nähtävissä kasvuarvot korjattuna puun koon vaikutuksella ja ilmastovaikutuksella. Vertailukohtana arvot vain puun koon vaikutuksella korjattuina.

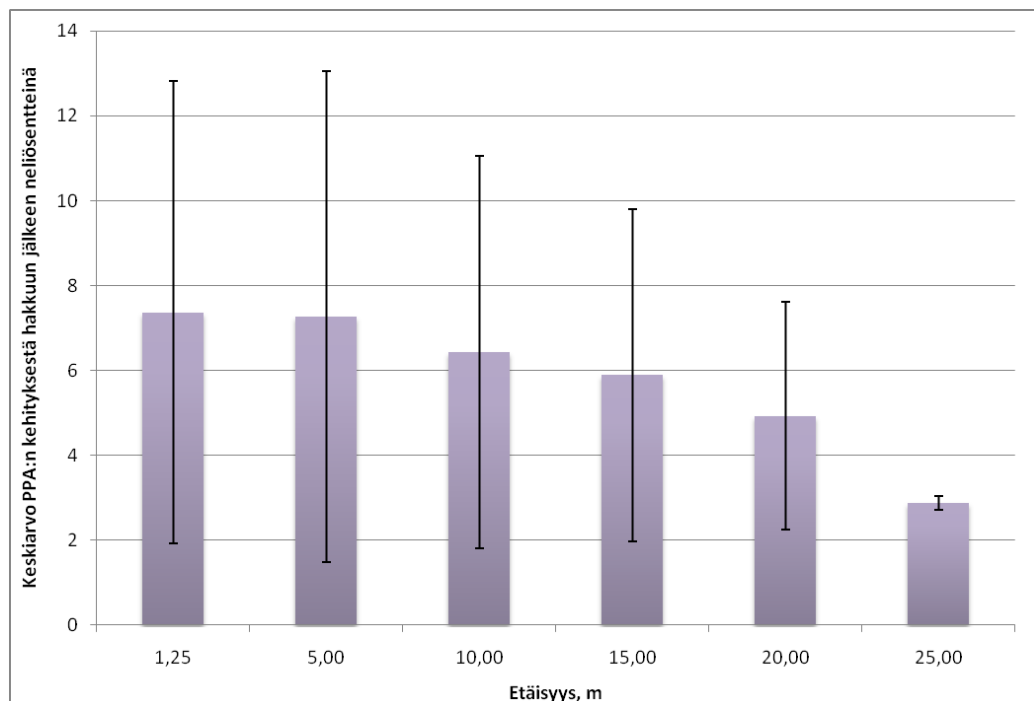


Kuva 15. Kuusen kasvun kehitys vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokassa 5–10 metriä aukon reunasta. Kuvaajassa nähtävissä kasvuarvot korjattuna puun koon vaikutuksella ja ilmastovaikutuksella. Vertailukohtana arvot vain puun koon vaikutuksella korjattuina.



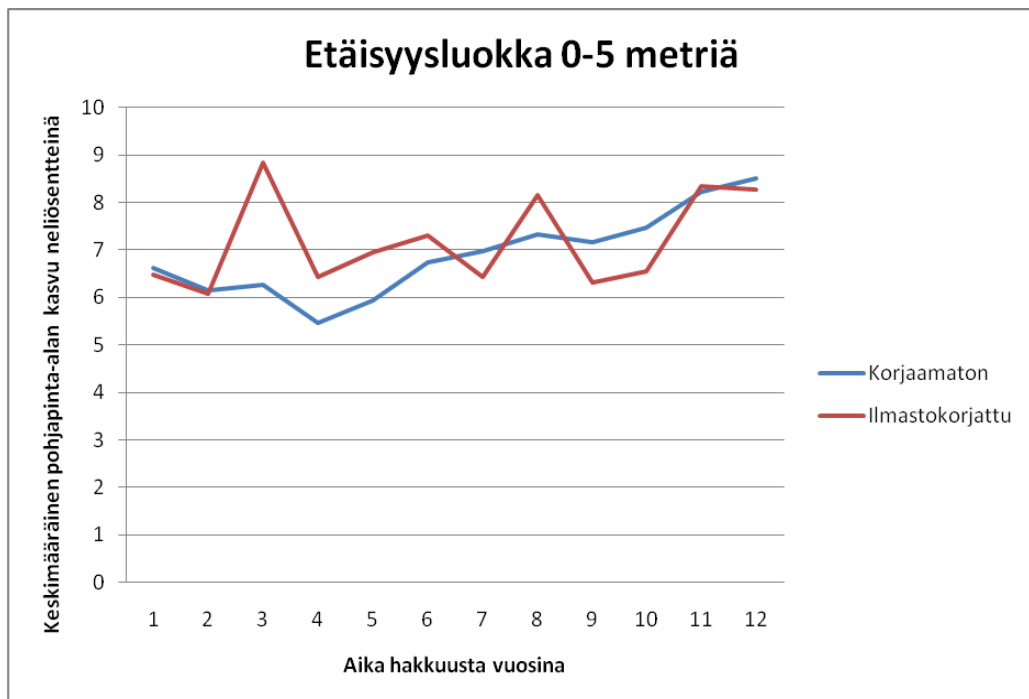
Kuva 16. Kuusen kasvun kehitys vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokassa 10–15 metriä aukon reunasta. Kuvaajassa nähtävissä kasvuarvot korjattuna puun koon vaikutuksella ja ilmastovaikutuksella. Vertailukohtana arvot vain puun koon vaikutuksella korjattuina.

Kuusen keskimääräisessä pohjapinta-alan kasvussa (neliösenttejä) oli havaittavissa pieniä eroja sen mukaan, mikä oli puun etäisyys reunasta (kuva 17). Luokat 1,25 metriä ja 5,00 metriä olivat miltei samoissa kasvuissa. Viimeisessä etäisyysluokasta, 25 m, on vain muutamia havaintoja, joten tätä luokkaa ei voida yleistää.

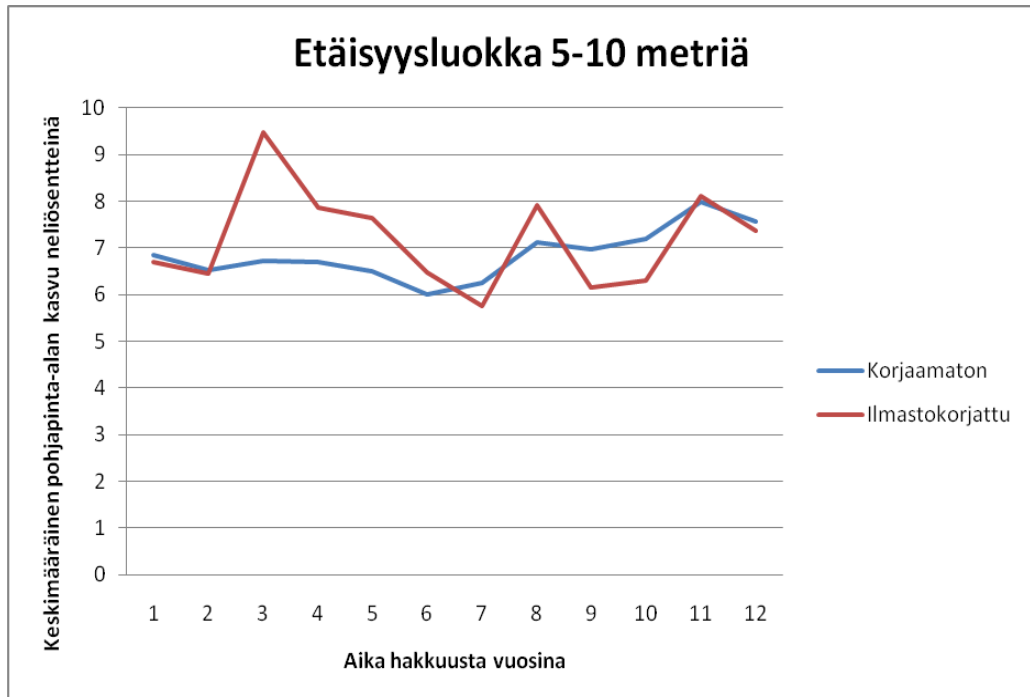


Kuva 17. Keskimääräinen pohjapinta-alan kehitys hakkuun jälkeen etäisyysluokittain. Etäisyysluokitus 5 metrin sektoreissa pienaukon reunasta lähtien. Kuvaaja ilmaisee myös keskihajonnat.

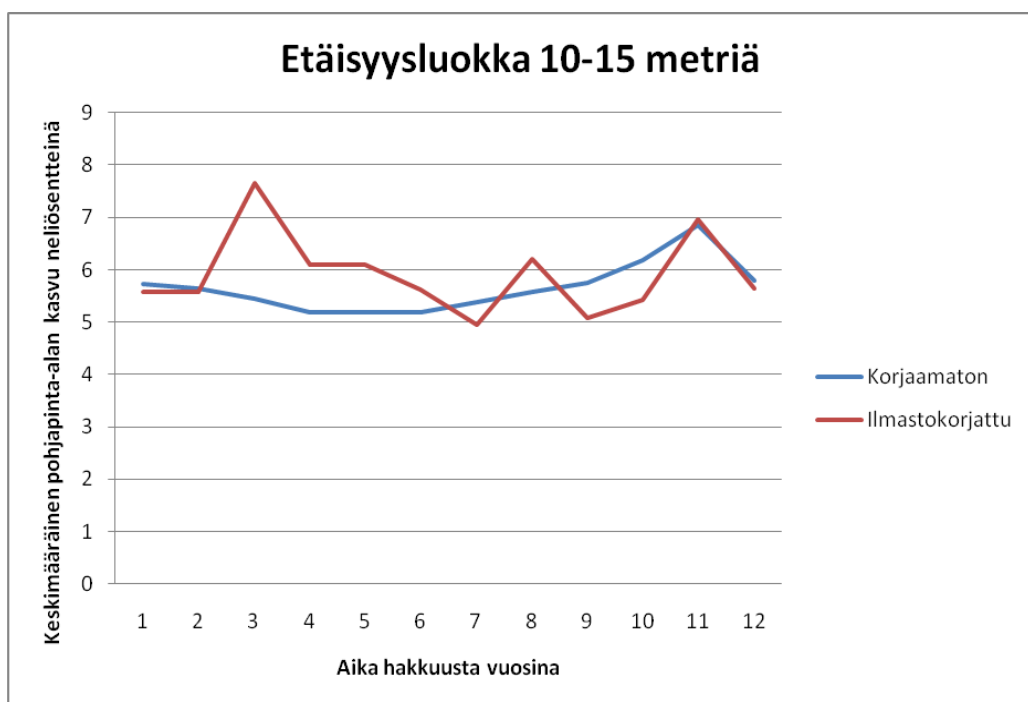
Tarkasteltaessa pohjapinta-alan kehitystä vuosittain hakkuun jälkeen ilman korjauksia kasvu näytti nopeutuneen selvimmin etäisyysluokassa 0–5 metriä aukon reunasta (kuvat 18,19 ja 20). Tässä luokassa kasvu kiihtyi neljän vuoden kuluttua hakkuusta. Parhaimmillaan kasvu oli noin 8,5 neliösentiä vuodessa. Luokassa 5–10 metriä kasvu nopeutui noin kuuden vuoden kuluttua hakkuusta. Parhaimmillaan päästiin noin 8 neliösentiin kasvuvauhtiin vuodessa. Luokka 10–15 metriä jatkoi kasvuaan tasaisesti, lievästi kasvuaan kiihdyttäen. Parhaimmat kasvut olivat noin 7 neliösentiä vuodessa. Sädekasvuindeksi hallitsee ilmastokorjatun kuvaajan käyrää näissäkin taulukoissa. Pohjapinta-alaa tutkittaessa nähtiin selkeimmin pienaukkohakkuun vaikutukset reunametsikköön. Kasvu ei ole kiihtynyt kovin merkittävästi.



Kuva 18. Kuusen pohjapinta-alan kehitys (neliösentejä) vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokassa 0–5 metriä aukon reunasta.



Kuva 19. Kuusen pohjapinta-alan kehitys (neliösenttejä) vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokassa 5–10 metriä aukon reunasta.



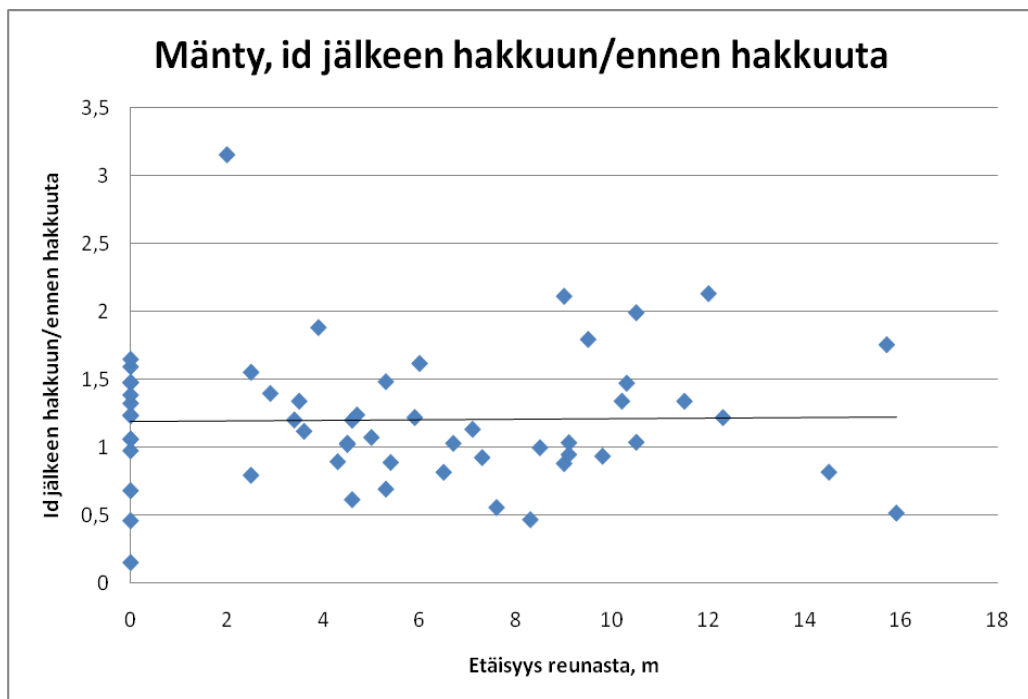
Kuva 20. Kuusen pohjapinta-alan kehitys (neliösenttejä) vuosittain hakkuun jälkeen etäisyysluokassa 10–15 metriä aukon reunasta.

4.2 Sekapuusto (mänty ja koivu)

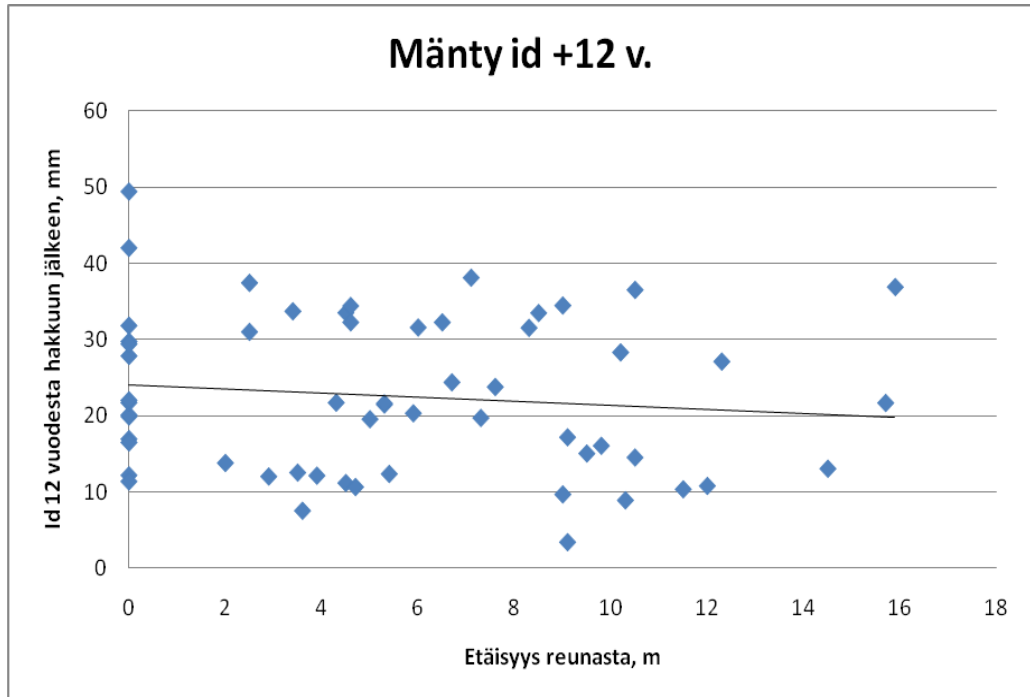
Tutkimuksen pääpaino oli kuusikoissa. Mänty ja koivu on käsitelty sekapuustona ilman korjauksia. Hakkuun jälkeisen ja hakkuuta edeltäneen kasvun suhde oli männyllä samaa tasoa etäisyysluokasta riippumatta ja koivulla lievästi laskevaa kauemmas aukon reunasta mentäessä (kuva 21 ja 23).

Yhteenlaskettu hakkuun jälkeinen läpimitan kasvu (mm) oli männyllä lievästi laskevaa kauemmas aukon reunasta mentäessä ja koivulla selvästi laskevaa (kuva 22 ja 24). Aivan aukon reunassa olevien puiden kasvussa oli suuri vaihteluväli.

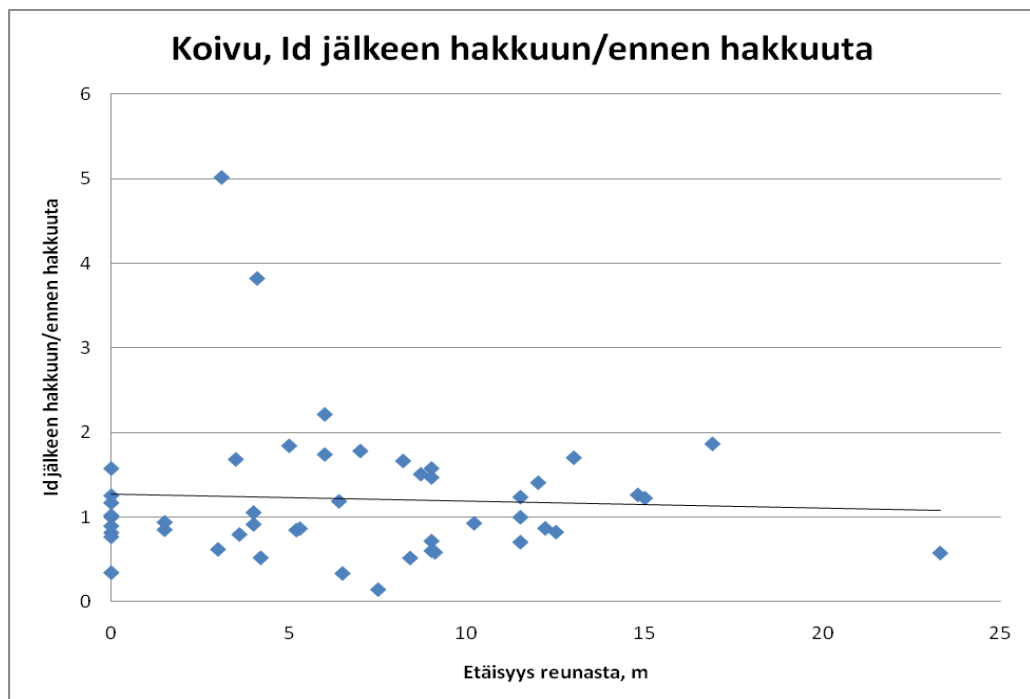
Vertailtaessa eri puulajien hakkuun jälkeistä kasvua (kuva 25) etäisyydellä 0–2,5 metriin koivun kasvu oli huomattavasti muita puulajeja suurempaa. Mentäessä kauemmas aukon reunasta erot tasoittuivat. Aukon reunassa männyn kasvu oli kuusta suurempaa, mutta kauempana hieman pienempää. Selviä eroja syntyi vain aivan aukon reunassa.



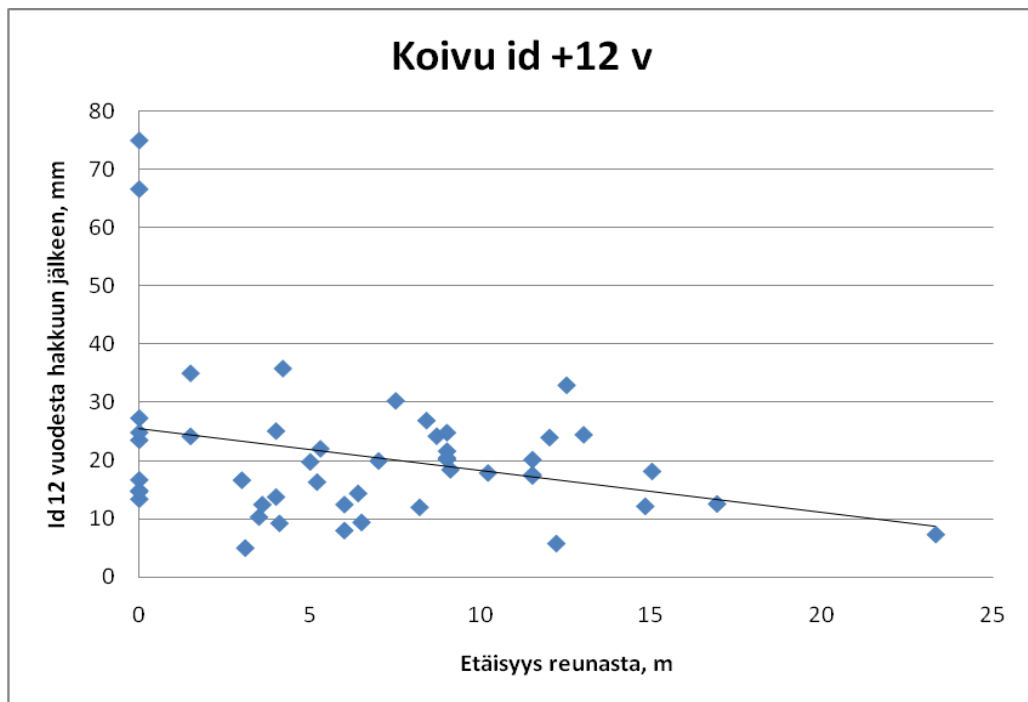
Kuva 21. Hakkuun jälkeisen ja hakkuuta edeltäneen männyn läpimitan kasvun suhde etäisyyden mukaan.



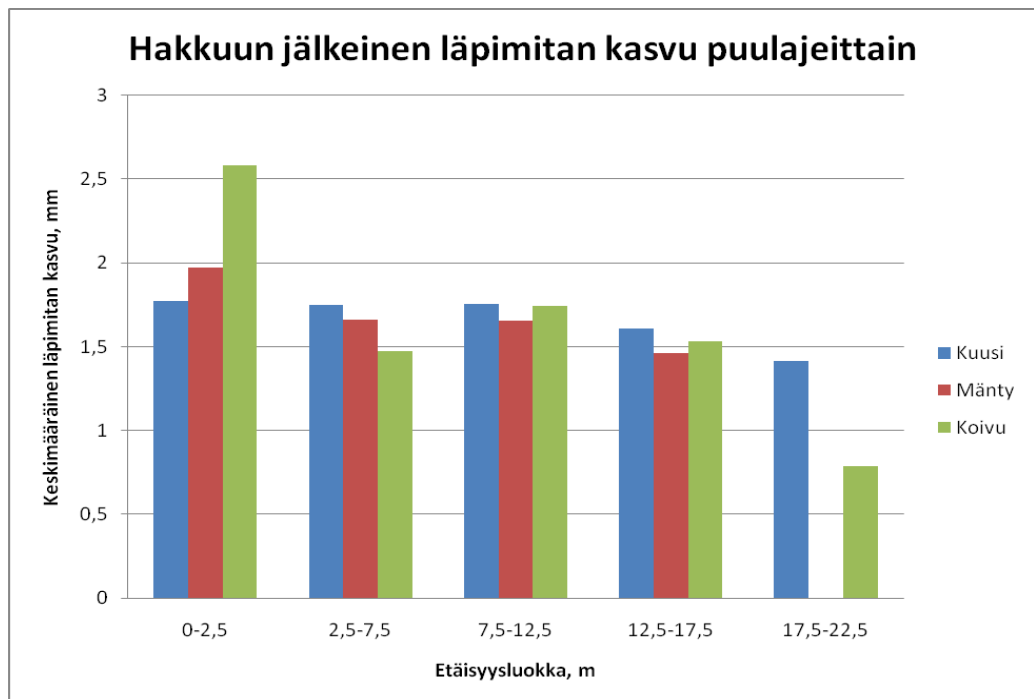
Kuva 22. Männyn 12 vuoden yhteenlaskettu hakkuun jälkeinen läpimitan kasvu (mm) osalta etäisyyden mukaan



Kuva 23. Koivun hakkuun jälkeisen ja hakkuuta edeltäneen läpimitan kasvun suhde etäisyyden mukaan



Kuva 24. Koivun 12 vuoden yhteenlaskettu hakkuun jälkeinen läpimitan kasvu (mm) etäisyyden mukaan



Kuva 25. Hakkuun jälkeisen läpimitan kasvun (mm) keskiarvot puulajeittain etäisyysluokan mukaan. Arvoihin ei ole tehty korjauksia. Viimeisestä luokasta, 17,5- 22,5 m, vain muutamia havaintoja kuuselta ja koivulta.

4.3 Tuulenskaadot

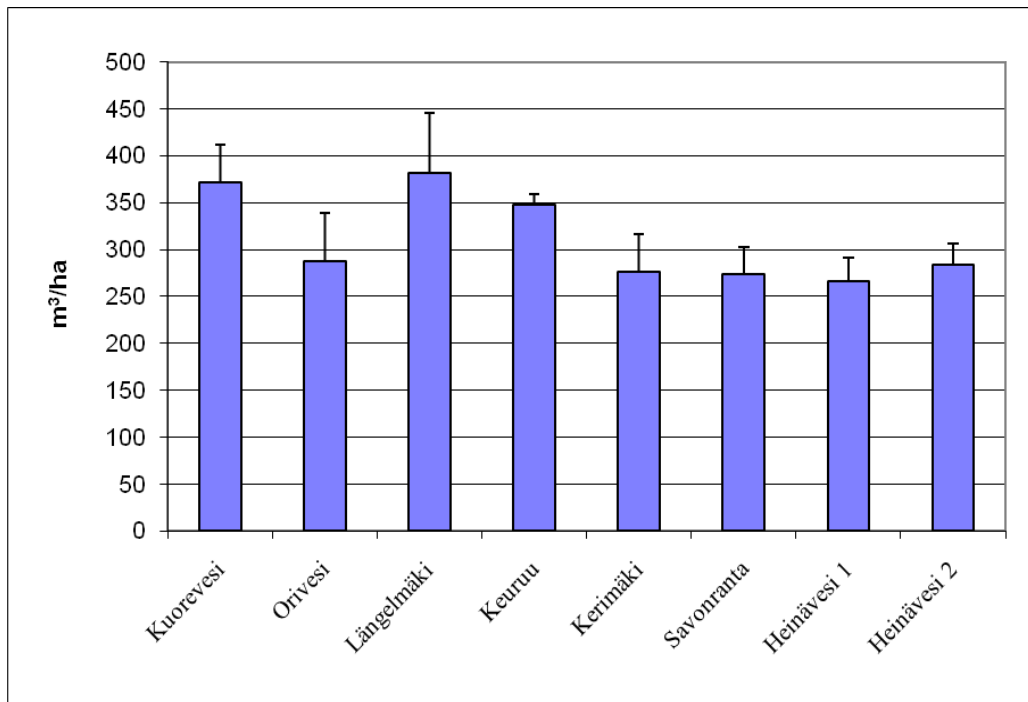
Tutkimuksessa on käytetty vuosina 1998, 2000 ja 2002 erillisinventoinneilla selvitettyjä tuulenskaatojen määriä. (MONTA, Tuulenskaadot, Hanke 3158). Tulokset ovat alueittain ja vertailukohtana ovat hakkaamattomat kontrollialueet. Pienaukkohakkuuta maanmuokkauksella (äestys) toteutettiin vain Länsi-Suomessa kolmella alueella.

Kuvista 26 ja 27 näkyvät elävän puuston määrä alueittain sekä käsittelyittäin ennen ja jälkeen hakkuun.

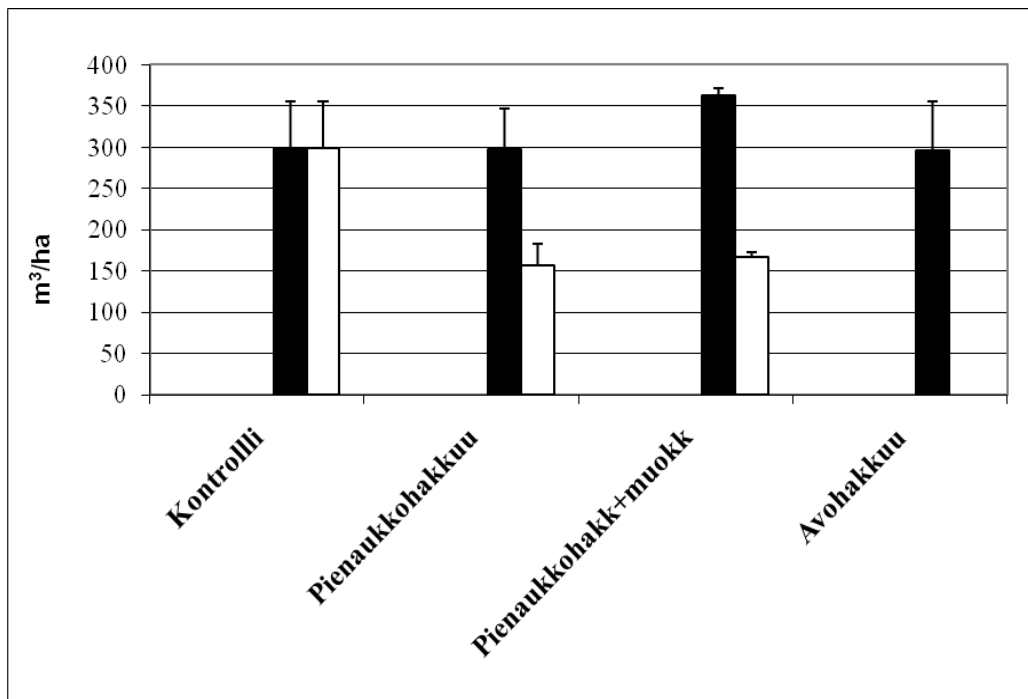
Kuvissa 28–35 on esitetty syntynyt tuulenskaatojen määrä hehtaaria kohden (tulokset esitelty luvuissa 4.3.1 ja 4.3.2). Vuosina 1998 ja 2000 inventoitujen tuulenskaatojen määrä vaihtelee alueittain 0– 10,474 m³/ha. Keskimääräinen kaatuneen puun koko oli 0,521 m³. Suurimmat määrät olivat Kuorevedellä. Kerimäki sekä Hasunmäki taas olivat säästyneet tuhoilta. Suurimmalla osalla alueista pienaukoissa oli syntynyt tuulenskaatoja selvästi kontrollialueita enemmän.

Pienaukko ja maanmuokkaus koealat olivat lähtöpuustoltaan hieman tiheämpiä ja jäivät näin ollen hakkuun jälkeen myös tiheämmiksi. Kahdella kolmesta pienaukko ja maanmuokkaus-alasta oli syntynyt muokkaamatonta pienaukkoa enemmän tuulenskaatoja. Tästä ei kuitenkaan voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä, sillä niin monet asiat vaikuttavat syntyviin tuulenskaatoihin.

Vuoden 2002 inventoinneissa tuulenskaatoja oli syntynyt enemmän kontrollialueilla kuin pienaukkokoealoilla.

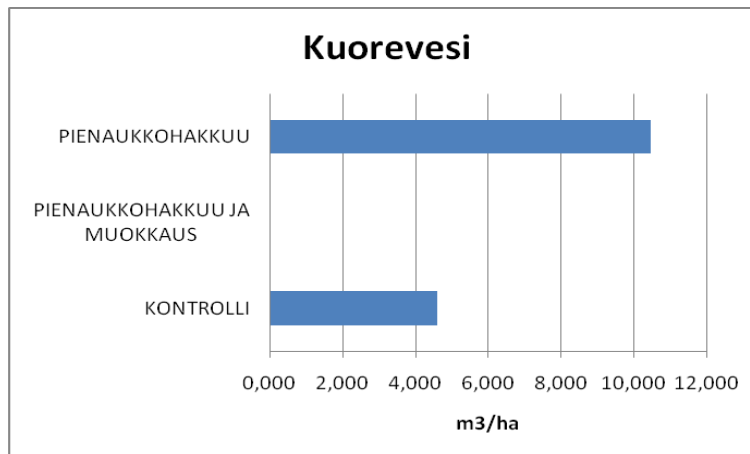
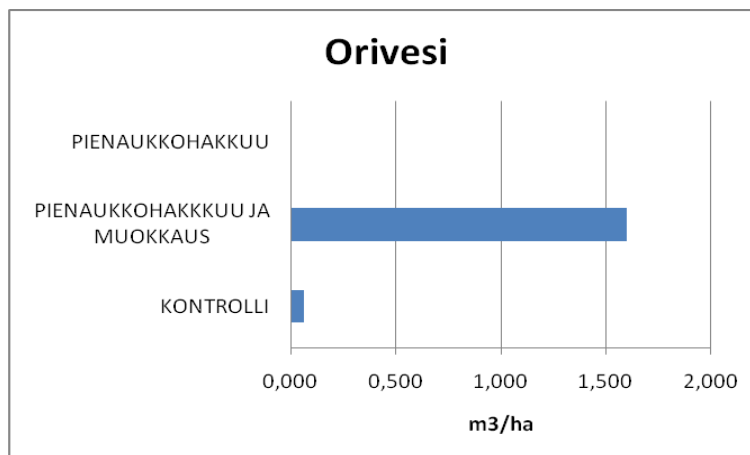
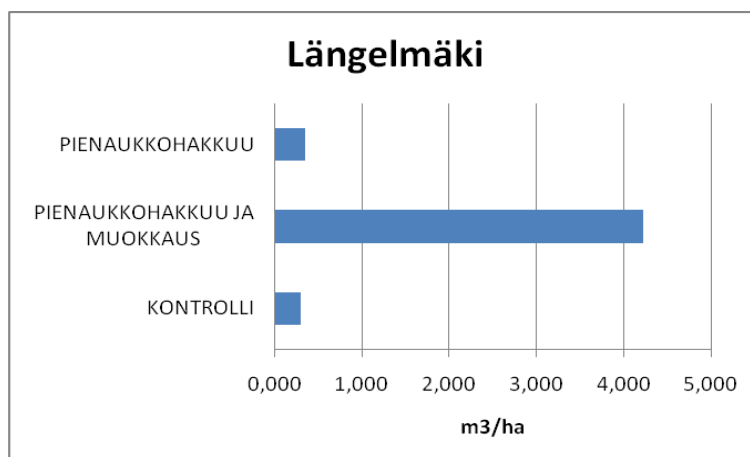


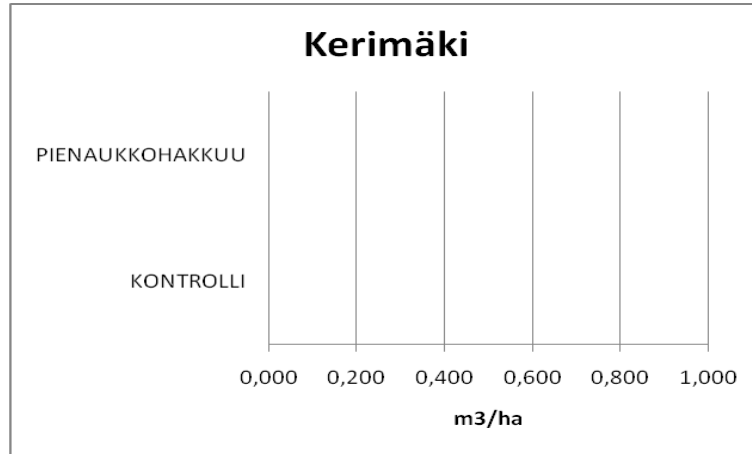
Kuva 26. Koko elävä puusto alueittain ennen hakkuuta. (MONTA 1, Tuulenkaadot 2000, Hanke 3158.)



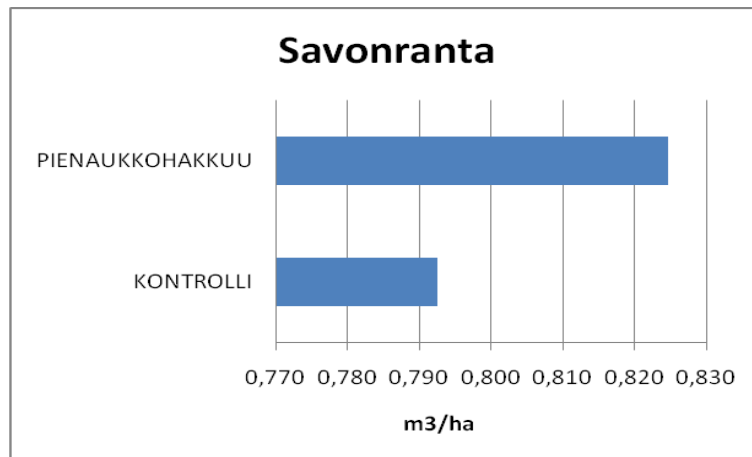
Kuva 27. Elävä puusto ennen ja jälkeen hakkuun. (MONTA 1, Tuulenkaadot 2000. Hanke 3158)

4.3.1 Inventoidut tuulenkaadot 1998 ja 2000

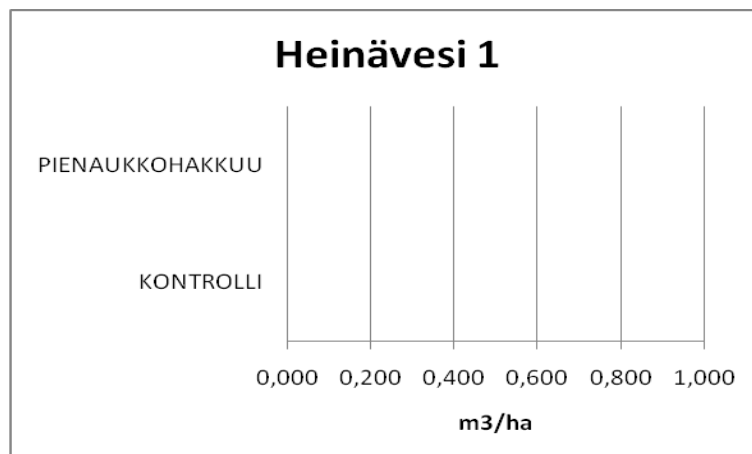
Kuva 28. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m³/ha) KuorevedelläKuva 29. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m³/ha) OrivedelläKuva 30. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m³/ha) Längelmäellä



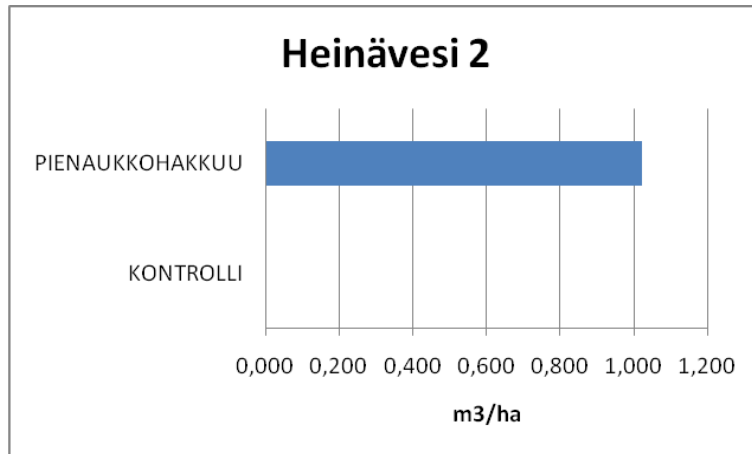
Kuva 31. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m³/ha) Kerimäellä



Kuva 32. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m³/ha) Savonrannassa



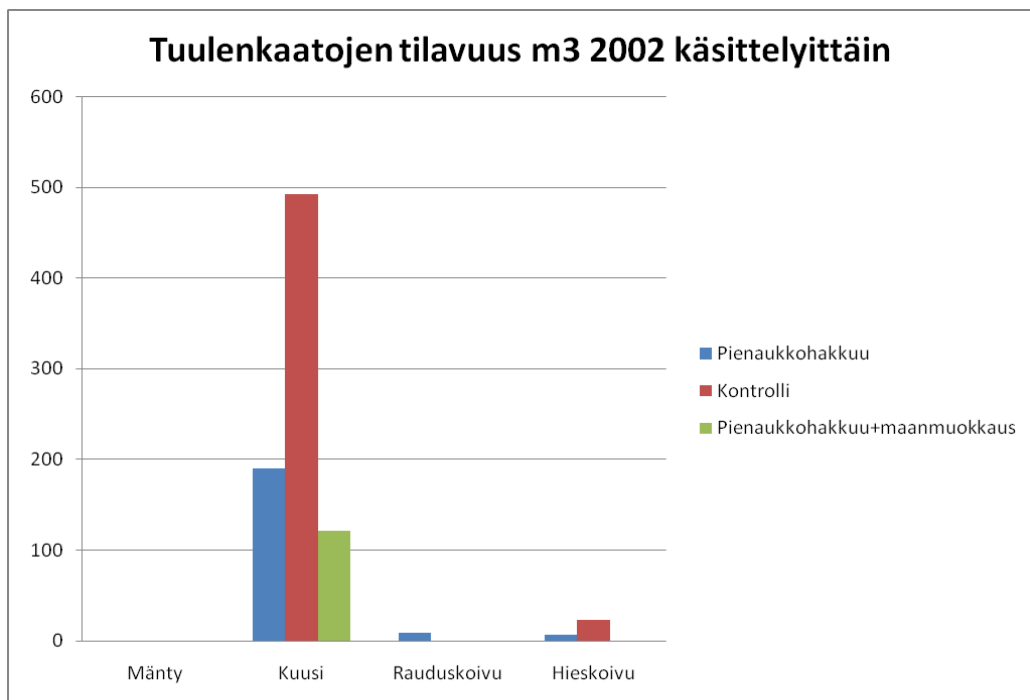
Kuva 33. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m³/ha) Heinävedellä, Hasunmäessä



Kuva 34. Inventoitu tuulenkaatojen määrä (m3/ha) Heinävedellä, Kokkolassa

4.3.2 Inventoidut tuulenkaadot 2002

Vuoden 2002 inventoinneissa tuulenkaadot oli selvitetty puulajeittain. Kuusta oli kaatunut eniten ja koivua hieman. Vuoden 2002 selvityksen mukaan kontrollialueilla kaatui pienaukkoalueita enemmän puita.



Kuva 35. Inventoidut tuulenkaadot vuodelta 2002 (MONTA, Tuulenkaadot 2002.)

4.4 Koemetsiköiden tilavuudet (m³/ha) ja tilavuuskasvu (m³/ha/v)

Taulukosta 6 on jätetty pois Kuoreveden muokkaamaton pienaukko kohde, koska kohteelta oli jäänyt inventoinneissa mittaamatta puita. Kaikki luvut ovat kuutiomääriä hehtaaria kohden. Parhaimmillaan vuosittainen bruttokasvu oli 3,975 m³/ha/v Haukilahdella. Orivedellä taas bruttokasvu muokatulla koealalla oli vain 0,734 m³/ha/v.

Taulukko 6. Pienaukko- koemetsiköiden tilavuudet (m³/ha) ja tilavuuskasvu (m³/ha/vuosi) alueittain (MONTA-inventoinnit, Hanke 3158.)

Tilavuus m ³ /ha ja tilavuuskasvu m ³ /ha/v							
		m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha	m ³ /ha/v	m ³ /ha/v
Kohde		Ennen hakkuuta	Hakkuun jälkeen	2007 mitattu elävä puusto	Luonnonpoistuma	Bruttokasvu	Nettokasvu
1. Kuorevesi	Muokattu	354,02	158,78	185,45	0,00	2,222	2,222
2. Orivesi	Ei muokattu	284,57	143,84	166,77	0,00	1,911	1,911
	Muokattu	364,94	169,15	176,35	1,60	0,734	0,600
3.Haukilahti	Ei muokattu	396,12	211,88	259,23	0,35	3,975	3,946
4. Keuruu	Ei muokattu	337,16	168,47	202,87	0,00	2,867	2,867
5. Kerimäki	Ei muokattu	286,46	152,74	183,68	0,00	2,578	2,578
6. Savonranta	Ei muokattu	259,13	134,96	159,85	0,82	2,143	2,074
7. Hasunmäki	Ei muokattu	231,66	128,27	166,19	0,00	3,160	3,160
8. Kokkola	Ei muokattu	278,22	170,12	184,43	1,02	1,278	1,192

5 Tulosten tarkastelu

Tutkimuksen tulokset perustuvat MONTA-koesarjan pienaukkokäsittelyihin.

Tutkimuksen koepuiden määrä oli riittävä luotettavien johtopäätösten tekemiseen. Koivu ja mänty olivat aineistossa vähemmän edustettuina, mutta tutkimuksen pääpaino olikin kuusikoissa. Koemetsiköitä oli 11, joka ei ole valtavan suuri määrä. Koemetsiköt edustivat kuitenkin kattavasti Etelä-Suomen Myrttilus-tyyppin (MT) päätehakkukypsiä kuusikoita. Heikkoutena oli, että koemetsiköt olivat vanhoja, jo keskimääräisen päätehakkuu iän ylittäneitä. Vanhat metsät eivät reagoi käsittelyyn enää yhtä voimakkaasti kuin nuoremmat. Koemetsiköiden valinnassa ei ole käytetty otantaa, mutta alueet on pyritty rajaamaan olosuhteiltaan mahdollisimman samankaltaisiksi.

Kaikki tutkimuksen pienaukot ovat kokoa 40x40 metriä eikä muita kokoja ole otettu huomioon ollenkaan. Näin ollen ei siis voida arvioida aukkojen koon vaikutusta.

Pienaukkohakkuiden reunapuuston kehityksestä ei ole aiempia tutkimustuloksia, joten tulokset eivät ole vertailtavissa. Peitteisen metsätalouden tutkimus on vasta aluillaan.

Vastaukset tutkimusongelmiin ovat:

- *Reunapuuston kasvu lisääntyy pienaukkohakkuun jälkeen, kun kilpailu pienenee, mutta kasvun nopeutuminen käynnistyy viiveellä.*

Tutkimuksessa ei havaittu merkittävää kasvun nopeutumista. Suurimpana syynä tähän oli, että koemetsiköt olivat vanhoja ja jo parhaimmat kasvuvuotensa ohittaneita. Kasvujen korjaaminen sädekasvuindeksillä näytti olevan merkityksetöntä, ja se lähinnä sotki tuloksia. Koemetsiköiden kasvu ei siis ole vaihdellut Etelä-Suomen keskiarvojen mukaan.

Hyvin pientä kasvun lisääntymistä voitiin kuitenkin havaita. Puun koon vaikutuksella korjatut arvot ovat varmasti lähimpänä totuutta. Kasvu on alkanut

nopeutua noin neljän vuoden kuluttua hakkuusta. Suurinta nopeutuminen on ollut luokassa, joka on lähinnä aukon reunaa. Nopeutumisen suuruusluokka on ollut noin 2 mm vuodessa.

Valopuuna koivu näytti nopeuttaneen kasvuaan aivan aukon reunassa huomattavasti.

Keskimääräinen metsiköiden bruttokasvu oli noin 2,3 m³/ha/v ja nettokasvu 2,2 m³/ha/v. Välialueiden kasvu oli vaatimatonta MT-kuusikon normaaliin tasoon verrattuna. Se olisi näissä metsiköissä ollut luokkaa 6–7 m³/ha/v istutuskuusikon nykysuositusten mukaisessa kasvatuksessa. Tähän vaikutti ainakin puuston vanhuus sekä se, että vain 50 % pinta-alasta oli puustoista ja loput pienaukkoina. Kasvuprosenttien keskiarvo oli 1,45 %. Tavallisessa metsänkasvatuksessa noin 3–4 % on rajana, kun laskelmoidaan uudistuskypsyyttä. Näissä pienaukkometsiköissä tilavuus- ja arvokasvu on suunnilleen sama, kun tukkiosuus ei enää muutu.

- *Kasvureaktio (nopeutuminen) näkyy puiden kasvussa noin 20 metrin etäisyydelle saakka.*

Lievästi nopeutunut kasvu näkyy noin 15 metrin etäisyydelle saakka. Tutkimuksessa 20 metrin etäisyydeltä aukon reunasta on kuitenkin havaintoja vain muutamista puuyksilöistä.

- *Aivan reunimmaisissa puissa reunan mahdolliset olosuhteiden vaihtelut voivat aiheuttaa kasvun taantumista.(fysiologinen ja morfologinen sopeutuminen, auringonpolttamat).*

Tutkimuksessa kävi ilmi, että aivan reunimmaisilla puilla on suuri vaihteluväli keskimääräisessä kasvussa. Osa puista on todennäköisesti kärsinyt olosuhteiden suurista vaihteluista.

- *Reunapuustolla on kohtalaisen suuri tuulenkaatoriski.*

Pienaukkohakkuilla tehdään runsaasti metsän reunaa, joka lisää tuulenkaatoriskiä. Inventointien mukaan tuulenkaatoja oli syntynyt selvästi enemmän

pienaukkokoealoilla kuin kontrollialueilla. Olennaista on, jäävätkö välialueet riittävän yhtenäisiksi, jolloin tuuli ei pääse puhaltamaan yhtä voimakkaasti metsikön sisällä. Aukon koon ja muodon säätelyllä voisi mahdollisesti olla vaikutusta tuulenskaatoriskiin, mutta nämä seikat vaativat kuitenkin oman tutkimuksensa.

6 Johtopäätökset

Aiemmin tehdyssä tutkimuksessa (2008) ” Kuusen uudistamistulos MONTA-kokeen pienaukkohakkuin käsitellyissä metsiköissä” Katja Koskinen toteaa, että tutkitut pienaukot olivat taimettuneet metsälain vaatimalle tasolle, mutta kasvatuskelpoisten taimien määrät eivät riittäneet täyttämään metsänhoidon suositusten tavoiteteiheyksiä. Tutkimuksen tulosten mukaan pienaukkohakkuu voisi toimia kohtuullisen hyvin kuusen luontaisen uudistamisen keinona, kun huomioon otetaan vain aukkojen taimettuminen.

Pienaukkojen toteutus lisää kuitenkin suunnittelu- ja korjuukustannuksia, hidastaa uudistamisketjua ja tuo näin ollen korkomenetyksiä sekä jättää jäävän puuston alttiiksi tuhoille, vaikkakin uudistamiskustannuksissa säästetään. Pystyykö reunapuuston mahdollinen lisääntynyt kasvu kompensoimaan syntyviä menetyksiä?

Tämän tutkimuksen perusteella reunapuuston kasvu ei nopeudu tarpeeksi korvataksaan syntyviä taloudellisia menetyksiä. Pienaukkohakkuut eivät siis olisi järkevä metsätaloudellinen toimintamalli. Niitä ei kuitenkaan ole kaavailtu koko metsätaloutta mullistavaksi menetelmäksi, vaan vaihtoehdoksi esimerkiksi erikoismetsiin, joissa puuntuotos ei ole tärkein tavoite. Peitteinen metsätalous vaatii vielä lisää tutkimuksia ja kokemusta.

LÄHTEET

- Helsingin yliopiston metsätieteiden laitos 2010.
http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/picea_abies.html
(Viitattu 17.12.2010.)
- Henttonen, Helena 2009. Metsäntutkimus laitos. Valtakunnan metsien inventointi.
- Hynynen Jari, Valkonen Sauli ja Rantala Satu, 2005. Tuottava metsänkasvatus. Metsäkustannus Oy, Painopaikka Karisto Oy. Hämeenlinna 2005.
- Jalonen Riina, Hanski Ilkka, Kuuluvainen Timo, Nikinmaa Eero, Pelkonen Paavo, Puttonen Pasi, Rautio Kaisa, Tahvonon Olli 2006. Uusi metsäkirja. Gaudemus Kirja. Oy Yliopistokustannus. Tampere 2006.
- Kaila, Simo 11.9.1998. Metsätehon monimuotoisuus talousmetsän uudistamisessa –hankkeen väliraportit (MONTA-hanke). Metsätehon Internet-sivu.
http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Raportti/Raportti_062.pdf
(Viitattu 22.11.2010)
- Kauhanen Heikki, Kuuluvainen Timo, Ylisirniö Anna-Liisa ja Huhta Esa 2008. Pohjoiset havumetsät-tutkimustuloksia ekologiseen metsänhoitoon. Metsäntutkimuslaitos. Internet-sivu.
<http://www.metla.fi/julkaisut/muut/pohjoiset-havumetsat/pohjoiset-havumetsat.pdf> (Viitattu 10.12.2010.)
- Koskinen, Katja 2008. Kuusen uudistamistulos MONTA-kokeen pienaukko-hakkuin käsitellyissä metsiköissä Etelä-Suomessa. Pro gradu maatalous- ja metsätieteiden maisterin tutkintoa varten. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos.
- KvantiMOTV 2011. Regressioanalyysi.
<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/regressio/analyysi.html>
(Viitattu 5.2.2011.)

Leimaus- ja hakkuuohjeita käsittelyille uudistuskypsässä kuusivaltaisessa metsikössä. EL 1.11.1995. Tutkimushanke: Monimuotoisuus talousmetsien uudistamisessa.

Metla 2009, Metinfo: Metsänjalostus. Metsäntutkimuslaitoksen Internet-sivu. <http://www.metla.fi/metinfo/jalostus/jalostus-kuusi.htm> (Viitattu 17.12.2010.)

Metlan siementiedote 2010. Metsäntutkimuslaitoksen Internet-sivu. <http://www.metla.fi/uutiskirje/fen/2010-3/uutinen-3.html> (Viitattu 17.12.2010.)

Metsäkeskuksen metsäneuvot, metsäluonnonhoito. Metsäkeskuksen Internet-sivu. <http://www.metsakeskus.fi/web/fin/metsaneuvot/metsaluonnonhoito/saastopuut/etusivu.htm> (Viitattu 10.12.2010.)

Metsälaki 2010. Suomen lainsäädäntö. Internet-sivu. www.finlex.fi (Viitattu 22.11.2010)

Metsäntutkimuslaitos. Tiedote 27.5.2009. Internet-sivu. <http://www.metla.fi/tiedotteet/2009/2009-05-27-metsasektori-rakennemuutos.htm> (Viitattu 22.11.2010.)

Metsäntutkimuslaitos. Metla tutkimustyön esittely 2010. Internet-sivu. <http://www.metla.fi/tutkimus/> (Viitattu 26.10.2010.)

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2008. Tapion Internet-sivu. <http://www.tapio.fi/lehdistotiedotteet?id=11051138> (Viitattu 11.11.2010)

MONTA-asiakirja. Monta-koealat taimi-inventointi 1995. Perustiedot koelaoista. 3.1.2007.

MONTA-hanke esittelymoniste 2010. Metsäteho, Metla, Helsingin yliopisto ja Jyväskylän yliopisto.

MONTA-tuulenskaato-aineisto. Hanke 3158. Aineistot vuosilta 1998, 2000 ja 2002.

Sandström, Markus 2007. Talousmetsän uudistamisen taloudelliset ja ekologiset vaikutukset Monta-kokeiden perusteella. Iltapäiväseminaari 26.9.2007. Metsätehon Internet sivu.

http://www.metsateho.fi/uploads/01_Strandstr%C3%B6m_%20Yhteistutkimus.pdf (Viitattu 22.11.2010.)

Seppälä, Risto 2010. PTT-katsaus 2/2010. Metsäntutkimuslaitos. Internet-sivu.

www.metla.fi/hanke/50168/pdf/seppala_pttkatsaus_2010.pdf
(Viitattu 22.11.2010.)

Valkonen Sauli, Sirén Matti, Piri Tuula 2010. Poiminta- ja pienaukkohakkuut – vaihtoehto avohakkuulle. Metsäkustannus Oy. Tammerprint Oy, Tampere 2010.

Valkonen, Sauli & Koskinen, Katja & Mäkinen, Juhani & Vanha- Majamaa, Ilkka 2007. Uudistamistulos ja puuntuotannon kannattavuus MONTA- kokeiden metsänkäsittelyvaihtoehdoissa. METLA Vantaa. Metsätehon Internet-sivu.

http://www.metsateho.fi/uploads/03_Valkonen_Uudistamistulos%20ja%20puuntuotannon%20kannattavuus.pdf (Viitattu 22.11.2010.)

Valtion ympäristöhallinto 2010 a.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=274390&lan=FI>
(Viitattu 10.12.2010.)

Valtion ympäristöhallinto 2010 b.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=371334&lan=FI>
(Viitattu 10.12.2010.)