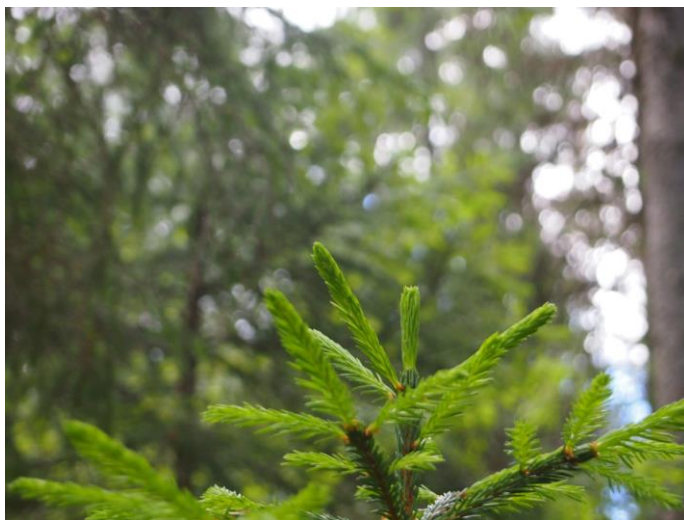




MÄÄRÄMITTAHARSINNAN VAIKUTUKSET ERI- IKÄISKUUSIKON KASVUUN JA UUDISTUMISEEN

Sanna Lappalainen



Opinnäytetyö
Tammikuu 2016
Metsätalous

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

LAPPALAINEN SANNA:

Määrämittaharsinnan vaikutukset eri-ikäiskuusikon kasvuun ja uudistumiseen

Opinnäytetyö 71 sivua

Tammikuu 2016

Eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus tuli lailliseksi vuoden 2014 alusta, mutta poimintahakkuita ei ole suoritettu niin paljon kuin metsänomistajilla oli kiinnostusta hakkuutapaan. Tasaikäinen metsänrakenne ei suosi poimintahakkuita, mutta osaltaan poimintahakkuiden vähäiseen määrään vaikuttaa myös se, että hakkuutapaa pidetään vaikeana, eikä sitä uskalleta käyttää ennen kuin saadaan lisää tietoa ja kokemusta aiheesta. Harsintaa ja erityisesti määrämittaharsintaa on pidetty Suomeen sopimattomana hakkuutapana, jopa metsän hävityksenä. Määrämittaharsinnassa poistettavien puiden valinta tapahtuu systemaattisesti läpimitan mukaan, eikä metsänhoidollisiin näkökohtiin kiinnitetä huomiota.

Opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Metsäntutkimuslaitoksen (Metlan) ja sen seuraajan Luonnonvara keskuksen (Luke) kanssa liittyen tutkimushankkeeseen Eri-ikäisrakenteisten ja monijaksoisten metsien kasvattaminen (3558). Aineisto on kerätty vuosina 2013–2014 kuudelta koealalta, jotka on perustettu 1980-luvulla. Koealat on määrämittaharsittu vuosina 1984–1988, jonka jälkeen koealat ovat olleet koskemattomina. Kokeellisesti on tutkittu mittaustietojen perusteella koealojen puuston määrää, rakennetta, kasvua, uudistumista ja terveydentilaa.

Määrämittaharsitut metsät olivat eri-ikäisrakenteisia kuusikoita, jotka rakenteeltaan muistuttivat poimintahakkuin käsiteltyjä eri-ikäismetsiä. Kokojakaumaltaan metsikkö muistutti käännteistä J-käyrää ja puiden ikä korreloi positiivisesti läpimitan kanssa. Harsintahakkuta edeltäneet lähtötilanteet vaihtelivat ja niistä muodostui puustorakenteeltaan erilaisia metsiköitä. Puusto toipui määrämittaharsinnasta jopa yllättävän hyvin, joskin metsikkö- ja puukohtaiset erot olivat suuria.. Metsiköt olivat puuntuotokseltaan lähimain verrattavissa poimintahakkuin käsiteltyihin metsiin, mutta uudistuminen oli selvästi huonompaa. Keskituotos oli 4,8m³/ha/v keskimäärin 28 vuoden tarkastelujaksolla. Pohjapinta-ala kasvoi 0,5 m²/v. Läpimitan kasvu oli suurimmillaan noin 10 vuoden päästä hakkuusta. Kasvureaktio oli selkeä kaikissa läpimittaluokissa, mikä osoittaa puut toipumiskykyisiksi. Keskimäärin kaikkia taimia oli 10049 kpl/ha, joista vakiintuneita kasvatettavien puulajien taimia oli 724 kpl/ha.

Tutkimuksen tulokset antoivat lisätietoa eri-ikäismetsän kasvatukseen. Koska määrämittaharsittu metsä muistuttaa poimintahakkuuta, jossa on poistettu vain isoja puita huolehtimatta metsänhoidosta, tutkimusta voidaan käyttää ääriesimerkkinä voimakkaasta, jopa epäonnistuneesta, poimintahakkuusta.

Asiasanat: määrämittaharsinta, kuusi, eri-ikäisrakenteinen metsän kasvatus, poimintahakkuu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of Forestry

LAPPALAINEN SANNA:

Effects of selective cuttings on growth and regeneration of uneven-aged stands of Norway spruce

Bachelor's thesis 71 pages
January 2016

Uneven-aged forestry was legalized in Finland in 2014 but it has not been practiced in many forests even if forest owners are interested in the method. The structure of Finnish forests is not favourable for uneven-aged forestry, and there is also a lot of uncertainty for using this method because lack of research and experience. Selection cuttings are equated with selective cuttings which have a bad reputation. This Bachelor's theses focused on how uneven-aged spruce stands developed after high-grading. Selective cuttings, particularly high-grading, remove all big trees above certain diameter and welfare of the rest of the trees are not paid any attention.

The thesis is made with co-operation with Natural Resources Institute Finland (Luke) and the predecessor Finnish Forest Research Institute (Metla). It is connected to research project called Uneven-aged forest management. In this thesis the selective cutting is used as an extreme example of continuous cover forestry (CCF). The study was based on six sample plots which were established thirty years ago. They were all spruce stands treated with a diameter-limit harvest in the eighties and then left to their own. Now the plots have been measured and examined how the forest developed. The objective of the thesis was to examine their growth and regeneration.

At the end of the observation period, the structure of the selective cutting managed forests resembled single-tree selection harvested uneven-aged forests. Their diameter distribution resembled a reverse/inverted j-curve and the age of the tree was correlating with diameter. Average yield was 4,8 m³/ha/a during the observation period of with an average duration of 28 year. The average basal area growth was 0,5 m²/ha/a. Diameter growth was fastest after ten years from the harvest. The growth response was substantial in all diameter classes which indicate the vitality of the stands. The average number of all seedlings (0-130 cm) was 10049 per ha and the number of the stabilized seedlings of the desired tree species (11-130 cm) was 724 per ha.

The results help us understand what happens after a heavy and perhaps failed selection cutting where all big trees are removed from the stand and what is left are all small and low quality trees.

Key words: high grading, selective cuttings, uneven-aged forest, continuous cover forestry, *Picea Abies*, Norway Spruce, selection cuttings, single-tree selection

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	HARSINNAN HISTORIALLINEN MERKITYS.....	11
3	ERI-ikäISRAKENTEISEN METSÄN KASVATUS NYKYÄÄN.....	14
4	KUUSI ERI-ikäISRAKENTEISESSA METSÄSSÄ.....	17
4.1	Eri-ikäisrakenteinen metsä.....	17
4.2	Kuusikon uudistuminen eri-ikäisrakenteisessa metsässä.....	18
4.3	Kuusen kasvu.....	20
5	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ.....	23
5.1	Aineisto.....	23
5.2	Tutkimusmenetelmät.....	24
5.2.1	Maastomittaukset.....	24
5.2.2	Laskenta ja tilastolliset menetelmät.....	24
6	KOEALOJEN KUVAUS.....	26
6.1	Koeala Lap 6.....	26
6.2	Koeala Lap 7.....	29
6.3	Koeala Lap 12.....	32
6.4	Koeala Vep 3.....	35
6.5	Koeala Jal 9.....	38
6.6	Koeala Kau 1.....	41
7	TULOKSET.....	44
7.1	Puuston määrä ja rakenne.....	44
7.2	Puuston kasvu.....	46
7.2.1	Pohjapinta-alan kasvu.....	46
7.2.2	Tilavuuden kasvu.....	47
7.2.3	Läpimitan kasvureaktio metsikkötasolla.....	47
7.2.4	Koepuukuusien kasvureaktiot.....	49
7.2.5	Pohjapinta-alan ja tilavuuden vaikutus kasvuun.....	54
7.3	Puuston uudistuminen.....	55
7.3.1	Taimien määrä.....	55
7.3.2	Puuston vaikutus uudistumiseen.....	56
7.4	Puuston laatu ja terveydentila.....	57
8	TULOSTEN TARKASTELU.....	61
8.1	Koealojen kuvaus ja yhteenveto koealakohtaisista tuloksista.....	61
8.2	Puuston määrä ja rakenne.....	62
8.3	Puuston kasvu.....	64
8.4	Puuston uudistuminen.....	65

8.5 Puuston terveydentila.....	65
8.6 Luotettavuus.....	65
9 POHDINTA.....	66
LÄHTEET.....	69

ALUKSI

Aluksi haluan kiittää kaikkia niitä ihmisiä, jotka ovat olleet mukana tässä tutkimusprosessissa. Tämä työ ei olisi ollut mahdollista toteuttaa ilman Erkki Lähteen perustamia koealoja, joten Erkille kiitokset kaukonäköisyydestään, tällaista tutkimusta tarvittiin. Erityisen suuret kiitokset Sauli Valkoselle, joka vihjaisi tästä aiheesta ja toimi kantavana voimana koko prosessin ajan. Kiitokset Timo Saksalle sinnikkäästä työstä koealojen vanhojen tietojen etsinnässä. Kiitokset myös kaikille Metlan väen opastajilleni ja mittaustyötä tehneille, ilman teitä työni olisi ollut paljon vaikeampaa ja tylsempää: Mikko Kukkola, Juhani Korhonen, Hilikka Ollikainen ja Ilkka Taponen. Kiitokset myös Petri Keto-Tokoille, ohjaavalle opettajalle, tarpeellisesta palautteesta ja neuvoista.

1 JOHDANTO

Määrämittaharsinta muuttui ajankohtaiseksi aiheeksi, kun Metsälaki uudistettiin vuoden 2014 alussa ja eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus poiminta- ja pienaukkohakkuuin asetettiin laillisesti jaksollisen metsänkasvatuksen kanssa samalle viivalle (Metsälaki). Poimintahakkuusta tuli laillista sillä edellytyksellä, että jäljelle jäänyt puusto on elinvoimainen, mutta määrämittaharsinnassa jäljelle jäänyt puusto ei välttämättä täytä laillisuuden kriteereitä. Harsinta-sanaa on aiemmin käytetty myös nykyisten poimintahakkuiden kaltaisista hakkuista (metsänhoidollinen harsinta), mutta nykyään harsinta yhdistetään metsää hävittäväksi määrämittaharsinnaksi.

Harsinta on sanana vanha ja sitä on käytetty metsätaloudessa tarkoittamaan monenlaista puiden hakkuuta ollen synonyyminä harventamiselle. Esimerkiksi talonpoikaisharsinta (kotitarveharsinta) on kuvannut metsänkäyttöä, jossa lähimetsästä on haettu kaiken kokoista tarvepuuta omaan käyttöön. 1900-luvun alkupuolella harsinta alkoi saada negatiivista leimaa. Harsinta on yhdistetty nimenomaan metsää hävittäväksi määrämittaharsinnaksi ja harvennus-sanaa on alettu käyttää kasvatushakkuista. Lopullisen siivouksen teki harsintajulkilausuma vuonna 1948, joka tuomitsi kaiken harsinnan ja vakiinnutti jaksollisen metsän kasvatuksen termit poistaen kaikki viittaukset harsintaan.

Määrämittaharsinnalla on aina tarkoitettu isoimpien, tiettyä läpimittaa suurempien, puiden hakkuuta. Läpimittaraja on määräytynyt sen mukaan minkälaista puuta on tarvittu, yleensä kuitenkin tarkoituksena on ollut tukkipuiden hahakkaaminen eri-ikäisrakenteisesta metsästä. Menetelmää on käytetty myös pienemmän puun harsintaan ja tasaikäisrakenteisiin metsiin. Määrämittaharsinnassa ei ole kiinnitetty huomiota jäljelle jäävään puustoon ja sen tulevaisuuteen, jonka vuoksi sitä on kutsuttu metsää hävittäväksi harsinnaksi ja sitä on syytetty metsien pilaamisesta.

Määrämittaharsinnan metsää tuhoavasta imagosta on pyritty irti keksimällä harsinnalle uusi nimi, mutta edelleenkin poimintahakkuuta verrataan mielikuvissa määrämittaharsintaan. Edes harsintajulkilausumassa, jossa vuonna 1948 tuomittiin kaikki harsinta Suomeen soveltumattomiksi hakkuutavoiksi, perusteena ei ollut

tutkimusta kuusen metsänhoidollisesta harsinnasta (Appelroth, Heikinheimo, Kalela, Laitakari, Lindfors & Sarvas 1948). Julkilausuma (1948) oli vain kuuden metsäalan asiantuntijan ulostulo metsien sen hetkisestä tilasta ja käsittelystä, mutta se muutti laintulkintaa tuomiten myös metsänhoidollisen harsinnan. Suurimpana perusteena tuomitsemiseen oli määrämittaharsintojen tuhoamat metsät ja harsinnan soveltumattomuus Suomen ilmastoon ja kotimaisten puulajien huono varjonsieto- ja toipumiskyky. Myös Vuokila (1970) toteaa Suomen ilmaston ja puulajit soveltumattomiksi eri-ikäisrakenteiseen metsän kasvatukseen. Kuusi on Suomen talouspuulajeista parhaiten varjoa sietävä ja siksi soveltuu myös parhaiten eri-ikäismetsän kasvatukseen. Nyt kuusen poimintahakkuista on jo tutkimuksia, mutta niitäkin on vielä vähän. Lisää pitkäaikaisia tutkimuksia ja erityisesti käytännön kokemusta kaivataan.

Vaikka harsintajulkilausumassa (1948) erotettiin epämääräinen harsinta eli määrämittaharsinta ja varsinainen harsinta eli metsänhoidollinen harsinta, tuomittiin myös metsänhoidollinen harsinta eli nykyisenlaiset poimintahakkuut sopimattomiksi Suomen ilmastoon. Mitään eri-ikäisen metsän kasvatusmenetelmää ei hyväksytty sovellettavaksi Suomessa ja toisinajattelihoitoa tuomittiin rauhoittamalla heidän metsänsä. 1980-luvulla, kun kiinnostus jatkuvasti peitteisenä kasvatettavaan metsään taas heräsi tutkijoissa ja metsänomistajissa, Erkki Lähde aloitti eri-ikäismetsien tutkimuksen. Lähde kehitti termin jatkuva kasvatus metsänhoidollisen harsinnan tilalle. Lähteen 1980-luvulla aloittamat tutkimukset lopetettiin kesken. Koealat ovat kuitenkin säilyneet ja olleet tutkimuksen kohteena. Tutkimalla näiden määrämittaharsittujen koealojen puuston kehitystä on mahdollista sanoa, minkälainen vaikutus määrämittaharsinnalla on kuusikoihin. Onko tuloksena hävitetty metsä?

Tutkimuksen lähtökohtana on lisätiedon tarve eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatukseen. Koska poimintahakkuiden tutkimuksia ja varsinkin käytännön kokemuksia on niukasti sekä epäonnistumisen riskiä pidetään suurena, tämä tutkimus kartoittaa määrämittaharsinnan kautta rajoja poimintahakkuiden voimakkuudelle ja laadulle. Onko määrämittaharsittu metsä hävitetty vai sittenkin kehityskelpoinen? Tarkoituksena on kokeellisesti tutkia määrämittaharsitun metsän rakennetta, kasvua ja uudistumista, sekä pohtia määrämittaharsinnan yhtymäkohdat poimintahakkuihin. Tutkimuksen tavoitteena on saada ääriesimerkki poimintahakkuihin tapauksessa, jossa

hakkuun voidaan sanoa epäonnistuneen keskittyen pelkästään isoimpiin puihin, ja jossa metsänhoitoa ei ole otettu huomioon.

Tutkittavana on kuusi määrämittaharsittua koealaa. Koealojen tilajärjestystä, runkolukusarjoja, pohjapinta-aloja ja tilavuutta tutkimalla saadaan käsitys määrämittaharsitun metsikön rakenteesta ja rakennetta voidaan verrata yleisiin käsityksiin eri-ikäisrakenteesta. Kasvua ja uudistumista sekä puuston laatua tutkimalla voidaan sanoa, onko metsä hävitetty tai pilalla. Tarkkoja määrittelyjä hävitetyille tai pilatulle metsälle ei ole, mutta esimerkiksi Vuokilan (1984) mukaan metsä ei ole hävitetty tai pilalla, kun metsä uudistuu ja puustopääoma on elinvoimainen.

Jatkuvasti peitteisen metsän edellytyksenä on alikasvoksesta luontainen uudistuminen, joten koealojen uudistumista tutkitaan taimimäärää ja puuston tiheyden vaikutusta siihen. Puustomäärä vaikuttaa kasvuun ja tuotokseen, joten tarkastelemalla pohjapinta-alan vaikutusta taimettumiseen, voidaan yrittää selvittää sopiva pohjapinta-ala niin, ettei kasvu eikä taimettuminen kärsi. Löytyisikö sopiva tasapaino. Eri läpimittaluokkien puiden kasvureaktioita tutkimalla saadaan selville, kuinka erikokoiset puut toipuvat ja ottavat hakkuun jälkeisen vapautuneen tilaan käyttöönsä.

Tutkimus myös kartoittaa, mitä määrämittaharsinta voi kertoa eri-ikäismetsän kasvatuksesta. Sopivatko esimerkkikoealat kertomaan jotain eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatuksesta? Jotta kysymykseen voi vastata, on selvitettävä määrämittaharsinnan ominaispiirteet ja vertailtava eri-ikäismetsän kasvatukseen. Koska määrämittaharsitun metsän rakenne, kasvu ja uudistuminen ovat riippuvaisia määrämitta harsintaa edeltäneestä metsiköstä tulee selvittää mahdollisimman hyvin määrämittaharsintaa edeltänyt ja sen jälkeen jäljelle jäänyt puuston rakenne. Tarkasteltavien koealojen puustomäärä ja laatu on vaihdellut, mikä on vaikuttanut lopputulokseen. Koealojen välillä on suuri eroja, joten niitä voi esimerkin tavoin verrata eri-ikäisrakenteiseen metsään. Mahdollisia syitä eroavuuksiin sekä mahdollisia yhtymäkohtia nykyisiin eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatuksen teorioihin etsitään pohdinnoissa.

Syy, miksi tässä tutkimuksessa on keskitytty kuusikoihin, on kuusen paras varjonsieto verrattuna muihin Suomessa kasvaviin puulajeihin. Jotta määrämittaharsitulla kuusikolla olisi mitään mahdollisuutta toipua ja kasvaa harsinnan jälkeen mahdollisimman nopeasti vähintään yhtä hyvätuottoiseksi kuin ennen hakkuuta,

lähtökohtana täytyy olla eri-ikäisrakenteinen metsä. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä on nuoria puita valmiina ottamaan vapautuneen tilan itselleen. Tasaikäisessä metsässä isoimpien puiden poistaminen johtaisi huonoimpien puiden jäljelle jäämiseen, mikä saattaisi vaarantaa metsän kehityksen, koska huonokuntoiset puut eivät välttämättä enää toipuisi, vaikka saisivatkin tilaa. Myös alikasvos voi puuttua tai se on raivattu pois tasaikäisestä metsästä. Tämä opinnäytetyö käsittelee määrämittaharsintojen vaikutuksia kuusikossa, koska mänty sovellu niin hyvin eri-ikäismetsään huonomman varjostuksen jälkeisen kasvureaktion vuoksi. Tämä tutkimus ei ota myöskään kantaa määrämittaharsinnan eikä poimintahakkuiden taloudelliseen kannattavuuteen.

Tässä opinnäytetyössä käydään aluksi läpi määrittelyn kannalta tarpeellista historiallista puolta sekä oleellisia taustoja eri-ikäismetsästä ja kuusen kasvusta, jotta on mahdollista arvioida, mitkä asiat vaikuttavat tutkimuksen tulokseen. Taustoihin on kerätty tietoa lähinnä suomalaisista lähteistä, sillä tutkimukset eivät ole yleistettävissä maailmanlaajuisesti erilaisen ilmaston ja kasvillisuuden vuoksi. Tutkimuksen esittelyn lisäksi koealat esitellään ja kuvaillaan yksityiskohtaiseksi, jotta niitä voidaan käyttää esimerkkeinä. Tulokset ja tulosten tarkastelut ovat omissa luvuissaan. Lopuksi on vielä pohdintaa tutkimuksen merkityksestä.

2 HARSINNAN HISTORIAALLINEN MERKITYS

”Metsää älköön hävitettävä;-” 106/1917 Asetus toimenpiteistä metsän hävittämisen ehkäisemiseksi

Vuosisatojen ajan Suomessa on pelätty metsien häviävän ja aika ajoin leimahtaa kiivaitakin keskusteluja siitä, onko vallitseva metsänkäsittelymenetelmä paras mahdollinen -viimeisinpästä kiista jatkuvasti peitteisenä kasvatettavan metsän ja avohakattavan metsän välillä. Suomessa valtio on ohjailnut metsänkäyttöä laeilla ja tuilla, ja se on pitkään pakottanut metsänomistajat tasaikäisen metsän jaksolliseen kasvattamiseen, mutta vuoden 2014 lakimuutoksen myötä vastuuta ja vapautta on jälleen siirretty metsänomistajille.

Metsälaki on muodostunut metsävarojemme ja kohoavan puuntuotannon suojelemiseksi ja laista tutun lausahduksen ”Metsää älköön hävitettävä” merkitys on muuttunut vallitsevan metsänkäsittelytavan mukana. Alkuperäinen laki muodostui suojelemaan metsiämme autioitumiselta turvaamalla luontaisen uudistamisen, mutta harsinnan kitkeminen onnistui juurruttamaan ajatuksen vajaatuottoisten metsien avohakkuista. Kärjistäen: vain uudistushakkuilla ja tasaikäiskasvatuksella voi saada tuottavan metsikön.

Ikuisesta harsinnasta jatkuvaan kasvatukseen

Harsintaa ja luontaista uudistamista pidettiin toimivina ratkaisuinä vielä 1900-luvulle tultaessa, mutta kuitua käyttävän teollisuuden yleistyessä myös mielipiteet määrämittaharsinnan huonoudesta alkoivat yleistyä ja määrämittaharsinnasta kehittyi kirosana, jonka muisteluä vältellään.

Ennen sahateollisuuden kulta-aikaa 1800-luvulla puuta hakattiin enimmäkseen kotitarvekäyttöön, jolloin puhuttiin talonpoikaisharsinnasta. Sahateollisuuden yleistymisen myötä sahat tarvitsivat suuria määriä tukkia, puhuttiin tukin harsinnasta eli määrämittaharsinnasta. Määrämittaharsinnalla on aina tarkoitettu isoimpien, kaupallisesti arvokkaiden, puiden korjuuta. Määrämittaharsinnassa metsästä hakattiin kaikki sahalle kelpaava puusto eli mitoiltaan ja laadultaan tukkipuuksi luokiteltavat puut. Kaskiviljeltyjen peltojen metsittäminen loi tarvetta uudistusmenetelmien

kehittämiseen, mutta harsintametsätalous perustui luontaiseen uudistumiseen. Jo tuolloin oli teorioita ikuisesta harsinnasta eli tasapainotilasta, jossa metsä uudistuu ja kasvaa samanaikaisesti tuottaen uutta puuta harsittujen tilalle.

Kuitupuun kysyntä 1900-luvulle tultaessa muutti metsänkäsittelytarpeita. Määrämittaharsinnan laajentaminen tukinharsinnasta pienempiin puihin ja tukin läpimittavaatimusten pieneneminen johti metsien hävittämiseen. Ilvessalo määrittelee hävitetyn metsän VMI2:ssa. Hänen mukaansa metsä on hävitetty, kun metsä on hakattu ”ryöstö”hakkuilla. Ryöstöhakkuissa on jäänyt jäljellä metsikön rippeet, sen heikoimmat yksilöt, eikä tyydyttävää luontaista uudistumista ole tapahtunut. (Ilvessalo 1936). Myös Heikinheimo määrittelee hävitetyn metsän luontaisen uudistumisen mahdottomuudella ja epävarmuudella. Hävitettyjä metsiä oli tuolloin ensimmäisen VMI:n aikoihin 3,2% metsistä. Heikinheimo määrittelee pilatut metsät sopimattomin hakkuin käsitellyiksi niin, että tuotto tai metsän arvo on tuntuvasti alentunut. Pilattuja metsiä VMI1:ssä oli 23,8%. (Heikinheimo1924) Vuokila määrittelee hävittävän harsinnan sellaiseksi, jossa ei ole kiinnitetty huomiota puustopääomaan eli puuston määrään eikä metsänhoitoon eli jäljelle jäävän puuston laatuun (Vuokila 1984). Jotta metsä ei olisi hävitetty ja pilalla, sen tulisi uudistua ja olla puustopääomaltaan elinvoimainen.

Siirtyminen uudistushakkuisiin alkoi 1920-luvulla, mutta avohakkuuta vielä kuitenkin välteltiin ja hakkuut olivat pääasiassa siemen- ja suojuspuuhakkuita. Edes vuoden 1948 julkilausumassa, jossa harsinta julistettiin sopimattomaksi metsän käsittelytavaksi, ei vielä suositeltu avohakkuita ja metsänviljelyä, vaan luontainen uudistaminen oli julkilausuman kirjoittajien suosittama vaihtoehto. Vaikka julkilausumassa erotettiin epämääräinen harsinta eli määrämittaharsinta ja varsinainen harsinta eli metsänhoidollinen harsinta, molemmat tuomittiin yhtäläillä sopimattomiksi Suomen olosuhteisiin ja metsän hävittämiseksi. Erotukseksi harsinnasta jaksollisen metsän harvennuksia alettiin kutsua kasvatushakkuiksi.

1950-luvulla Lapissa alettiin uudistaa kuntaantuneita kuusikoita kulotetuilla avohakkuilla ja männyn viljelyllä, mistä kertyneet hyvät kokemukset levisivät eteläiseenkin Suomeen. Kulotus vaihtui uusiin, koneellisiin maanmuokkaustapoihin ja vuonna 1964 alkanut MERA-tuki kannusti laajemmin avohakkuisiin, jotta teollisuudelle riittäisi tarpeeksi puita.

1980-luvulta alkaen, kun kiinnostus peitteisenä kasvatettavien metsien metsänkäsittelymuotoihin taas heräsi, toi Erkki Lähde uuden termin harsinnan tilalle ja varsinaista harsintaa alettiin kutsuaan jatkuvaksi kasvatukseksi. Nykyään käytetään jatkuvasta kasvatuksesta myös termiä eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus ja esimerkiksi metsänkätöilmoituksessa poimintahakkuu on kasvatushakkuuta.

3 ERI-ikäISRAKENTEISEN METSÄN KASVATUS NYKYÄÄN

Nykyään puhutaan eri-ikäisrakenteisesta metsän kasvatuksesta ja sillä tarkoitetaan peitteisenä kasvatettavia metsiä, joissa on kaiken ikäisiä puita. Hakkuutapana voi olla poiminta- tai pienaukkohakkuut. Poimintahakkuilla korjataan eri-ikäisrakenteisesta metsästä yksittäisiä puita, jotka on valittu järeyden ja metsänhoidollisten syiden perusteella. Poimintahakkuilla usein pyritään saavuttamaan tasapainotilanne, jossa hakattujen puiden tilalle kasvaa 10-20 vuoden aikana vastaava metsä, jota voidaan kutsua säännöllisen eri-ikäisrakenteiseksi metsäksi. Vaikka pienaukkohakkuut yhdistetään eri-ikäismetsään, hakattava kohteena on yleensä tasaikäinen metsä, joka uudistetaan luontaisesti hakkaamalla alle 0,3 hehtaarin aukkoja. Edellisten aukkojen uudistuttua hakataan uudet aukot jatkaen kunnes koko kuvio on uudistettu. Kuviolla on siis eri-ikäisiä laikkuja uudistamisvaiheesta riippuen. Hakkuutapoja voi myös yhdistellä ja se on usein suositeltavaakin. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä hakattavat aukot voisivat kohdistua alueelle, jossa on paljon hakkuukypsää puuta, mutta huonosti alikasvosta tai, kun halutaan varmistaa männyn tai koivujen uudistuminen. (Valkonen 2010)

Jatkuva kasvatus on Erkki Lähteen 1980- luvulla lanseeraama termi, joka edelleen on käytössä, mutta ei ole päässyt viralliseksi termiksi. Jatkovaa kasvatusta käytetään usein synonyyminä eri-ikäiskasvatukselle, mutta se on käsitteenä laajempi ja epämääräisempi. Ideana on kasvattaa metsää jatkuvasti peitteisenä, ja siihen sopii eräiden määritelmien mukaan kaikki muut metsät paitsi yksijaksoinen, tasaikäinen metsä. Siten siemen- ja suojuspuuhakkuut ja kaksijaksoisen metsän kasvatus olisivat joidenkin määritelmien mukaan jatkuvaa kasvatusta. Jatkovassa kasvatuksessa kriteerinä ei siis ole kaikkien ikäluokkien edustus metsikössä. Samaan määritelmään jatkuvan kasvatuksen kanssa sopivat myös termit erirakenteinen ja monijaksoinen.

Eri-ikäismetsikössä on jatkuvasti kaikkien ikäluokkien ja läpimittaluokkien puita, jotka ovat jakautuneet epätasaisesti metsikön sisällä. Uudistuminen tapahtuu luontaisesti ja alikasvos kehittyy isompien puiden varjossa. Noin 15-20 vuoden välein latvustoa avataan poimintahakkuilla, joissa hakataan suurimpia ja huonokuntoisimpia puita. Säännöllisen eri-ikäisrakenteiseksi metsäksi kutsutaan metsää, jonka voi sanoa olevan tasapainotilassa noudattaen käännteistä J-käyrää tai loivempaa sigmoidimallia. Tasapainotila tarkoittaa läpimittaluokitellun metsän puuston rakennetta, jossa läpimitaltaan pienimpiä puita on eniten ja läpimittojen kasvaessa puiden kappalemäärät

vähenevät muodostaen J-käyrän tai sigmoidimallin mukaisen käyrän palautuen samaiseen tilanteeseen aina hakkuiden jälkeen.(Valkonen 2010)

Eri-ikäiskasvatuksen onnistumisen ratkaisee metsikön uudistumiskyky; metsikössä täytyy syntyä tarpeeksi taimiainesta, jotta poimintahakkuissa poistettavien puiden tilalle kasvaa uusia puita. Taimikuolleisuus on suurta, joten taimia täytyy olla paljon enemmän kuin isoja puita. Puuston tulee olla myös kasvukykyistä, jolloin puuston määrä on optimaallisinta silloin, kun tilavuus on mahdollisimman suuri, mutta pohjapinta-ala kuitenkin niin pieni, että puilla on tilaa kasvaa ja uudistuminen ei kärsi. (Valkonen 2010)

Eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatus tuli lailliseksi vuoden 2014 alusta ja metsänomistajilla on ollut kiinnostusta kokeilla jatkuvaa kasvatusta omissa metsissään, mutta kasvatustapaa ei kuitenkaan ole sovellettu moneenkaan metsään. Vuonna 2014 metsänkäyttöilmoituksista alle prosentissa kasvatushakkuista oli hakkuutapana poiminta- tai pienaukkohakkuu. Metsäammattilaiset ovat varautuneempia menetelmää kohtaan ja odottavat lisätietoa. Myöskään nykyinen metsien rakenne ei suoraan suosi menetelmää, vaan odotettavissa on pitkä muutosjakso. Koska tietoa ei ole tarpeeksi, menetelmää pidetään arveluttavana ja riski epäonnistua on suuri. Metsänomistajista suurin osa on kiinnostunut jatkuvasti peitteisestä metsänhoidosta. Vuonna 2010 vain neljä prosenttia katsoi eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatuksen olevan mahdotonta Suomen olosuhteissa, reilu neljäsosa oli heti valmis siirtymään menetelmään ja toinen neljännes olisi valmis kokeilemaan epäilykset hälventävän lisätiedon jälkeen. (Kumela&Hänninen 2011; Valkonen & Chen 2014)

Nyky metsien rakenteen ja vähäisen tiedon lisäksi metsäammattilaisten innottomuus menetelmää kohtaan voi joissain tapauksissa torpata menetelmän käytön, sillä jopa noin 30 prosenttia metsäammattilaisista suhtautuu kielteisesti erirakenteiskasvatukseen eikä ole valmis suosittelemaan menetelmää. Kielteisesti suhtautuvien prosenttimäärä on vähän korkeampi kuin myönteisesti suhtautuvien määrä. Osaltaan metsäammattilaisten näkemys pohjautuu tutkimustuloksiin sekä kokemuksen vähyyteen, mutta osa vielä muistelee määrämittaharsinnan tuhoisia vaikutuksia. (Valkonen & Chen 2014)

Vaikka poimintahakkuut joskus yhdistetäänkin määrämittaharsintaan, monikaan ei ole tullut ajatelleeksi, että eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatuksen sallimisen myötä myös

määrämittaharsinta tuli tavallaan lailliseksi –tai jos on tajunnutkin asian, haluaa pysyä vaiti. Määrämittaharsintaa rajoittaa samat asiat kuin poimintahakkuita eli jäljelle jäävän puuston pohjapinta-ala ja laatu. Jäljelle on jätävä kasvatuskelpoinen puusto, jotta ei muodostu uudistamisvelvoitetta. Laillisuuden kriteereihin päästään määrämittaharsinnassa vain sattumalta, sillä siinä ei määritelmän mukaan kiinnetä huomiota juuri vaadittuihin asioihin.

Määrämittaharsinta eroaa poimintahakkuista paitsi puiden laadun ja kunnon lisäksi siinä, että harsitun metsän tilajärjestys on sattumanvarainen, joten metsikössä on vaihtelevasti tiheikköjä ja aukkoja, riippuen alkuperäisen metsän tilajärjestyksestä ja poistettavien puiden sijainneista. Koska poimintahakkuissa valitaan poistettavat puut myös metsänhoidollisista syistä, tilajärjestys on suunnitellumpi ja halutessa tasaisesti järjestetty. Tarkoituksella voidaan jättää tieheämpiä paikkoja ja jossain osissa metsikköä avataan enemmän tilaa taimille. Poimintahakkuissakin keskitytään poistamaan isoimpia puita niin kuin määrämittaharsinnassa, mutta metsänhoidollisista syistä voidaan poistaa pienempiäkin puita ja isompia puita voidaan jättää turvaamaan uudistumista.

Poimintahakkuiden riskeinä on uudistumisen epäonnistuminen, juurikäpää ja kuusettuminen. Jatkuvaa kasvatusta ei suositellakaan juurikäävän vaivaamiin metsiin tai paksukunttaisille maille, joissa uudistumisen edellytykset on huonot. Usein poimintahakkuita syytetään kuusettumisesta, sillä kuusi on Suomessa ainut talouspuulaji, joka soveltuu alikasvoksena uudistamiseen varjonsietokykynsä ansiosta. Lehtipuusekoitukseen tulisi kuitenkin pyrkiä, sillä se parantaa taimettumista ja monimuotoisuutta. Monimuotoisuudesta tulee myös huolehtia samoin kuin tasaikäisrakenteisessa metsässä. (Valkonen 2014)

Laki ohjaa eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatusta määrämällä vähimmäispohjapinta-alan. Hakkuun jälkeen kuusikossa täytyy olla kasvatuskelpoista puustoa vähintään 10 m²/ha eteläisessä Suomessa. Kasvatuskelpoiseksi puuksi luetaan puu, joka on latvukseltaan elinvoimainen, rinnankorkeuslähpimitaltaan vähintään 7 cm, lukeutuu sallittuihin puulajeihin, eikä siinä ole vaurioita. Jos nämä kriteerit eivät toteudu, seuraa uudistamisvelvoite, jolloin kymmenessä vuodessa täytyy olla vähintään noin 50 cm pitkä taimikko, jossa kasvatettavia taimia on vähintään 1500 kpl/ha. (Metsälaki; Asetus)

4 KUUSI ERI-ikäISRAKENTEISESSA METSÄSSÄ

4.1 Eri-ikäisrakenteinen metsä

Suomen metsät ovat luonnontilassa useimmiten eri-ikäisrakenteisia ja uudistuvat pienten häiriöiden kautta. Metsäpaloissakaan koko metsä ei yleensä tuhoudu, vaan jäljelle jää aukkoinen metsä, johon enemmän valoa vaativat kasvit pääsevät uudistumaan. Tuloksena on monimuotoinen ja vaihteleva metsikkö. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä on kaiken ikäisiä ja kokoisia puita, erikseen voidaan vielä puhua säännöllisen eri-ikäisrakenteisesta metsässä, jossa kaikki läpimittaluokat on edustettuina ja eri-ikäiset puut ovat jakautuneet tasaisesti metsikössä. Tällöin pienemmät puut ovat nuorempia kuin isot puut. Tasaikäinenkin metsä voi olla erirakenteinen, kun osa puista on jäänyt kasvussa jälkeen. Silloin pienemmät puut ovat samanikäisiä isojen puiden kanssa ja kituuttaen elävät paremmin kasvaneiden varjossa.

Eri-ikäisrakenteisessa metsässä uudistuminen tapahtuu luontaisesti varjoisiin olosuhteisiin, jolloin parhaiten menestyvät varjoa sietävät puut. Vähemmän varjoa sietävät puulajit uudistuvat häiriöiden avattua latvuserrosta. Suomessa kasvavista puulajeista kuusi soveltuu varjoa sietävänä talouspuuna parhaiten eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatukseen. Kuusen täytyy eri-ikäisrakenteisessa metsässä pystyä uudistumaan luontaisesti. Jatkuvasti peitteisenä kasvatetussa metsässä alikasvoksen täytyy myös selviytyä suurien puiden varjossa ja kasvutilan vapautuessa alikasvoksen täytyy pystyä ottamaan vapautunut tila käyttöön. Toisaalta päästyään ylimpään latvuserrokseen, kuusella on paljon tilaa kasvaa. Tiedetään, että eri-ikäisrakenteinen metsä tulisi kasvattaa riittävän harvana, jotta uudistuminen turvattaisiin, mutta tällöin harvuus voi mahdollisesti tuoda laadullisia ongelmia. Määrämittaharsinnassa, jossa suurimmat puut on hakattu, ongelmana voi olla myös siementen tuottaminen, jos alueella ei ole tarpeeksi kypsiä puita.

4.2 Kuusikon uudistuminen eri-ikäisrakenteisessa metsässä

Siementyminen ja sirkkataimien syntyminen

Kuusi voi aloittaa siementen tuottamisen kymmenen vuoden iässä, mutta hyviin siemensatoihin päästään vasta 30-40 vuoden hyvissä olosuhteissa. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä kestää kauemmin ennen kuin kuusi pääsee latvuserrokseen ja se pääsee kasvattamaan latvustaan. Eteleläsuomalaisissa eri-ikäiskuusikoissa alikasvoksena kuusen taimelta on kulunut keskimäärin 60 vuotta saavuttaa vasta 1,3 metrin pituus (Eerikäinen ym. 2014; Lin ym. 2011). Siemensato vaihtelee vuosittain ja hyviä siemenvuosia on 3-4 kertaa vuosikymmenessä. Siementävien puiden määrä ja koko vaikuttavat siementen määrään; mitä useampi suuri puu, sitä enemmän siemeniä. Siementen määrä puolestaan vaikuttaa syntyvien sirkkataimien määrään; hyvinä siemenvuosina syntyy enemmän sirkkataimia (Saksa & Valkonen 2011). Eri-ikäisrakenteisessa metsässä syntyy puolet vähemmän siemeniä kuin tasaikäisessä metsässä, koska siementävien puiden määrä on vähäisempi. Määrämittaharsinnassa vielä kaikki isoimmat puut on poistettu, joten tällä on suora vaikutus metsikön siemententuottokykyyn.

Siemenmäärä vaikuttaa syntyvien sirkkataimien määrään, mutta puuston määrän (runkoluku, pohjapinta-ala ja tilavuus) ei ole havaittu vaikuttavan uusien sirkkataimien esiintymiseen (Saksa & Valkonen 2011). Pelkkä siementen suuri määrä ei riitä uudistumisen turvaamiseksi, tarvitaan sopivan kostea kasvupaikka. Siemenet voivat olla myös huonosti tuleentuneita tai ne voivat joutua tuhotuksi. Siemensadon jälkeinen kesä on kriittistä aikaa, jolloin hyvälläkin kasvupaikalla suurin osa siemenistä ei kasva taimeksi, jos on liian kuivaa ja helteistä.

Pohjapinta-ala ja tilavuus vaikuttavat enemmän vakiintuneiden taimien pituuskasvuun kuin taimien määrään. Suurempi vaikutus taimien määrään ja niiden vakiintumiseen on kasvupaikan vesiolosuhteilla. Osa sirkkataimista kuolee kuivuutee. Muutaman vuoden päästä taimen synnystä alkaa kilpailu valosta ja noin kymmenen senttisenä kuolleisuus on vähentynyt 90 prosentista alle kymmeneen prosenttiin. Taimien kasvaessa kilpailu vaikuttaa enemmän taimien selviytymiseen. Lin, Laiho ja Lähde (2011) huomasivat, että hakkuun jälkeinen tilavuus vaikuttaa suurempien taimien määrään ja tilavuuden ylittäessä 150m³/ha suurten taimien määrä väheni huomattavasti. Tilavuuden ylittäessä 250 m³/ha taimia ei enää juurikaan syntynyt heidän kokeissaan ja tilavuuden

vähentyessä 230m³/ha:sta 90 m³/ha:iin uusien taimien määrä kasvoi 400 kappaleesta 5000 kappaleeseen. (Lin ym. 2011)

Taimettuminen

Sarvas totesi jo vuonna 1948, että luontaista uudistumista tapahtuu kuivimpien kankaiden harsintamänniköissä ja tuoreiden kankaiden harsintakuusikoissa, myös Mikola (1984) oli myöhemmin sitä mieltä, että ”harsintajättemetsissä” tapahtuu usein tyydyttävästi luontaista uudistumista. On kuitenkin mahdotonta sanoa, tapahtuuko eri-ikäismetsissä tarpeeksi luontaista uudistumista eri-ikäisrakenteen ylläpitoon, koska on hankala määritellä, paljonko taimia olisi riittävästi, sillä riittävän pitkäaikaisia seurantoja ei ole vielä tehty. Esimerkkinä voidaan käyttää lähinnä tasaikäiseen metsään tarkoitettua taimikon arviointikriteeriä taimikon uudistamisvelvoitteen täyttymisestä, mikä kuusella eteläisessä Suomessa tarkoittaa 1500 tainta hehtaarilla. Myös eri-ikäisrakenteisessa metsässä syntyy uudistamisvelvoite, jos pohjapinta-alaraja alittuu, mutta 1500 tainta/ha ei vielä takaa, että taimien määrä on riittävä eri-ikäisrakenteen ylläpitoon. Taimien kuolleisuus ja korjuuvahingot lisäävät tarvittavien taimien määrää, mutta toisaalta taimia tarvitaan korvaamaan vain poistetut puut eikä taimien tarvitse olla tasaisesti jakautunut.

Poimintahakkuissa ja määrämittaharsinnassa poistettavien puiden määrä voi vaihdella paljonkin riippuen halutusta käsittelyvoimakkuudesta ja puuston rakenteesta. Oma arvioni poistettavista puista on noin 100-400 runkoa/ha. Taimien syntymiseen ja kuolleisuuteen vaikuttaa paljon metsikön olosuhteet ja rakenne, joten taimien selviytymisen tutkimustulosten välillä on suuria eroja. Jos taimista kasvaisi ainespuuhuuluokkaan 13-30 kpl/vuosi, yhden hakkuuvälin ollessa 15 vuotta uutta ainespuuta olisi korvaamassa hakattuja puita 195-450 kpl (Lundquist 2007; ; Saksa 2014; Eerikäinen ym.2004). Tämä taimimäärä siis pystyisi korvaamaan poistetut puut, mutta ainespuitakin kuolee luontaisesti ja korjuuvahinkojen seurauksena. Korjuuvahinkojen määrä vaihteli Surakan, Sirenin ym. tutkimuksessa 17,6%- 61,0% (Surakka ym. 2011). Tulokset ovat kolmesta metsiköstä, joten tästä on syytä odottaa lisää tutkimuksia, viitteitä kuitenkin on siihen, että korjuussa huomattava osuus taimista vaurioituu ja kuolee. Luontaisesti sirkkataimista kuolee jopa 90%, jonka jälkeen kuolleisuus vähenee. Keskimääräinen kuolleisuus vaihtelee 1,8%:sta 17%:iin tutkimuksesta riippuen (Eerikäinen ym. 2014; Lundquist & Nilson 2007;). Taimien kuolleisuuteen ja kasvuun vaikuttaa puuston pohjapinta-ala ja tilavuus, joiden

suurentuessa taimien selviytyminen huonontuu. Vaikutus kasvaa taimien pituuden kasvaessa (Lin ym.2011; Saksa, Valkonen ym. 2010). 25% poistuma kiihdyttää kuusen taimien kasvua, mutta sitäkin suurempi poistuma on suositeltavaa taimien selviytymiseksi ja kasvun parantamiseksi (Eerikäinen ym. 2014). Optimaaliseksi hakkuun jälkeiseksi pohjapinta-alaksi Pukkala esittää 11-12m²/ha 2% korolla. Valkonen ehdottaa kasvutilavuuden maksimiksi 150-160 m³/ha 3 % korolla ja 100-110 m³/ha 4% korolla. (Pukkala 2010; Valkonen 2010). Näissä korkolaskelmissa pääosassa on tuottavuus ja kannattavuus, eikä niissä välttämättä ole optimoitu uudistumisen kannalta parasta vaihtoehtoa.

Taimella kestää keskimäärin 60 v kasvaa 1,3 metriseksi taimeksi, osa kasvaa kuitenkin keskivertoa nopeammin ja ne ovat juuri niitä taimia, jotka ottavat paikan ainespuiden joukosta. 1/6 taimista kasvaa 50% nopeammin, joten nopeimmillaankin uutta ainespuuta saadaan eri-ikäisrakenteisessa metsässä noin 30 vuodessa. (Laiho ym.2014; Eerikäinen ym. 2014;).

Jotta eri-ikäisrakenteinen metsä uudistuu hyvin, metsikkö tulisi kasvattaa harvassa asennossa ja mielellään sekapuustona (Valkonen ym. 2010). Puiden koolla saattaa olla myös merkitystä. Laiho ym. (2014) tutkivat taimien pituuskasvua ja huomasivat, että taimet kasvavat paremmin isompien puiden alla kuin pienempien pohjapinta-alan ollessa sama. Tämä viittaisi siihen, että sigmoidi malli olisi parempi runkolukujakaumana kuin j-käyrä.

4.3 Kuusen kasvu

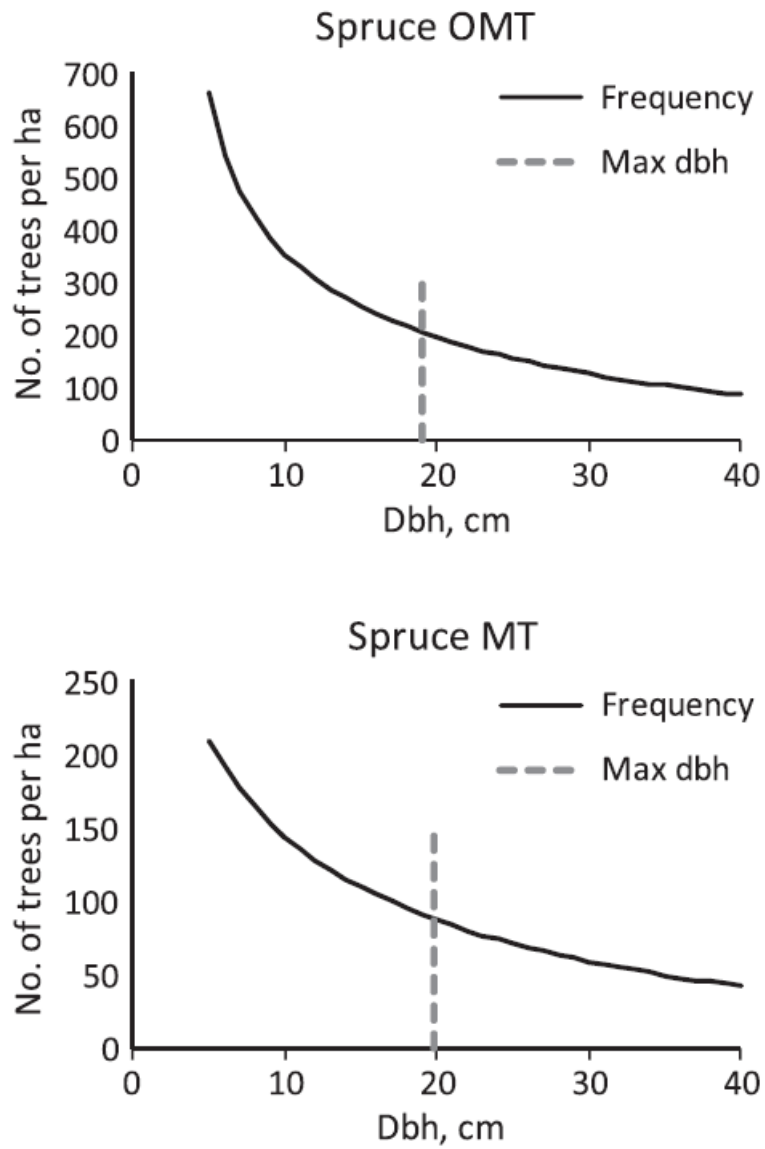
Alikasvos sietää vallittua asemaa ja vapautuksen jälkeen kasvaminen parantuu. Eri-ikäisrakenteisessa metsässä myös taimia isommat puut ovat vallitussa asemassa, mutta tarkempia tutkimuksia näiden puiden kasvureaktioista ei ole. Tasaikäisrakenteisessa metsässä on tutkittu harvennusten vaikutusta puiden kasvuun, mutta puut ovat lähtökohdiltaan hyvin erilaisessa asemassa verrattuna eri-ikäisrakenteiseen metsään. Yleisesti puiden kasvuun vaikuttaa maaperä sekä lämpö- ja sademäärä. Erilaisilla hakkuilla voidaan vaikuttaa puuston tilajakaumaan ja tiheyteen.

Eri-ikäisrakenteiset metsät ovat hyvin vaihtelevia ja eri kokeissa on saatu suuria vaihteluvälejä koaealojen kesken puuston tilavuustuotoksi. Esimerkiksi Erika-kokeissa keskituotos on ollut 5,9 m³/ha/v vaihteluvälin ollessa 2,0-9,5 m³/ha/v. Lähteen eri kokeissa keskituotoskin on vaihdellut 4,6:sta 11,8:n m³/ha/v. Pukkalan simulaatioissa keskituotos on ollut parhaimmillaan 7-8m³/ha/v Etelä-Suomessa, Keski-Suomessa 5,5-7m³/ha/v. (Pukkala ym. 2009; Valkonen ym. 2010)

Sarvaksen (1944) tutkimuksessa Tukkipuiden harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin saatiin nuorena harsittujen tuoreiden kankaiden kuusikoiden keskituotoksi 3,7 m³/ha/v. Vaikka tutkimus on nimetty tukkipuiden harsinnoiksi, hakkuissa on hakattu paljon myös pienempää puustoa tukin osuuden ollessa 25%. Noin 50-60 vuotiassa metsiköissä hakkuumäärä on ollut vuosittain noin 10 m³/ha. (Sarvas 1944)

Metsien tuotto on riippuvainen siitä kuinka paljon on puuta kasvamassa ja kuinka hyväkuntoisia puut ovat. Metsikkö järeytyy nopeampaa, kun metsikkö on harvassa asennossa. Toisaalta, puita täytyy olla tarpeeksi, jotta on massaa, joka kasvaa. Mallinuksissa on pyritty löytämään optimaalisinta rakennetta eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatukseen ja joitakin suuntaa antavia ohjeita on onnistuttu löytämään. Ongelmana näissä mallinuksissa on todellisten eri-ikäisrakenteisten koalojen vähäinen määrä, mikä heikentää mallinuksien luotettavuutta.

Kun Pukkalan mallinuksissa on tutkittu kannattavinta metsikön rakennetta, on huomattu, että kannattavinta on keskittyä suurimpien puiden poistoon jopa niin, että kaikki tukkikokoiset puut poistetaan. Kun suurimmat puut on poistettu, rakenne muistuttaa katkaistua j-käyrää hakkuuvälin ollessa 20 vuotta (kuvio 1). 2 % korolla optimaalinen hakkuun jälkeinen pohjapinta-ala olisi 11-12 m²/ha. Kasvu eteläisessä suomessa olisi 5,6 m³/ha/v tällaisellä koalalla. (Pukkala ym. 2009; Pukkala ym. 2010)



Kuvio 1. Pukkalan optimaalinen runkolukujakauma 2 % korolla ja 15 vuoden hakkuuvälillä (Pukkala ym. 2010)

5 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

5.1 Aineisto

Tämän tutkimuksen aineistona oli Metsäntutkimuslaitoksen 1980-luvulla määrämittaharsinnalle perustetut koealat eteläisessä Suomessa. Tutkittavat koealat sijaitsivat kolmella eri paikkakunnalla: Lapinjärvellä (Lap 6, Lap 7 ja Lap12), Vesijaolla (Vep 3) ja Suonenjoella (Kau 1 ja Jal 9). Kaikki kuusi koealaa, jotka on käsitelty kolmisenkymmentä vuotta sitten määrämittaharsinnalla, olivat kuusikoita, joissa oli vähän koivua ja muita lehtipuita. Metsätyypiltään viisi oli mustikkatyyppejä (MT) ja yksi oli lehtomainen kangas (OMT). Koealat olivat kooltaan 40m x 40m eli 1600 m² ja niiden ympärillä oli suoja-alue, joka on käsitelty samoin kuin koealat. Koealamerkinnot olivat hävinneet suurimmaksi osaksi, mutta koealat onnistuttiin löytämään ja uudelleen merkitsemään lähes samoihin kohtiin kuin alkuperäiset koealat eli samat puut olivat mukana mittauksissa. Puut numeroitiin ja paikannettiin, joten niiden kasvua on mahdollista seurata jatkossakin.

Hakkuut on tehty miestyönä moottorisahalla vuosina 1984-1987. Käsittelyssä poistettiin kaikki rinnankorkeusläpimitaltaan yli 21/23 senttimetriä isommat, tukkilaatuiset puut. Määrämitta oli Lapinjärvellä 21cm, Vesijaolla 23cm ja Suonenjoella 23cm. Koealoja ei ole käsitelty määrämittaharsinnan jälkeen millään tavoin. Hakkuuta edeltävältä ajalta ei löytynyt muuta tietoa kuin puuston tilavuus. Hakkuun jälkeinen tilavuus oli myös tiedossa kaikilta koealoilta ja osasta koealoista muutakin tietoa, esimerkiksi runkolukusarja. Osa koealoista on mitattu myös hakkuun ja uusimman mittauksen välissä, mutta kaikista koealoista ei löytynyt näitä tietoja, joten kaikki laskelmat perustuvat vuosien 2013 ja 2014 mittauksiin.

Määrämittakoealat on perustettu yhdessä Erika- kokeiden kanssa. Koealat olivat samoilla paikkakunnilla ja ne on hakattu ensimmäisen kerran samoihin aikoihin. Erika-koealat poikkesivat määrämittakoealoista hakkuutavaltaan ja jatkokäsittelyltään. Erika-koealat on hakattu toisen kerran vuonna 1996 ja niiden seurantajakso käsitti vuodet 1991-2011, jotka olivat myös mittausjaksona metsiköiden keskituotolle.

5.2 Tutkimusmenetelmät

5.2.1 Maastomittaukset

Maastomittaukset on tehty noudattaen Metsäntutkimuslaitoksen ohjeita maastotyöskentelyyn ja ne ovat olleet yhtenevät kaikilla koelaoilla. (Metla 1987). Lisäksi mittauksiin oli erillinen määrämittaharsinnan mittausohje, jotka vastasivat erikikäisen metsikön kasvattamisen (ERIKA) ohjeita. Kaikki yli 1,3 m pitkät puut mitattiin ja numeroitiin. Kaikista puista mitattiin läpimitta rinnankorkeudelta (130cm) ristimittana mittasaksilla, pituus Vertexillä (tarkkuus 10 cm) sekä latvuksen alaraja mittakepillä tai Vertexillä. Kaikista puista luokiteltiin myös terveydentila. Koepuut valittiin arpomalla 5 cm läpimittaluokittain 3 koepuuta luokastaan. Koepuista mitattiin lisäksi latvuksen koko ja kannon läpimitta. Koepuut kairattiin lustojenmittausta varten ja alle 10cm läpimitan puista sahattiin kiekot vastaavista puista koealan suojavyöhykkeeltä. Kairatut ja sahatut lustot mitattiin mikroskoopilla vuosittaisen sädekasvun selvittämiseksi. Jokaisen puun sijainti on myös mitattu koealalla mittanauhalla ja -kepillä sekä Vertexillä.

Jokaiselle koealalle on perustettu 64 ympyräkoelaa taimien mittaamiseksi. Taimikoealat olivat suuruudeltaan 4 m^2 säteen ollessa 1,128 m ja ne on sijoitettu koealalle 5 metrin välein. Koealoilta mitattiin kaikki taimet, joiden pituus oli korkeintaan 130 cm. Taimista mitattiin niiden pituus ja joka 10. taimesta mitattiin myös kantoläpimitta. Kaikista taimista luokiteltiin terveydentila. Taimikoealat numeroitiin niin, että niiden paikantaminen koealan sisälle on mahdollista.

5.2.2 Laskenta ja tilastolliset menetelmät

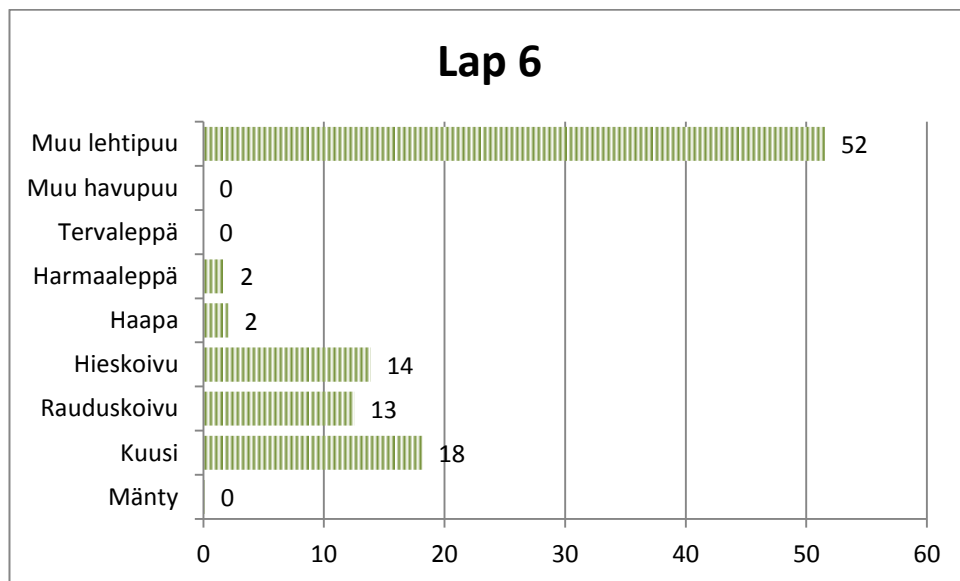
Mittaustietoja on käsitelty ja tunnuksia laskettu Metsäntutkimuslaitoksen koealojen peruslaskentaohjelmalla (KPL-ohjelma) sekä Excelillä (Heinonen 1994). KPL-ohjelmalla on laskettu puusto- ja puukohtaisia tietoja, joista on jatkokäsiteltyä Excelissä laskettu kasvutunnuksia. Mittausajankohdan tiedoista on koepuiden lustojen kasvun mukaan laskettu puukohtaisia tunnuksia eri ajankohdille. Koska pituuskasvua ei ole mitattu, KPL-ohjelma on käyttänyt laskuissa Näslundin pituuskäyrää ja kuori on

otettu huomioon tilavuuksissa Laasasenahon tilavuusyhtälöllä. Pituuden ja tilavuuden osalta laskelmat eivät ole siis täysin tarkkoja ja tarkkuus heikkenee siirryttäessä mittausajankohdasta ajassa taaksepäin, koska tunnuksat koskevat vain tällä hetkellä elossa olevia puita ja siitä puuttuu jo kuolleita puita. Koska pohjapinta-ajat ja tilavuudet on tiedossa hakkuun jälkeen, niiden kasvut on laskettu käyttäen vanhoja mittaustietoja.

6 KOEALOJEN KUVAUS

6.1 Koeala Lap 6

Lapinjärven koeala Lap 6 on määrämittaharsittu vuonna 1986 ja määrämittana oli 21 cm. Hakkuun jälkeinen pohjapinta-ala oli 7,4 m²/ha ja tilavuus 127 m³/ha. 27 vuoden kasvu oli keskimäärin 4,2 m³/ha/vuosi. Viimeisessä mittauksessa vuonna 2013 pohjapinta-ala oli 20,3 m²/ha ja tilavuus 170,8 m³/ha (taulukko 1). Aukoissa, joista puuttuu kuusi kokonaan, on paljon pientä lehtipuustoa. (Kuvio 3) Kuusta on vain 18 prosenttia runkoluvusta laskettuna, mutta tilavuudesta 88 prosenttia on kuusta. (Kuvio2) Koealalla on paljon pientä lehtipuuta, mm. pihlajaa. Lehtipuiden määrä näkyy myös tuhoissa, joissa eniten on hirven aiheuttamaa latvan vaihtoa. Kilpailu ei ole juurikaan vaikuttanut puuston laatuun. Runkolukujakauma muistuttaa käännteistä J-käyrää. (Kuvio 4)



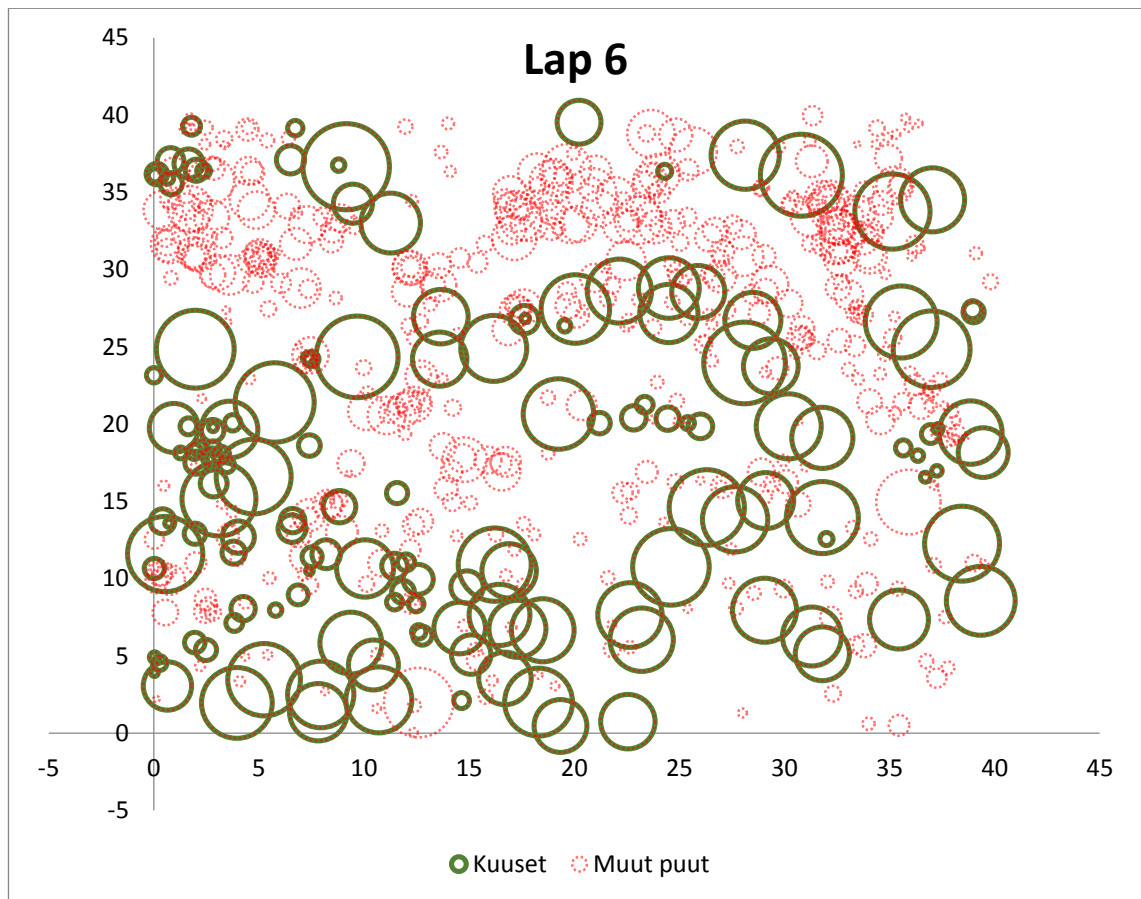
Kuvio 2. Kuvion Lap6 puulajijakauma

Taulukko 1. Kuvion Lap6 puustotiedot

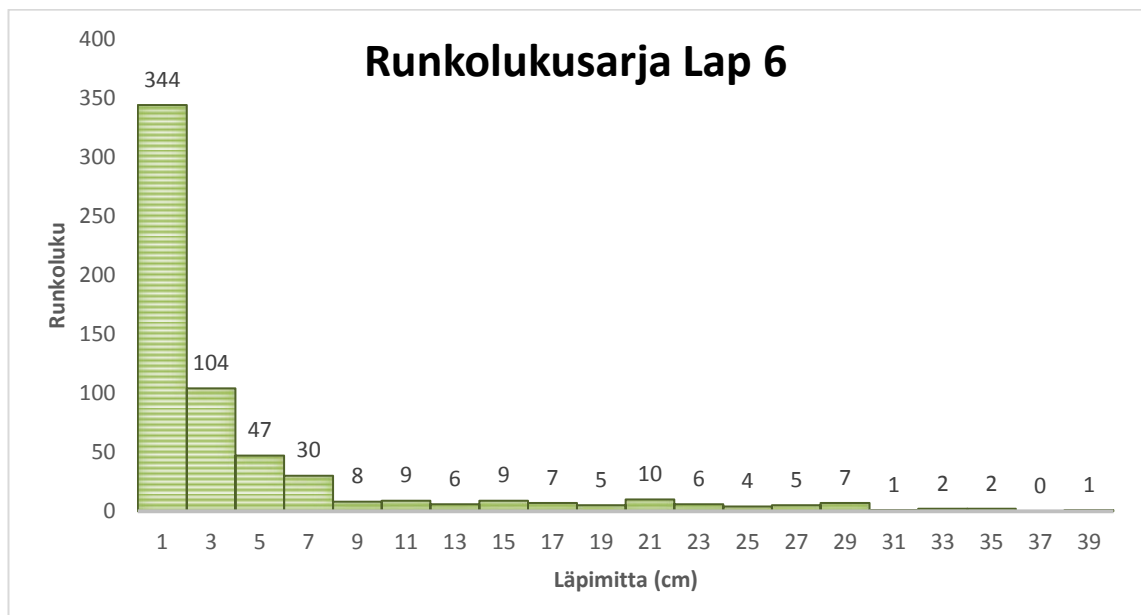
Lap 6	<i>Ppa:lla</i>				
	<i>painotettu</i>				
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimit</i>	<i>keskiläpimit</i>	<i>Arit.</i>
	<i>G m²/ha</i>	<i>DM cm</i>	<i>DW cm</i>	<i>Keskipituus</i>	
	N (kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DW cm	HM m
Kaikki	5093,8	20,3	3,7	22,5	5,1
Kuuset	925,0	16,8	10,8	25,3	8,9

	<i>Ppa:lla</i>		<i>Latvuksen</i>			
	<i>painotettu</i>		<i>alarajan</i>	<i>arit.</i>	<i>Valtaläpimitta</i>	<i>Valtapituus</i>
	<i>keskipituus</i>		<i>Ka</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>Tilavuus</i>
	HW m	L-RAJA m	D00 cm	H00 m	V m³/ha	
Kaikki	17,8	2,0	31,0	22,4	170,8	
Kuuset	19,2	2,6	31,0	22,4	150,3	

	<i>Tukkiruunkoj</i>			<i>Kuitrunkoje</i>	
	<i>Tukkipuunmä</i>	<i>Kuitupuunmä</i>	<i>Hukkapuunmä</i>	<i>en</i>	<i>n</i>
	<i>rä</i>	<i>rä</i>	<i>ä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>
	TUP m³/ha	KUP m³/ha	HUP m³/ha	kpl/ha	kpl/ha
Kaikki	117,9	44,1	8,9	275,0	450,0
Kuuset	113,7	35,1	1,5	262,5	150,0



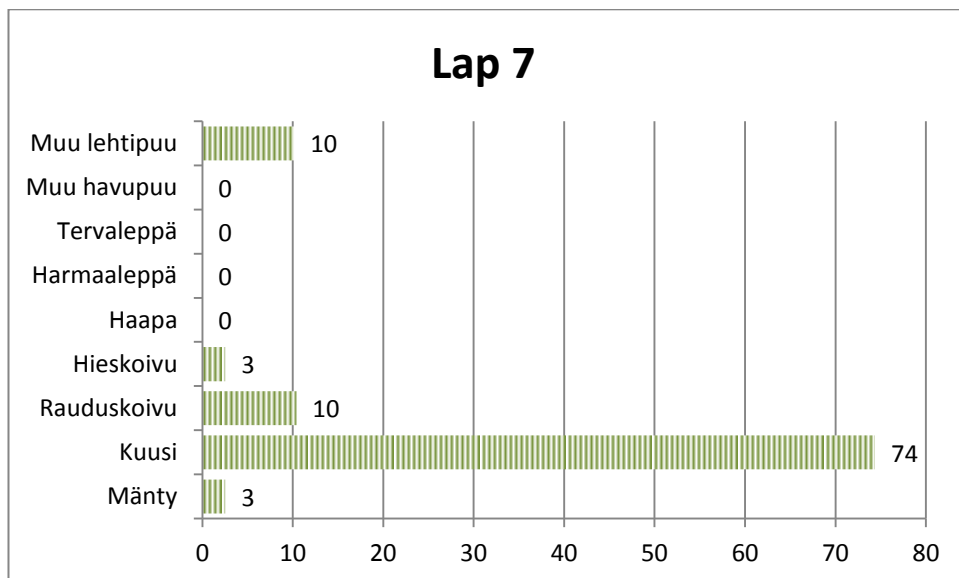
Kuvio 1. Koelan Lap6 tilajärjestys



Kuvio 2. Koelan Lap6 runkolukusarja

6.2 Koeala Lap 7

Lapinjärven koeala Lap7 on käsitelty määrämittaharsinnalla 1986 ja määrämittarajana oli 21 cm. Hakkuun jälkeinen pohjapinta-ala oli 6,9 m² ja tilavuus 60 m³. Tilavuus on kasvanut 28 vuoden aikana 2,4 m³/ha/vuosi ollen vuoden 2013 mittauksessa 128 m³ (taulukko 2). Tilavuuskasvu on ollut vähäisin kaikista koeakoista, myös hakkuun jälkeinen tilavuus oli pienin. Kuusta on kaikista koealoista eniten, 74 prosenttia (kuvio 5). Keskimääräistä korkeampi aritmeettinen keskiläpimitta kertoo, että pienet lehtipuut puuttuvat. Runkolukusarja pienenee tasaisesti pienestä läpimitasta isompaan läpimitaan (kuvio 7). Eniten koealalla on hirven aiheuttamia latvan vaihtoja, mutta niitä on hyvin vähän verrattuna muihin koealoihin, koska tällä koealalla ei paljoa lehtipuuta.



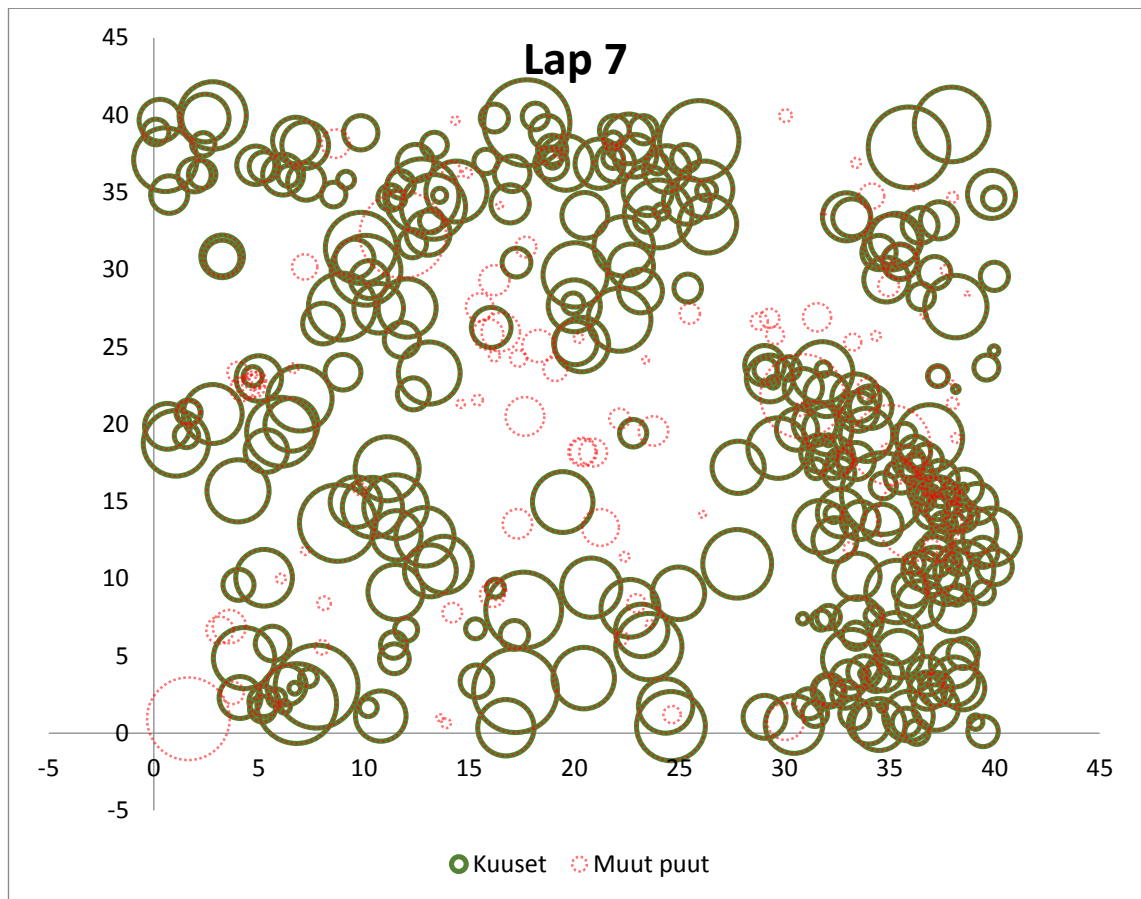
Kuvio 5. Koealan Lap7 puulajitiedot

Taulukko 2. Koealan Lap7 puustotunnukset

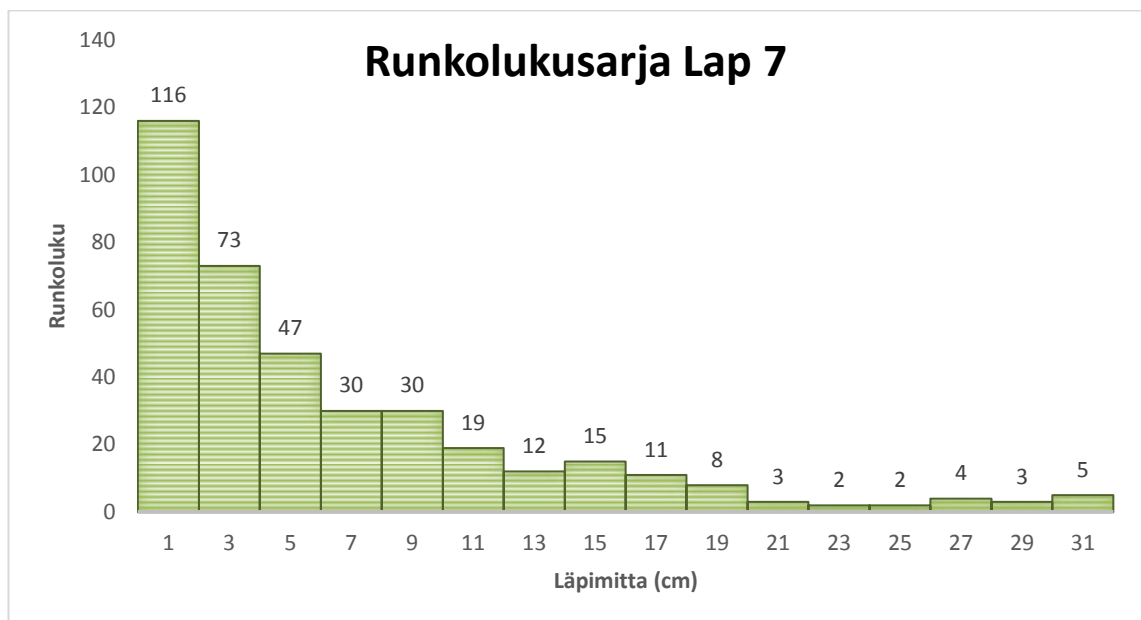
Lap 7	<i>Ppa:lla</i>				
	<i>painotettu</i>				
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimit</i>	<i>keskiläpimit</i>	<i>Arit.</i>
	<i>N (kpl/ha)</i>	<i>G m²/ha</i>	<i>ta</i>	<i>a</i>	<i>Keskipituus</i>
	N (kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DW cm	HM m
Kaikki	2462,5	17,5	6,6	19,1	6,5
Kuuset	1831,3	15,1	7,9	17,7	7,3

	<i>Ppa:lla</i>		<i>Latvuksen</i>		
	<i>painotettu</i>		<i>alarajan</i>	<i>arit. Valtaläpimita</i>	<i>Valtapituus</i>
	<i>keskipituus</i>	<i>Ka</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>Tilavuus</i>
	HW m	L-RAJA m	D00 cm	H00 m	V m³/ha
Kaikki	15,0	1,4	28,3	21,2	127,6
Kuuset	14,2	1,3	25,4	19,4	104,9

	<i>Tukkipuunmää</i>			<i>Tukkirunkoj</i>	
	<i>rä</i>	<i>Kuitupuunmää</i>	<i>Hukkapuunmäär</i>	<i>en</i>	<i>Kuitrunkoje</i>
	<i>rä</i>	<i>rä</i>	<i>ä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>
	TUP m³/ha	KUP m³/ha	HUP m³/ha	kpl/ha	kpl/ha
Kaikki	67,5	53,8	6,3	162,5	781,3
Kuuset	46,8	52,5	5,5	131,3	768,8



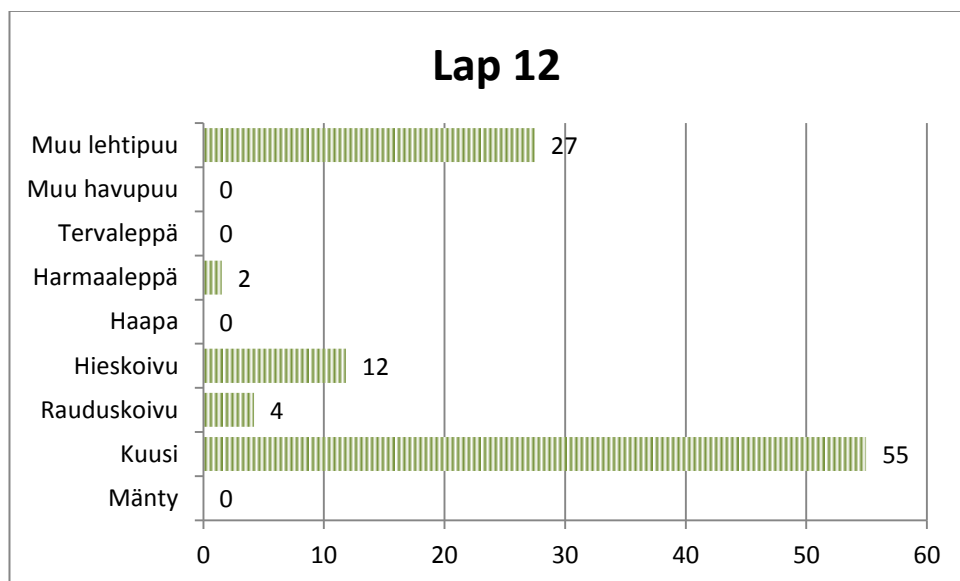
Kuvio 6. Koelan Lap7 tilajärjestys



Kuvio 7. Koelan Lap7 runkolukusarja

6.3 Koeala Lap 12

Koeala Lap12 sijaitsee Lapinjärvellä ja on määrämittaharsittu vuonna 1986. Määrämittana oli 21 cm. Hakkuussa on jäänyt paljon lähes tukkikokoista puuta. Hakkuunjälkeinen pohjapinta-ala oli 17,7 m²/ha ja tilavuus 151,9 m³/ha, joka kasvanut 6,9 m³/vuosi 27 vuoden aikana. Koeala on mitattu viimeksi vuonna 2013, jolloin pohjapinta-ala oli 31,4 m²/ha ja tilavuus 339,1 m³/ha (taulukko 3). Koealalla oli paras kasvu kaikista koealoista. Puut ovat sijoittuneet tasaisesti koealalle (kuvio 9) Koealalla on isoja puita, joita on määrällisesti vähän. Kuusta on 55 prosenttia, joten lehtipuita on paljon, mutta nekin ovat isompia kuin muilla koealoilla, eli ei siis vesakkoa (kuvio 8). Koealalla on vähän tuhoja. Latvanvaihtoa (tai latva poikki) on eniten, mutta vähemmän kuin keskimäärin, koska koealalla on vähän pieniä lehtipuita. Puuston rakenne muistuttaa kaksijaksoista metsää, paljon isoja puita, vähänlaisesti alikasvosta, välipuut puuttuvat lähes kokonaan (kuvio10).



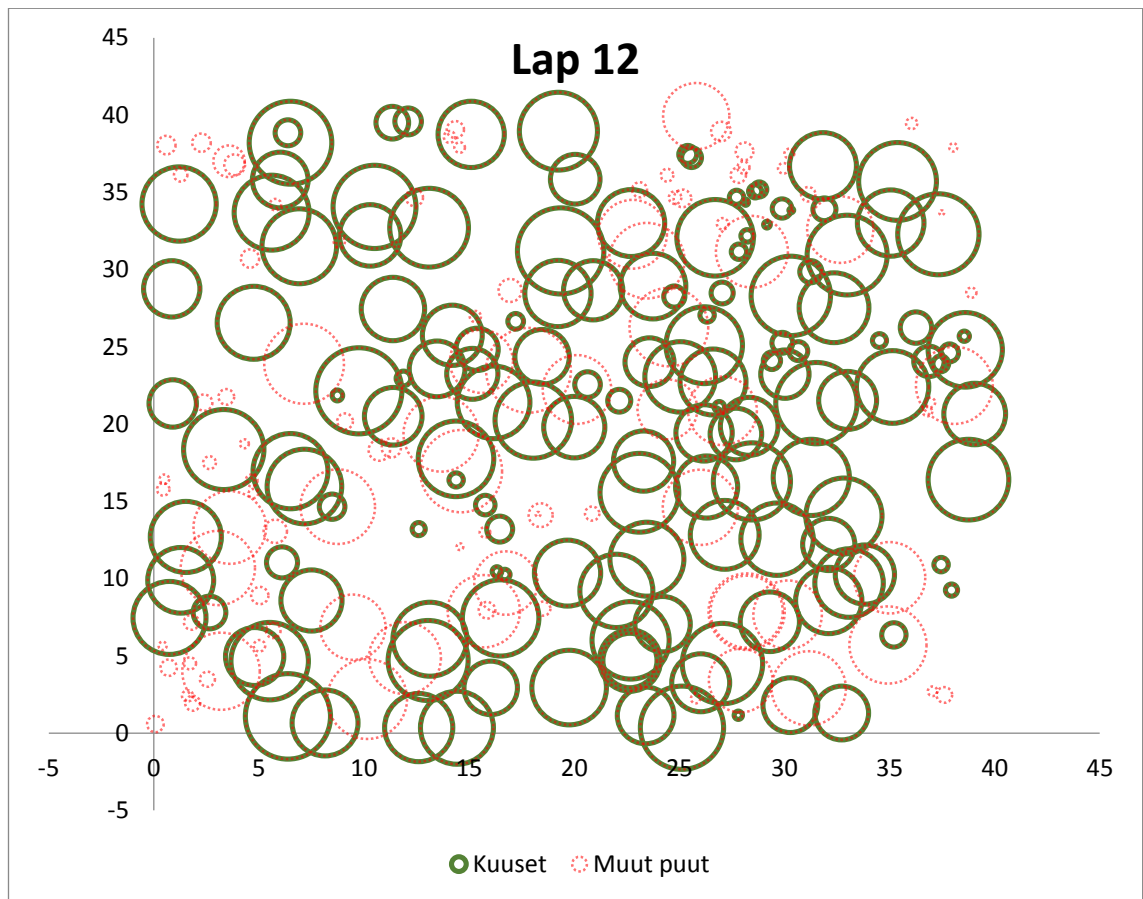
Kuvio 8. Koealan Lap12 puulajit runkoluvun mukaan

Taulukko 3. Koealan Lap12 puustotiedot

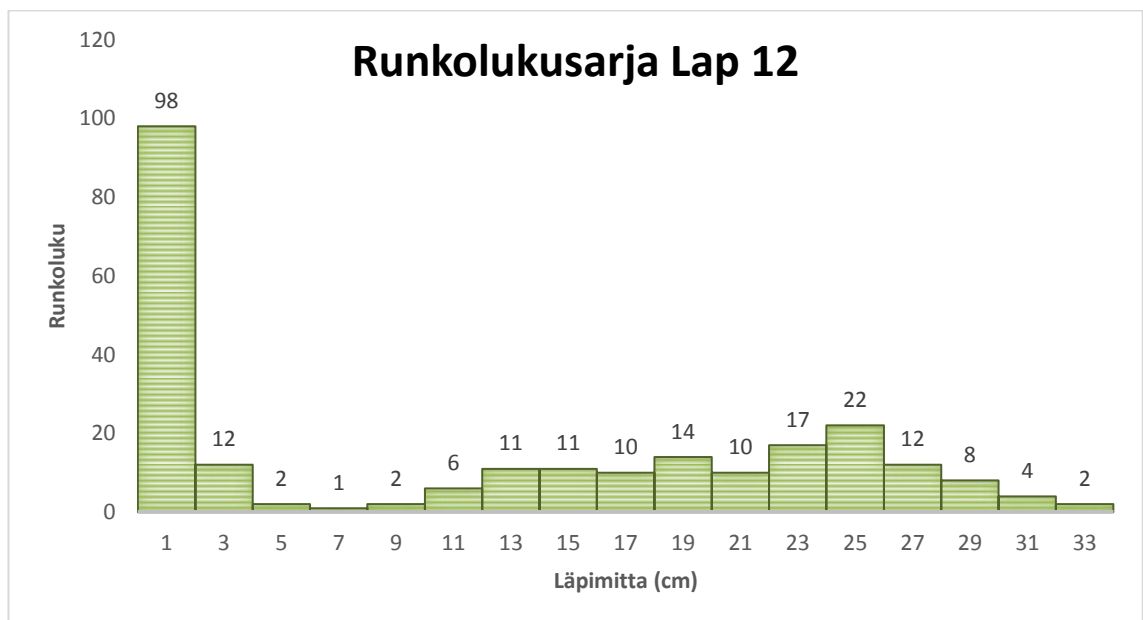
Lap12			<i>Ppa:lla</i>		
			<i>painotettu</i>		
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimit</i>	<i>keskiläpimit</i>	<i>Arit.</i>
	N (kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DW cm	Keskipituus
Kaikki	1637,5	31,4	11,2	24,2	11,3
Kuuset	900,0	22,5	14,6	24,1	13,7

	<i>Ppa:lla</i>		<i>Latvuksen</i>		
	<i>painotettu</i>		<i>alarajan arit.</i>		<i>Valtapituus</i>
	<i>keskipituus</i>	<i>Ka</i>	<i>Valtaläpimitta</i>		<i>Tilavuus</i>
	HW m	L-RAJA m	D00 cm		H00 m
Kaikki	22,6	4,3	30,0		26,0
Kuuset	21,9	4,5	29,6		25,6

				<i>Tukkirunkoj</i>	
	<i>Tukkipuunmä</i>	<i>Kuitupuunmä</i>	<i>Hukkapuunmä</i>	<i>en</i>	<i>n</i>
	<i>rä</i>	<i>rä</i>	<i>ä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>
	TUP m³/ha	KUP m³/ha	HUP m³/ha	kpl/ha	kpl/ha
Kaikki	259,8	76,6	2,7	556,3	243,8
Kuuset	185,5	53,1	1,7	387,5	218,8



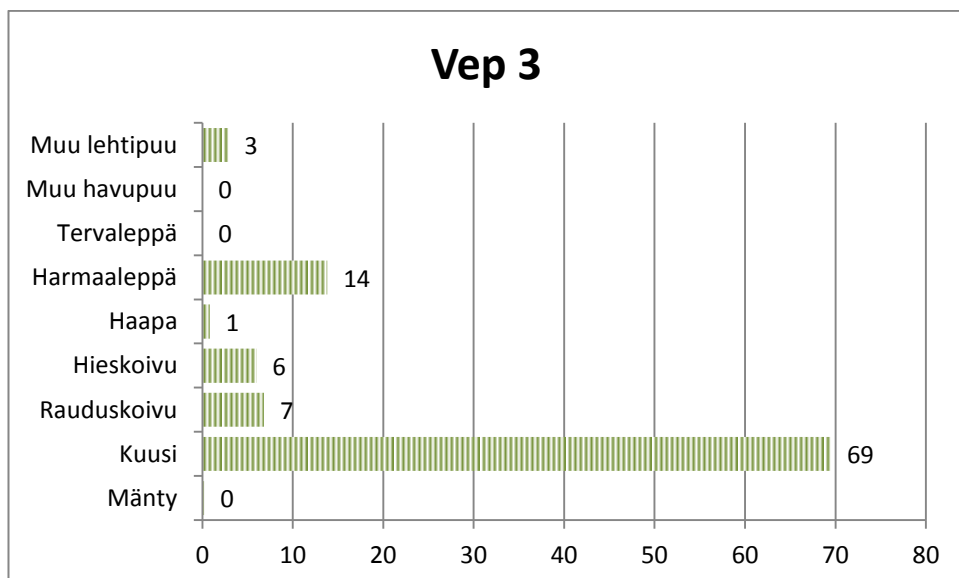
Kuvio 9. Koealan Lap12 tilajärjestys



Kuvio 10. Koealan Lap12 runkolukusarja

6.4 Koeala Vep 3

Vesijaon koeala Vep3 on määramittaharsittu vuonna 1984 ja määramittana oli 23 cm. Hakkuun jälkeinen tilavuus oli 127 m³/ha, joka kasvoi 6,2 m³/ha/v 29 vuoden ajan. Tilavuus vuonna 2013 oli 306 m³/ha (taulukko 4). Pohjapinta-ala kasvoi 14 m²/ha:sta 33,9 m²/ha:iin. 69 prosenttia oli kuusta, lehtipuita oli vähän (kuvio 11). Puut ovat tilajärjestykseltään aika tasaisesti sijoittuneita ja niiden läpimittajakauma muistutta j-käyrää (kuvio12 ja 13). Kilpailusta on aiheutunut eniten tuhoja, jotka ilmenevät puiden kuolleisuutena ja latvan vaihtoina. Tuntemattomasta syystä on myös paljon runkovaurioita.



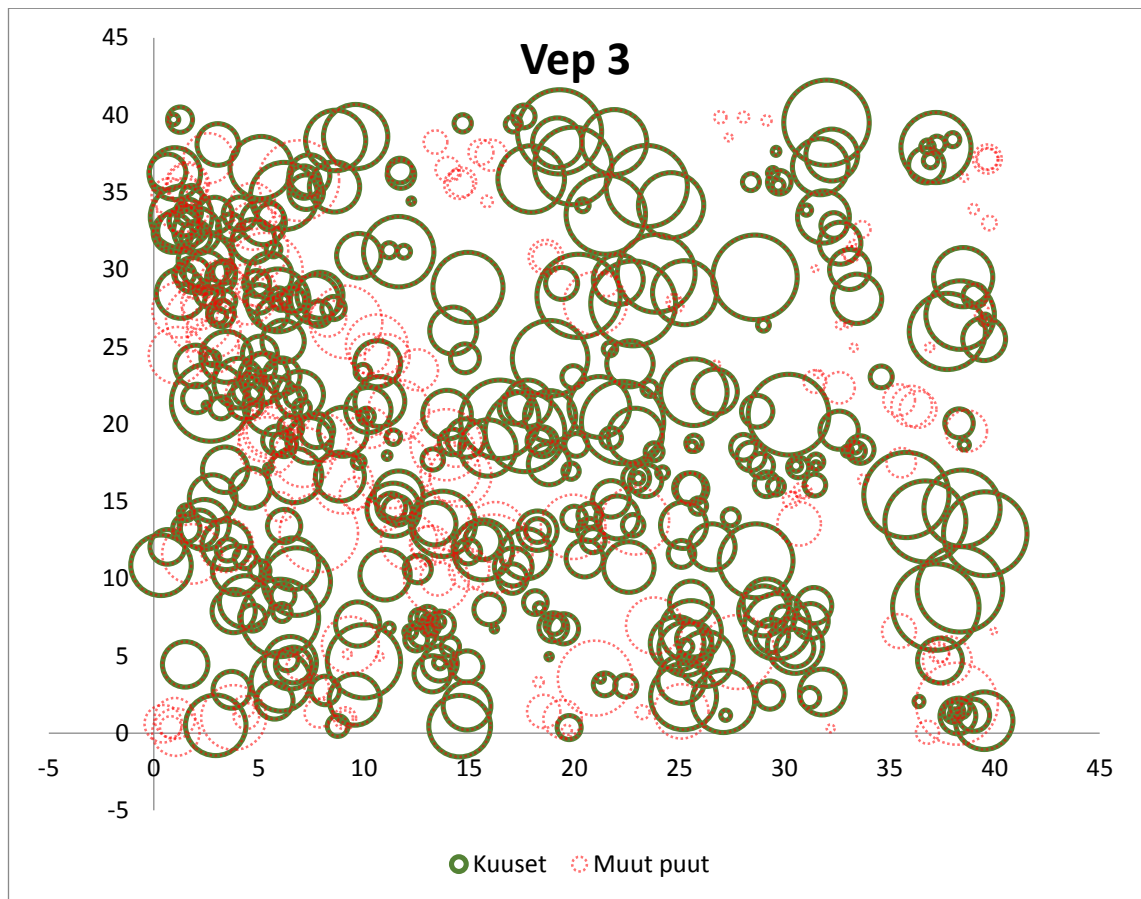
Kuvio 11. Koealan Vep3 puulajisuhteet

Taulukko 4. Koealan Vep3 puustotiedot

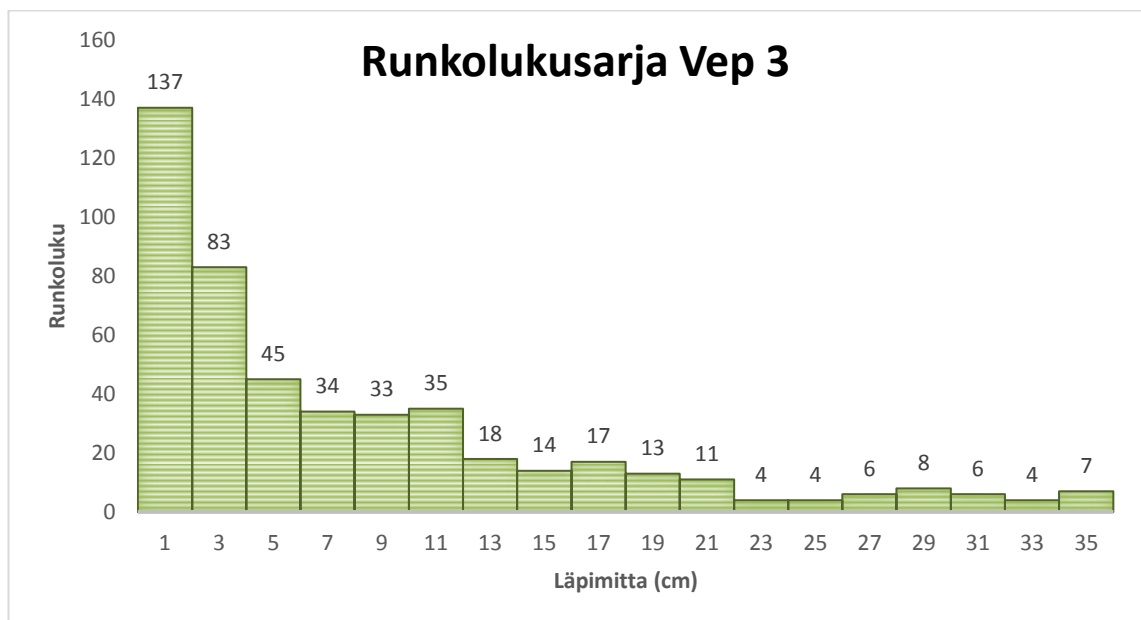
Vep 3	<i>Ppa:lla</i>				
	<i>painotettu</i>				
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimit</i>	<i>keskiläpimit</i>	<i>Arit.</i>
	N (kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DW cm	HM m
Kaikki	3031,3	33,9	8,3	23,0	8,3
Kuuset	2106,3	24,3	8,5	23,7	7,8

	<i>Ppa:lla</i>	<i>Latvuksen</i>			
	<i>painotettu</i>	<i>alarajan</i>	<i>arit.</i>	<i>Valtaläpimitta</i>	<i>Valtapituus</i>
	<i>keskipituus</i>	<i>Ka</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>Tilavuus</i>
	HW m	L-RAJA m	D00 cm	H00 m	V m³/ha
Kaikki	19,2	2,9	33,6	24,8	305,8
Kuuset	19,0	2,3	33,4	24,7	219,2

	<i>Tukkipuunmää</i>		<i>Tukkirunkoj</i>		<i>Kuitrunkoje</i>
	<i>rä</i>	<i>rä</i>	<i>ä</i>	<i>en</i>	<i>n</i>
	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>
	TUP m³/ha	KUP m³/ha	HUP m³/ha	kpl/ha	kpl/ha
Kaikki	205,2	92,8	7,8	425,0	975,0
Kuuset	158,2	56,0	5,0	306,3	668,8



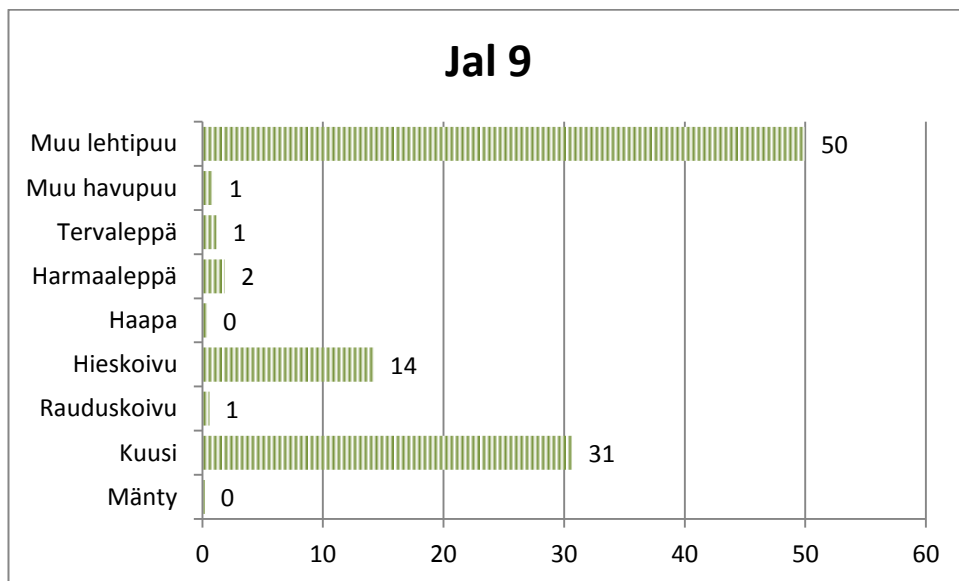
Kuvio 12. Koealan Vep3 tilajärjestys



Kuvio 13. Koealan Vep3 runkolukujakauma

6.5 Koeala Jal 9

Suonenjoen koeala Jal9 on määrämittaharsittu 1986 ja määrämittana oli 23 cm. Hakkuun jälkeinen tilavuus oli 74 m³/ha. Tilavuus vuoden 2014 mittauksissa oli 167 m³/ha ja kasvu 3,3 m³/ha/v (taulukko 5). Pohjapinta-ala on ollut heti hakkuun jälkeen 11 m²/ha ja se oli viimeisimmässä mittauksessa 22,1 m²/ha. Kuusta oli 31 prosenttia, muuta lehtipuuta 50%, pääasiassa pihlajaa (kuvio14). Koealalla oli paljon pientä puustoa, erityisesti aukoissa oli paljon pihlajaa. Runkolukujakaumassa on iso hyppäys pienimmästä luokasta seuraavaan luokkaan. Pienimmän läpimittaluokan puita on huomattavasti enemmän kuin muilla koealoilla (kuvio 16). Runkoluku on suurempi kuin muilla koealoilla ja suuri määrä puita tarkoittaa paljon kilpailua. Koealalla paljon kilpailusta johtuvaa neulaskatoa sekä hirven aiheuttamaa latvan katkeamista. Myös keskimääräistä enemmän on runkovaurioita hirvestä ja tuntemattomasta syystä aiheutuen.



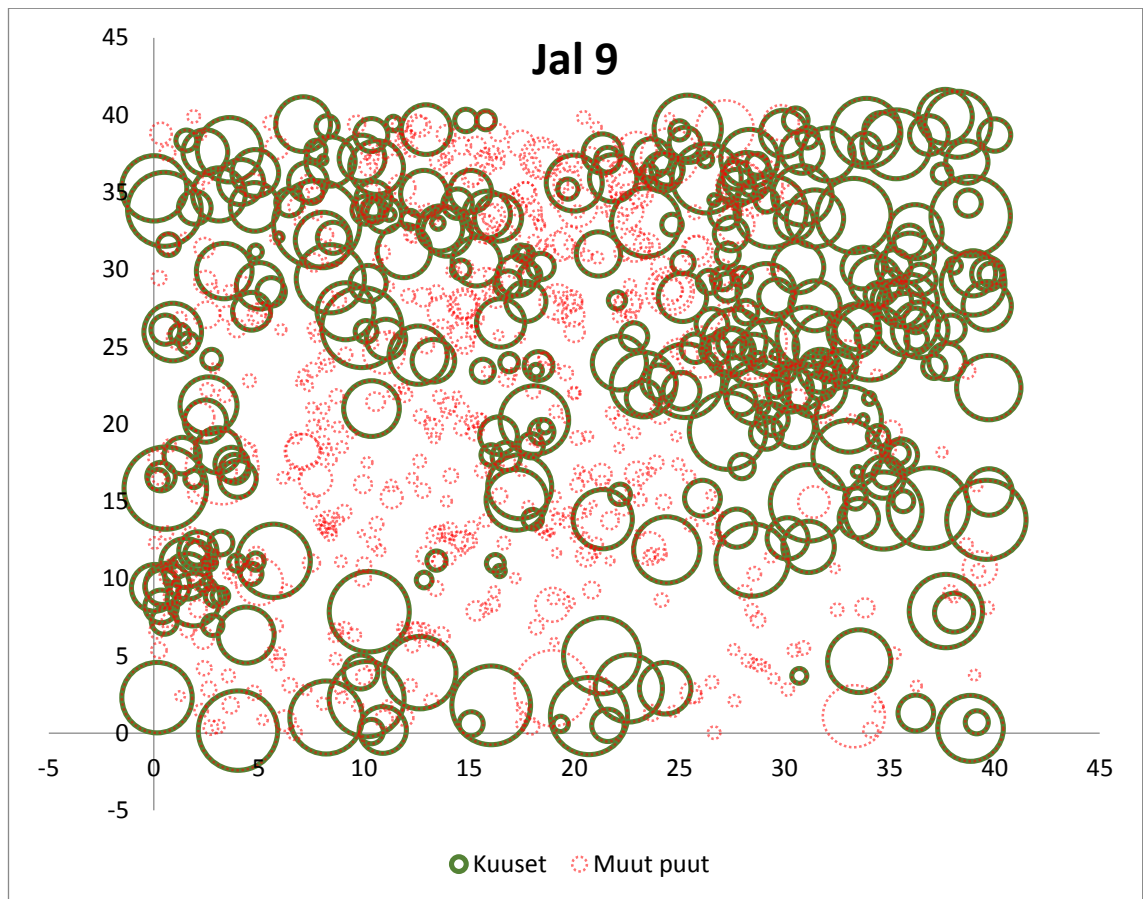
Kuvio 14. Koealan Jal9 puulajisuhteet

Taulukko 5. Koealan Jal9 puustotiedot

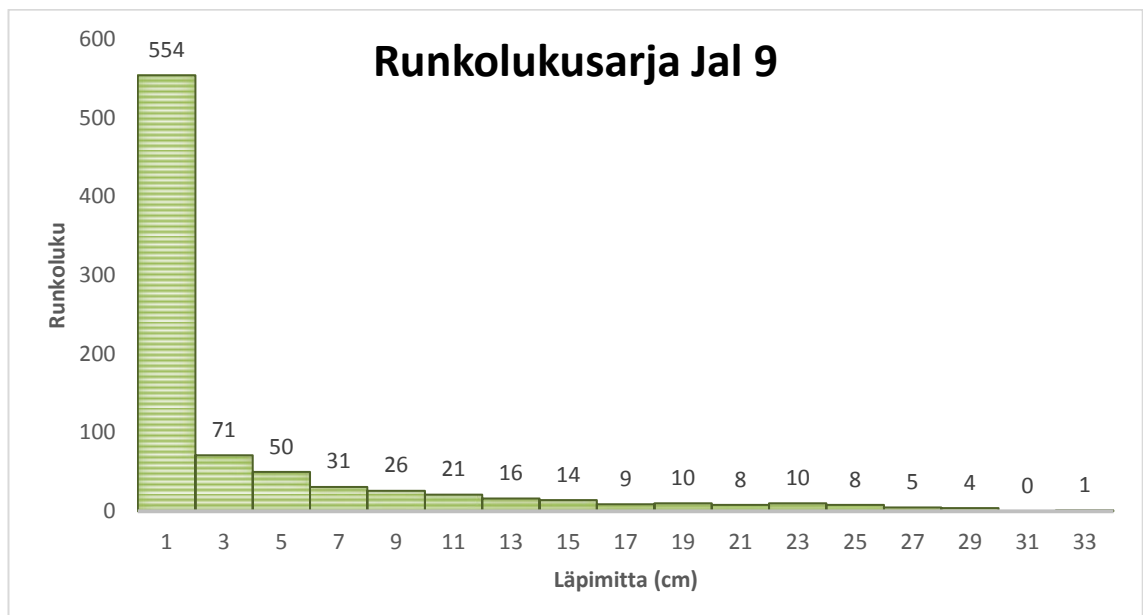
Jal 9	<i>Ppa:lla</i>				
	<i>painotettu</i>				
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimit</i>	<i>keskiläpimit</i>	<i>Arit.</i>
	<i>N (kpl/ha)</i>	<i>G m²/ha</i>	<i>ta</i>	<i>a</i>	<i>Keskipituus</i>
	N (kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DW cm	HM m
Kaikki	6318,8	22,1	3,5	19,3	4,3
Kuuset	1937,5	19,6	8,4	19,9	7,8

	<i>Ppa:lla</i>		<i>Latvuksen</i>		
	<i>painotettu</i>		<i>alarajan</i>	<i>arit. Valtaläpimita</i>	<i>Valtapituus</i>
	<i>keskipituus</i>	<i>Ka</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>(100/ha)</i>	<i>Tilavuus</i>
	HW m	L-RAJA m	D00 cm	H00 m	V m³/ha
Kaikki	15,6	1,8	27,7	20,0	166,9
Kuuset	16,1	3,0	27,7	20,2	153,0

	<i>Tukkirunkoj</i>				
	<i>Kuitrunkoje</i>				
	<i>Tukkipuunmä</i>	<i>Kuitupuunmä</i>	<i>Hukkapuunmä</i>	<i>en</i>	<i>n</i>
<i>rä</i>	<i>rä</i>	<i>ä</i>	<i>lukumäärä</i>	<i>lukumäärä</i>	
	TUP m³/ha	KUP m³/ha	HUP m³/ha	kpl/ha	kpl/ha
Kaikki	95,7	63,7	7,5	312,5	706,3
Kuuset	90,5	57,6	4,9	293,8	612,5



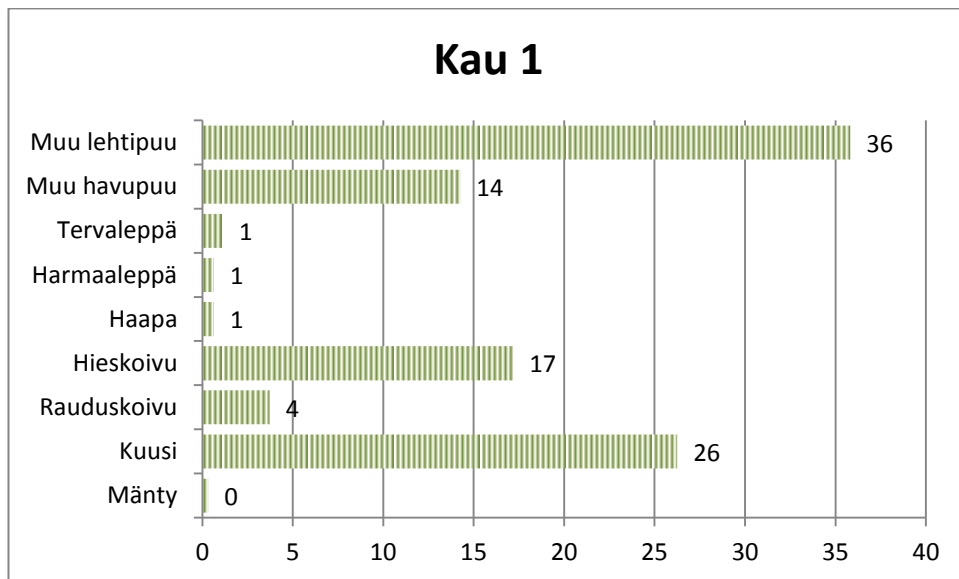
Kuvio 15. Koealan Jal9 tilajärjestys



Kuvio 16. Koealan Jal9 runkolukujakauma

6.6 Koeala Kau 1

Suonenjoen koeala Kau1 on määramittaharsittu 1986 ja määramittana oli 23 cm. Pohjapinta-ala on kasvanut hakkuun jälkeisestä 8 m²/ha:sta 25,3 m²/ha:iin (taulukko 6). Tilavuus on ollut hakkuun jälkeen 64 m³/ha ja nyt 225 m³/ha. Kasvu on ollut vuodessa 5,8 m³/ha. Alalla on alueita, joissa ei ollenkaan kuusta (kuvio 18). Kuusta on 26 prosenttia, paljon on siis lehtipuita, mutta myös katajaa 14 prosenttia (kuvio17). Pieniä puita on paljon. Paljon on myös tuhoa kilpailusta johtuen, lähinnä neulaskatoa.



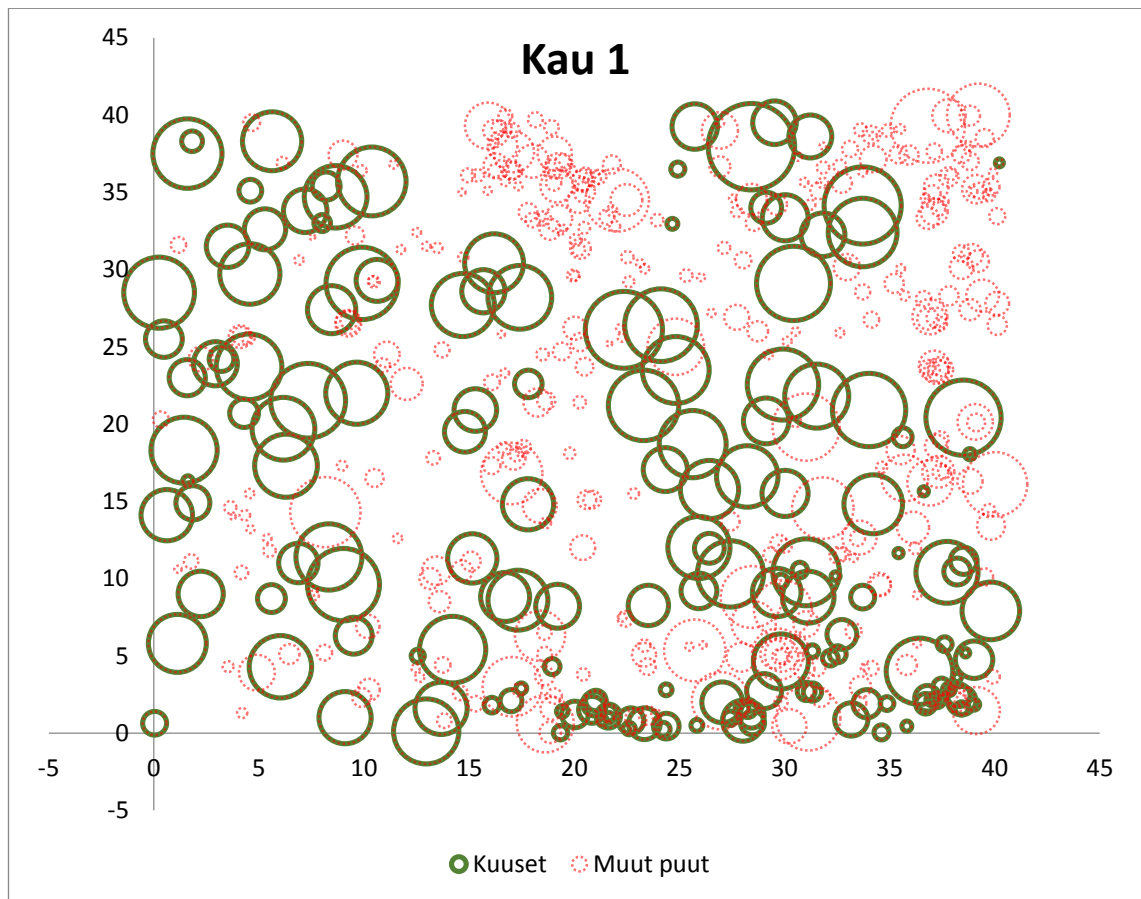
Kuvio 17. Koealan Kau1 puulajisuhteet runkoluvusta

Taulukko 6. Koealan Kau1 puustotiedot

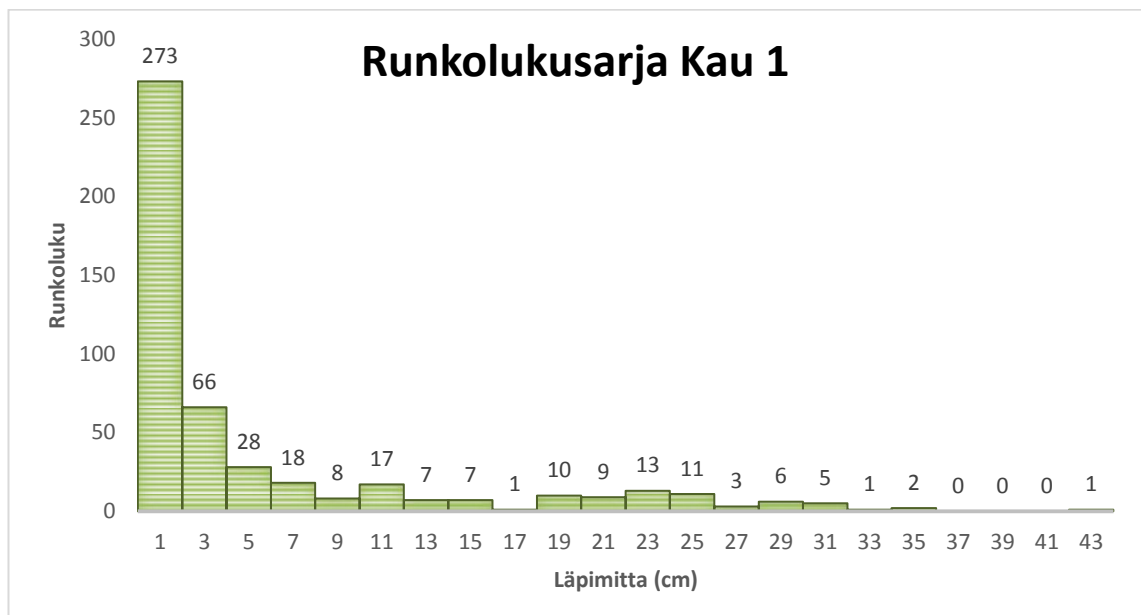
Kau 1	<i>Ppa:lla painotettu</i>				
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimit ta</i>	<i>keskiläpimitt a</i>	<i>Arit. Keskipituus</i>
	N (kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DW cm	HM m
Kaikki	3862,5	25,3	4,9	24,4	5,6
Kuuset	1018,8	19,4	11,4	25,8	9,7

	<i>Ppa:lla painotettu keskipituus</i>	<i>Latvuksen alarajan Ka</i>	<i>arit. Valtaläpimitta (100/ha)</i>	<i>Valtapituus (100/ha)</i>	<i>Tilavuus</i>
	HW m	L-RAJA m	D00 cm	H00 m	V m³/ha
Kaikki	19,3	1,8	32,4	24,2	225,1
Kuuset	20,1	2,2	32,1	23,9	179,3

	<i>Tukkipuunmäätä</i>	<i>Kuitupuunmäätä</i>	<i>Hukkapuunmäätä</i>	<i>Tukkirunkoj en lukumäärä</i>	<i>Kuiturunkoj en lukumäärä</i>
	TUP m³/ha	KUP m³/ha	HUP m³/ha	kpl/ha	kpl/ha
Kaikki	171,9	47,4	5,7	362,5	381,3
Kuuset	144,2	32,7	2,4	275,0	250,0



Kuvio 18. Koealan Kau1 tilajärjestys



Kuvio 19. Koealan Kau 1 runkolukujakauma

7 TULOKSET

7.1 Puuston määrä ja rakenne

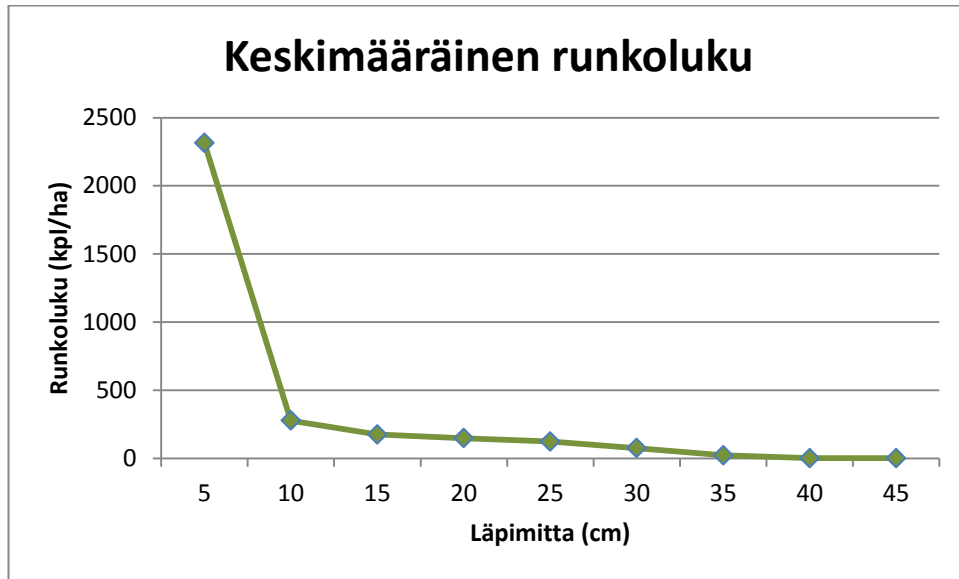
Koealojen puuston määrää tutkittiin tilavuuden, pohjapinta-alan ja runkoluvun avulla. Puuston rakennetta tutkittiin läpimittajakaumalla, tilajärjestyksellä, puulajisuhteilla sekä iän vertaamisella läpimittaan. Tulokset ovat keskiarvoja kaikista koealoista vuosien 2013 ja 2014 vuosien mittausten perusteella.

Puustotiedot on laskettu erikseen kaikille terveille puille ja kaikille terveille kuusille (taulukko 7). Kaikkien puiden pohjapinta-ala oli 25,1 m²/ha, joista kuusen osuus oli 19,6 m²/ha. Koealojen keskiarvoilla laskettuna kuusia oli runkoluvusta 39 prosenttia ja pohjapinta-alasta 78 prosenttia. Koealojen keskimääräinen tilavuus oli kaikilla terveillä puilla 223 m³/ha, josta kuusten osuus oli 175 m³/ha eli 78% kaikista puista. Tukkia oli keskimäärin 153 m³/ha ja kuusen tukkiprosentti 70 % huomioimatta laatua.

Taulukko 7. Kaikkien koealojen keskimääräiset puustotiedot

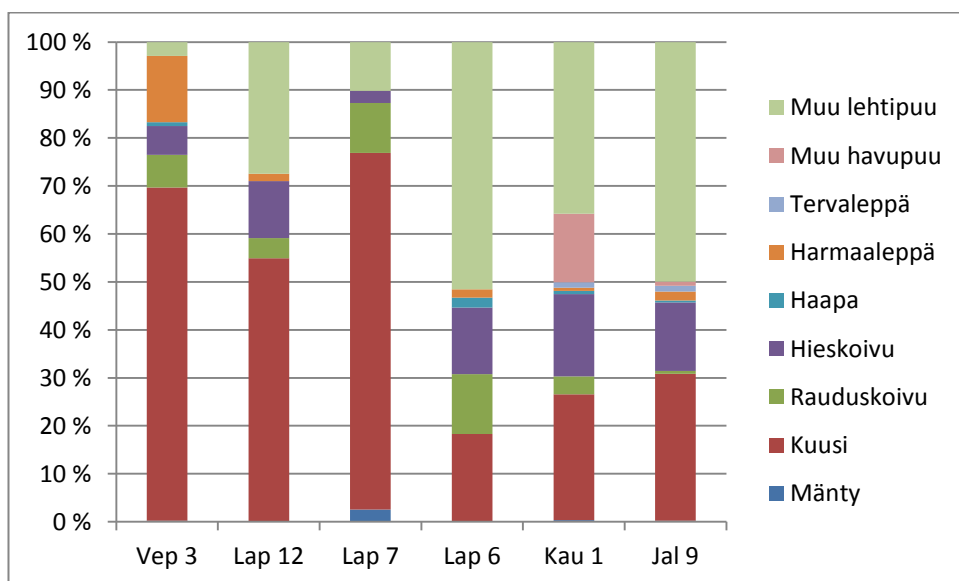
	<i>Runkoluku</i>	<i>Ppa</i>	<i>Arit.keskiläpimitta</i>	<i>Ppa:lla painotettu keskiläpimitta</i>	<i>Arit. Keskipituus</i>	<i>Ppa:lla painotettu keskipituus</i>
N	(kpl/ha)	G m²/ha	DM cm	DWcm	HM m	HW m
Kaikki	3734,4	25,1	6,4	22,1	6,8	18,2
Kuuset	1453,1	19,6	10,2	22,7	9,2	18,4
	<i>Tilavuus</i>	<i>Valtaläpimitta (100/ha)</i>	<i>Valtapituus (100/ha)</i>	<i>Latvuksen alarajan arit. Ka</i>	<i>Tukkipuunmäärä</i>	<i>Kuitupuunmäärä</i>
	V m³/ha	D00 cm	H00	L-RAJA m	TUP m³/ha	KUP m³/ha
Kaikki	222,5	30,5	23,1	2,4	153,0	63,1
Kuuset	174,5	29,9	22,7	2,7	123,1	47,8

Kaikkien koealojen keskimääräinen runkolukukäyrä läpimittaluokittain muistuttaa käänteistä J-käyrää (kuvio 56). Läpimittaluokat on kuviossa 20 5 cm välein. Pienempiä puita on enemmän ja läpimittaluokan kasvaessa puiden määrää vähenee. Yksittäisten koealojen tarkempia kuvaajia voi tarkastella luvussa 6.



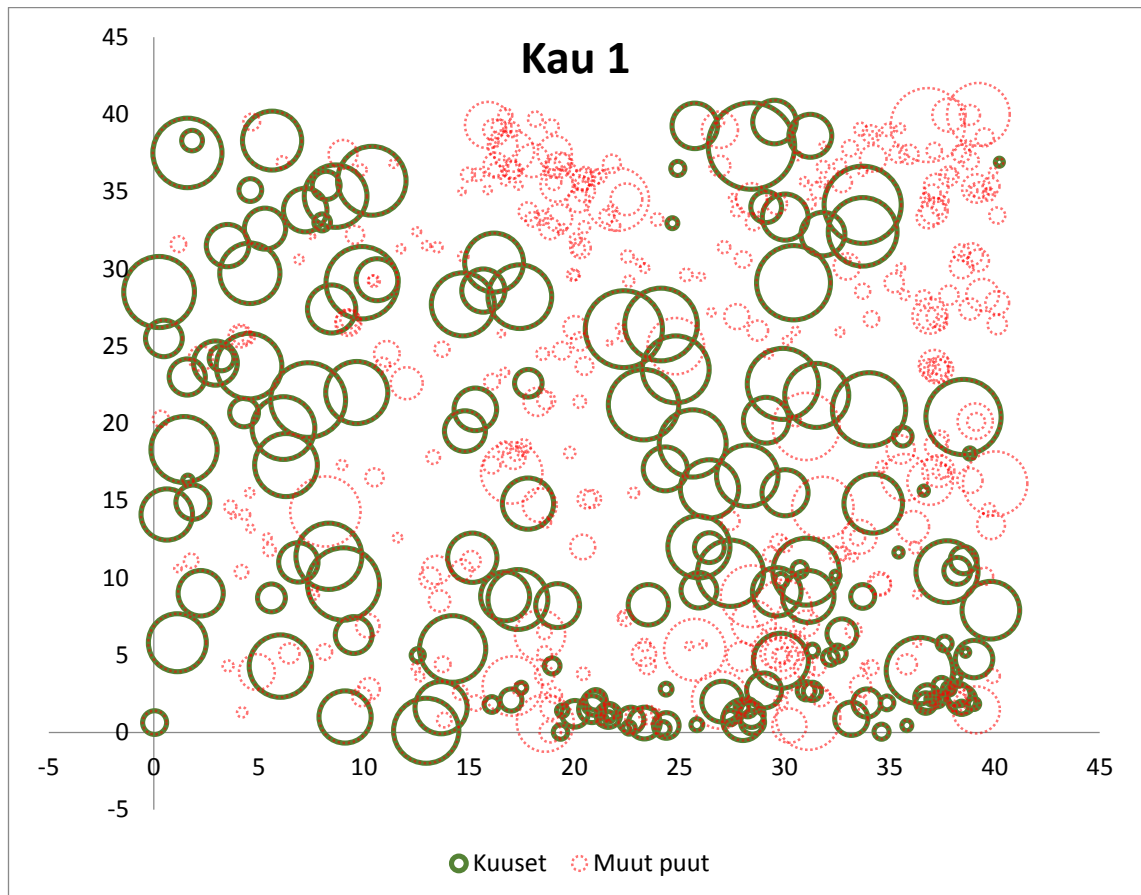
Kuvio 20. Kaikkien koalojen keskimääräinen runkoluku- eli kokojakauma

Kuusi on kaikilla koaloilla pääpuulajina pohjapinta-alan mukaan (kuvio21). Puolella koaloista runkoluvun mukaan eniten on pihlajaa, joka on kuviossa 21 kohdassa muu lehtipuu. Pihlaja on koaloilla sijoittunut kuusen jättämiin aukkoihin ja on kooltaan pientä, vain vähän yli 130 cm. Mäntyä koaloilla ei juurikaan ole, mutta kaikilla koaloilla on koivua, joka on suurimmaksi osaksi hieskoivua. Vain kuviolla Lap7 on enemmän rauduskoivua.



Kuvio 21. Puulajisuhteet runkoluvun mukaan kaikkien koalojen keskiarvona

Tilajärjestykseltään koealat ovat vaihtelevia. Esimerkiksi koealan Kau1 tilajärjestyskuvasta näkee, että puusto on epätasaisesti jakautunut (kuvio 22). Lisää tilajärjestyskuvioita luvussa 6. Suurimmillaan kuusten välinen aukko on lähes 10 x 10 metrin kokoinen. Kuusten välisissä aukoissa on runsaasti lehtipuustoa. Täysin tyhjiä aukkoja ei juurikaan ole (yli pari metriä).



Kuvio 22. Koealan Kau1 tilajärjestys

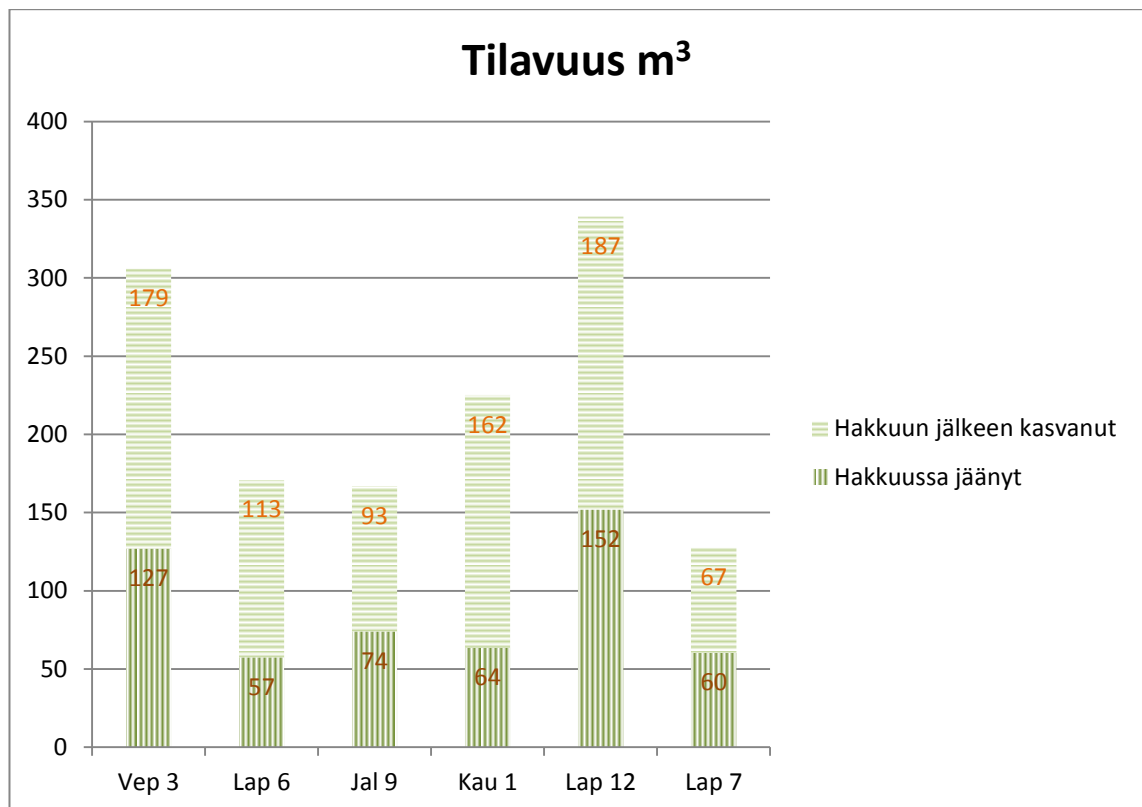
7.2 Puuston kasvu

7.2.1 Pohjapinta-alan kasvu

Hakkuun jälkeen pohjapinta-ala oli keskimäärin 10,9 m²/ha (vaihteluväli 6,9 - 17,7 m²/ha). Viimeisimmissä mittauksissa pohjapinta-alat olivat 17,5-33,9 m²/ha, keskimäärin 25,1 m²/ha. Mittausten väli vaihteli 26 vuodesta 29 vuoteen, ollen keskimäärin 28 vuotta. Pohjapinta-ala kasvoi 0,4-0,7 m²/ha/v, keskimäärin 0,5 m²/ha/v.

7.2.2 Tilavuuden kasvu

Ennen hakkuuta koealojen keskimääräinen tilavuus oli 266 m³/ha (vaihteluväli 163-359 m³/ha). Hakkuussa poistui puuta keskimäärin 177 m³/ha (vaihteluväli 97-245m³/ha). Hakkuun jälkeinen tilavuus oli keskimäärin 89 m³/ha (57-152m³/ha) ja keskimäärin 28 (27-29) vuoden jälkeen 223m³/ha (128-339 m³/ha). Keskituotos oli 4,8 m³/ha/v (2,6-6,9m³/ha/v).15 vuodessa tilavuuskasvu olisi 72 m³/ha. Kuviossa 12 on eritelty koealoittain hakkuussa jäänyt tilavuus ja hakkuun jälkeen kasvanut tilavuus.



Kuvio 23. Hakkuussa jäänyt tilavuus ja hakkuun jälkeen kasvanut tilavuus

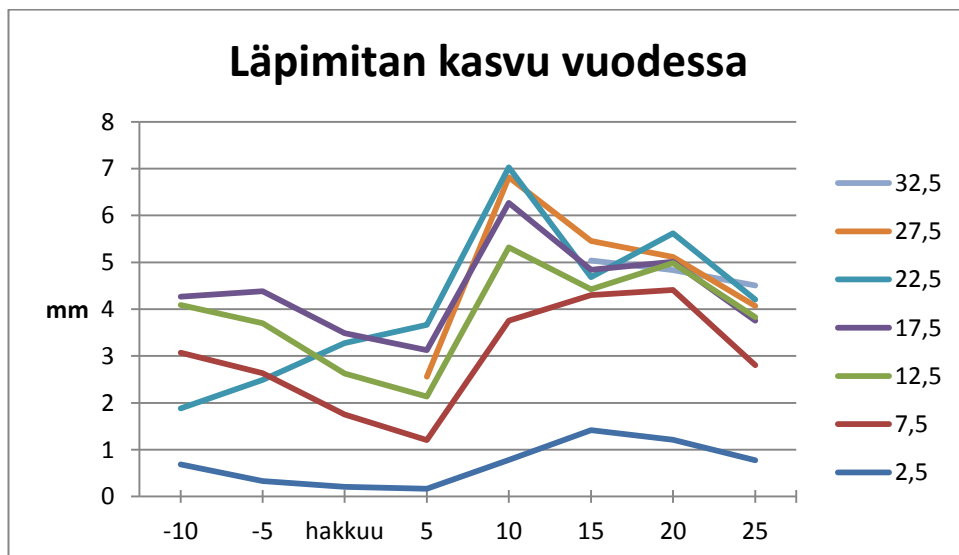
7.2.3 Läpimitan kasvureaktio metsikkötasolla

Läpimitan kasvua on tarkasteltu laskemalla keskimääräinen kasvu tietylle läpimittaluokalle tietyllä ajan hetkellä. Koepuiden kairaustiedoista on saatu laskennallinen säteenkasvu kaikille puille. Mukana laskuissa on kaikki terveet puut. Tietylle ajankohdalle, esimerkiksi hakkuulle, on laskettu viiden edellisen vuoden kasvujen keskiarvo. Jokainen kasvu on käsitelty erillisenä muista vuosista. Esimerkiksi

hakkuun aikana 7,5 senttimetrin luokkaan kuuluva voi hakkuusta viiden vuoden jälkeen kuulua 12,5 senttimetrin luokkaan.

Ennen hakkuuta läpimitan kasvut ovat olleet laskusuunnassa lukuunottamatta 22 senttimetrin läpimittaluokkaa. Kasvu on ollut alimmillaan viiden ensimmäisen vuoden jälkeen hakkuusta ja noussut huippulukemiin viiden seuraavan vuoden aikana lukuunottamatta pienimpien läpimittaluokkien kasvua. 2,5 ja 7,5 senttimetrin läpimittaluokissa kasvu on pysynyt hyvänä vielä kymmenen seuraavan vuoden aja, kun taas isompien läpimittaluokkien kasvut ovat lähteneet laskuun viidentoista vuoden kohdalla, ja pysyneet lähes samalla tasolla tai osa jopa hieman parantaneet kasvuaan 20 vuoden kohdalla. Kasvupyrähdys on kaikissa läpimittaluokissa pysähtynyt 25 vuoden jälkeen ja keskimäärin lähes samalla tasolla kuin kymmenen vuotta ennen hakkuuta.

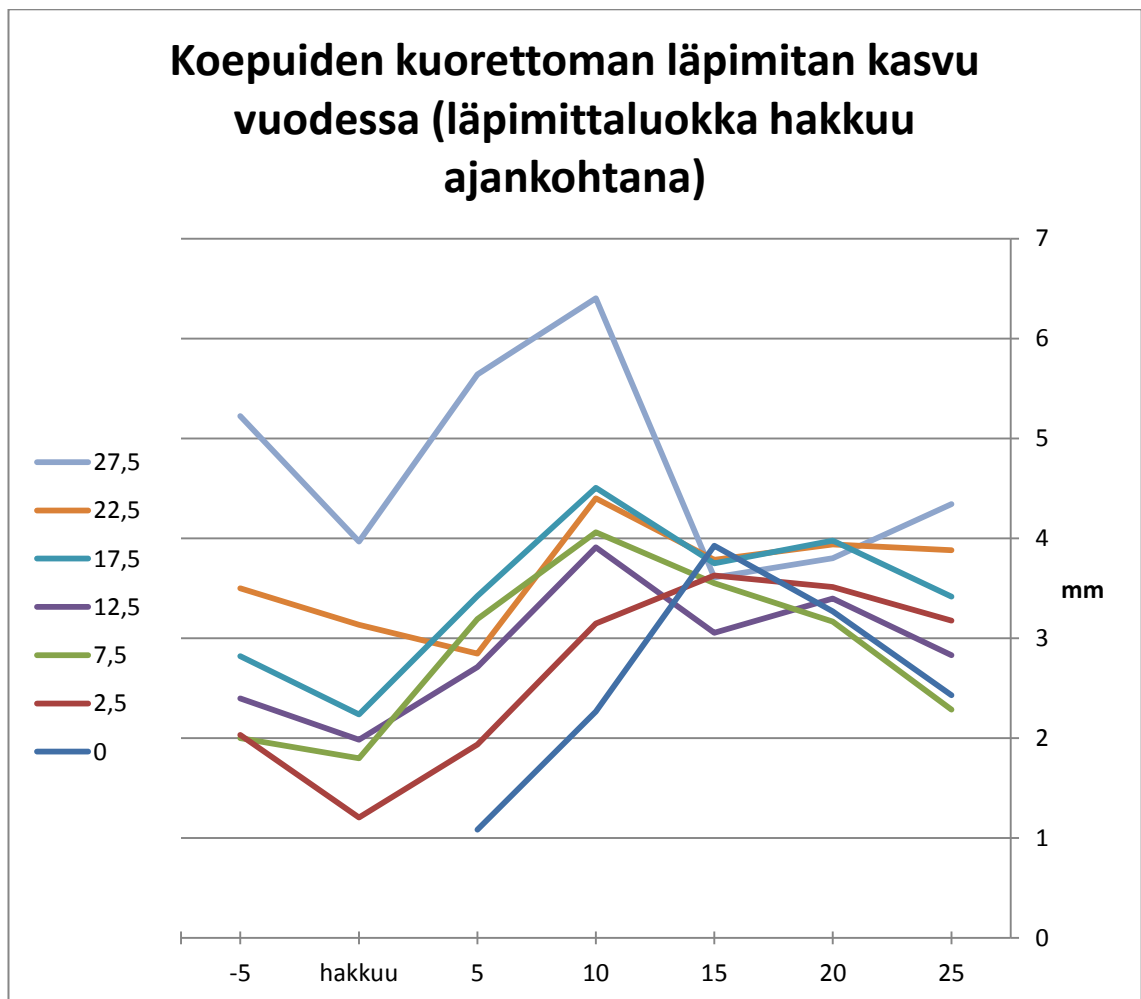
Keskimäärin kasvut olivat pohjalukemissa viiden vuoden jälkeen hakkuusta 2,1 mm vuodessa ja seuraavan viiden vuoden aikana huippulukemissa 5 mm vuodessa. Käyrät noudattavat melkein läpimittaluokkia; pienimmissä läpimittaluokissa on pienimmät kasvut – suuret puut ovat kasvaneet enemmän. Kasvuhuipussa on läpimittaluokkien mukainen järjestys. Yleisellä tasolla tarkasteltuna kaikkien läpimittaluokkien on kasvu on kiihtynyt hakkuun jälkeen.



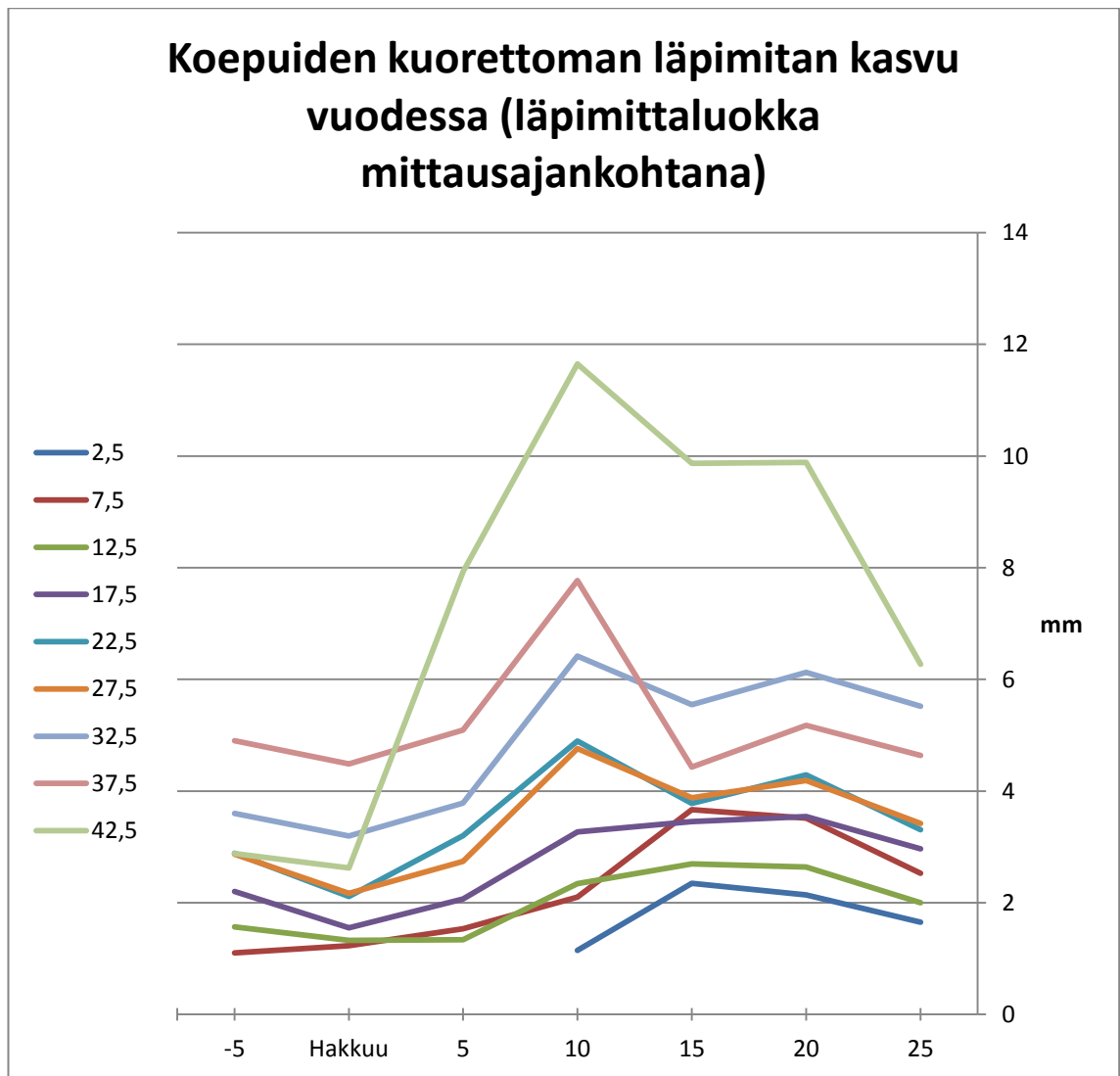
Kuvio 24. Tietyllä ajanhetkellä läpimittaluokittain laskettuja vuotuisia kasvuja, jotka on laskettu tietyn ajankohdan viiden edellisen vuoden keskiarvoista.

7.2.4 Koepuukuusien kasvureaktiot

Koepuiden kairattuja lustoja mittaamalla on selvitetty kuusten läpimitan kasvuja viiden vuoden keskiarvoilla läpimittaluokittain. Läpimittaluokat on muodostettu hakkuun ajankohdalle eli seuranta jakson alussa (kuvio25) sekä lustojen kairaus ajankohdalle eli seurantajakson lopussa (kuvio26). Koepuilla on jo hakkuista viiden ensimmäisen vuoden aikana havaittavissa kasvun paranemista, mutta parhaat kasvut ovat viiden seuraavan vuoden aikana. Kasvu hidastuu kymmenennen vuoden jälkeen ja pysyttelee samoissa lukemissa vuosien 15 ja 20 välillä. 25 vuoden jälkeen kasvu on vielä hidastunut edellisistä vuosista ollen kuitenkin vielä enemmän kuin viisi vuotta ennen hakkuuta. Lustonkasvu on 1,9 mm vuosina -5-25 vuotta hakkuusta kaikilta koelaitoilta. Kahdella pienimmällä läpimittaluokalla meni viisi vuotta pidempään kasvuhuipun saavuttamiseen.

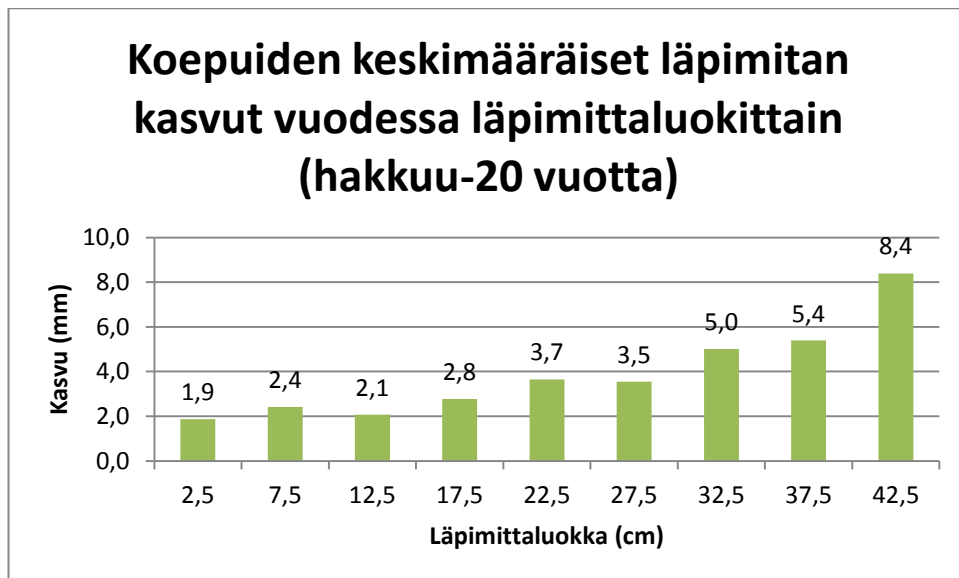


Kuvio 25. Kuusikoepuiden läpimitankasvu vuodessa (läpimittaluokka muodostettu hakkuun läpimittojen mukaan)



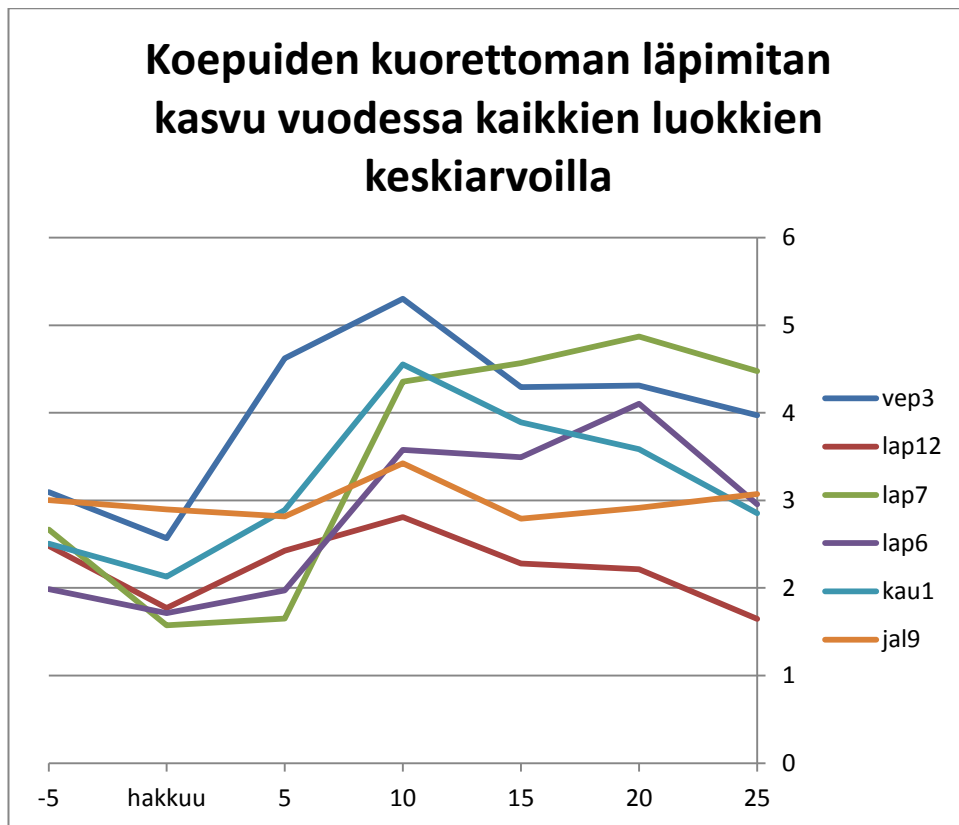
Kuvio 26. Kuusikoepuiden läpimitan kasvu läpimittaluokittain (läpimittaluokka muodostettu mittauksen aikaisen läpimitan mukaan)

Koepuiden läpimitan kasvuille on laskettu läpimittaluokittain keskiarvot välille hakkuu-20 vuotta hakkuusta. Koepuiden läpimitankasvut noudattavat läpimittaluokittain parenevaa kasvua. Suuremmat puut kasvattavat enemmän läpimittaansa, lukuunottamatta läpimittaluokkia 7,5 cm ja 22,5 cm, joissa on hiukan paremmat kasvut kuin seuraavassa luokassa. Kuvioista 27 nähdään, että ero näiden luokkien välillä on pieni ja kasvu noudattaa pienellä vaihtelulla käyrää.



Kuvio 27. Koepuiden keskimääräiset kasvut läpimittaluokittain,

Läpimitan kasvuissa on eroja koalojen välillä. Kasvureaktio on ollut huonoin koaloilla Jal9 ja Lap12. Parhaat kasvureaktiot on ollut koaloilla Vep3 ja Kau1. Koalalla Lap7 kasvureaktio on ollut hidas ja hakkuutilanteessa kasvu on huonoin, mutta 25 vuoden päästä hakkuusta kasvu on parempaa kuin muilla koaloilla (kuvio 28). Läpimitan kasvuja koaloittain on tarkasteltu myös eri läpimittaluokissa. Kuviossa 29 on luokkien 2,5 ja 7,5 cm keskiarvot, kuviossa 30 luokkien 12,5 ja 17,5 cm keskiarvot ja kuviossa 31 luokkien 22,5 ja 27,5 cm keskiarvot.

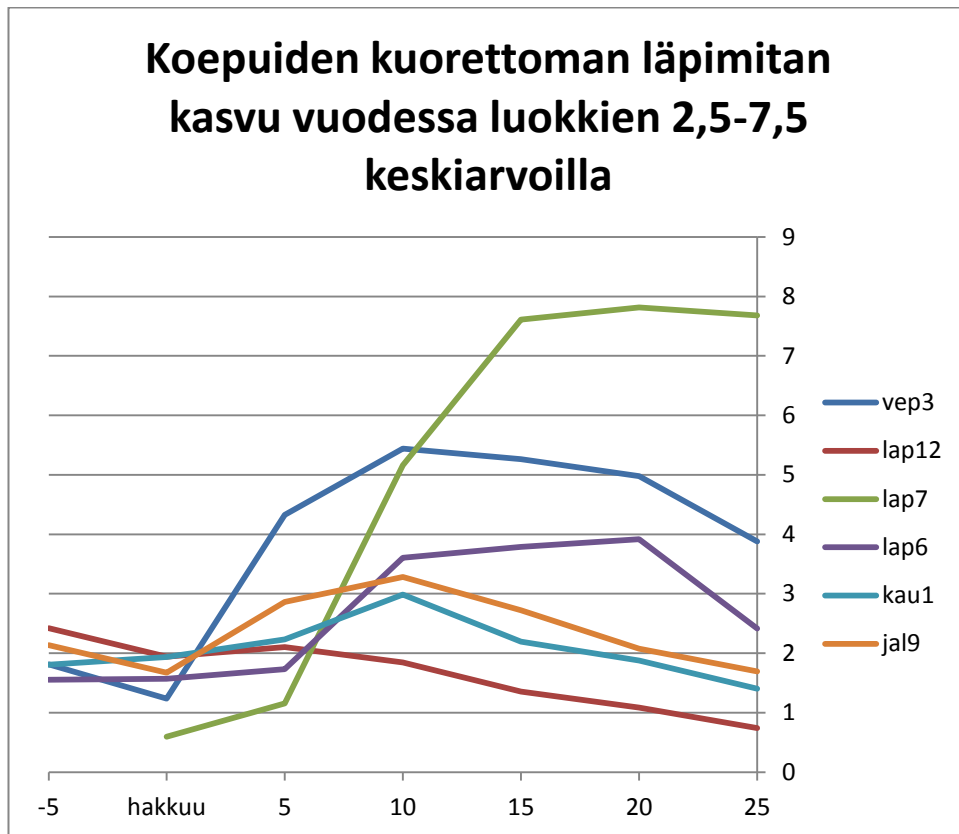


Kuvio 28. Koepuiden läpimitan kasvu eri koelaloilla kaikkien läpimittaluokkien keskiarvoilla

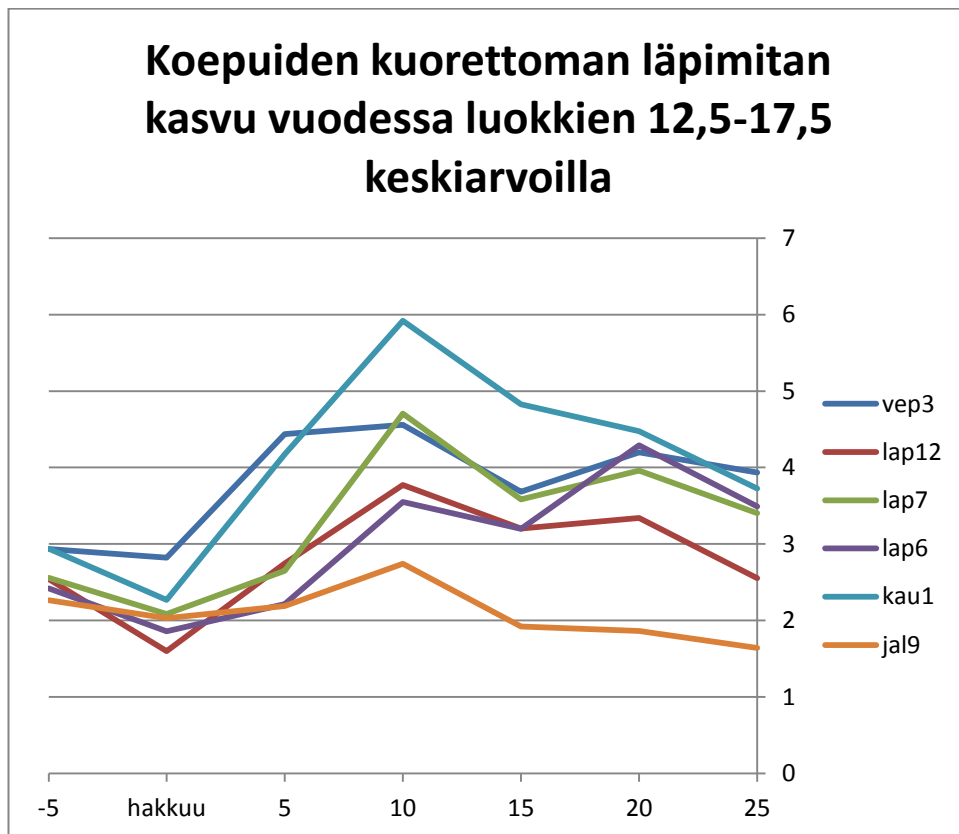
Pienet puut ovat kasvaneet erityisen hyvin koelalla Lap7, jossa kasvu on ollut korkealla vielä 25 vuoden jälkeen hakkuusta. Kasvu ollut huonoin hakkuun aikaan. Kasvu on ollut hyvällä tasolla myös koelaloilla Lap6 ja Vep3, 20 vuoden jälkeen kasvu on hidastunut. Koelat Jal9, Kau1 ja Lap12 ovat parantanut kasvuaan hakkuun jälkeen vain vähän ja kymmenen vuoden jälkeen hakkuusta kasvu on hiljalleen huonontunut.

Kasvuhiippu keskikoon puilla ollut 10 vuoden kohdalla paitsi koelalla Lap6. Lapinjärven koelaloilla on kasvupyrähdys myös 20 vuoden kohdalla. 25 vuoden kohdalla alkaa kasvu taantua kaikilla koelaloilla. Koelalla Jal9 kasvu on 15 vuoden kohdalla jo huonompi kuin ennen hakkuuta.

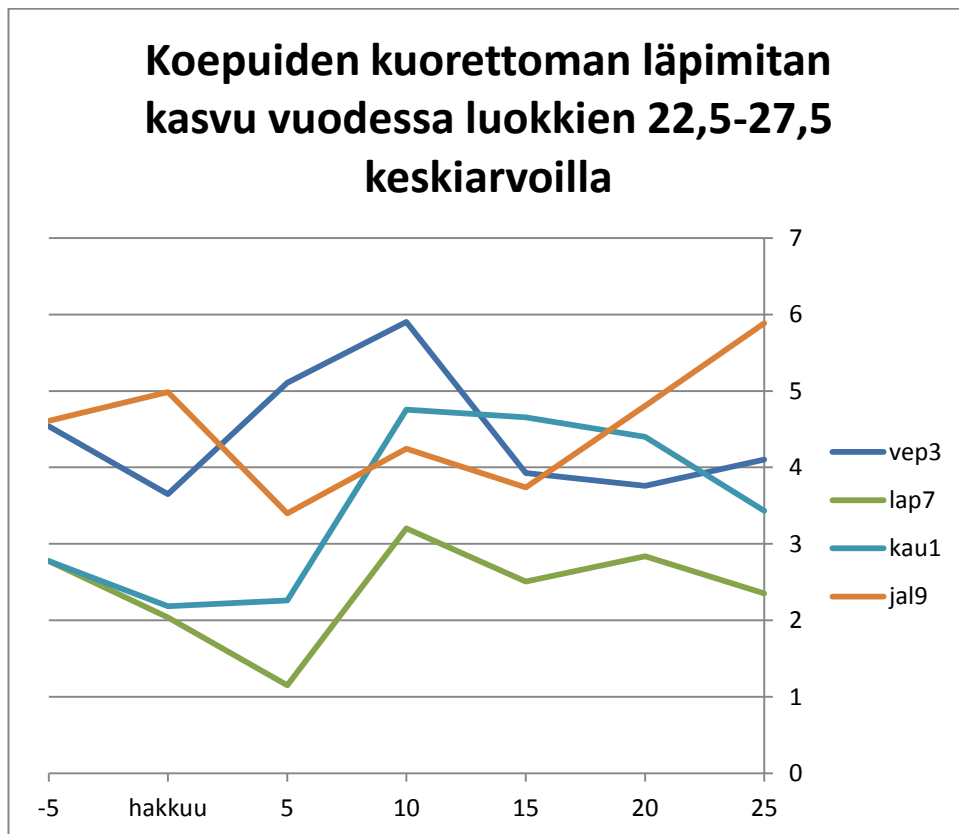
Suurimpien puiden kohdalla on hankala tehdä vertailuja, koska kaikissa koelaloissa ei ollut tähän luokkaan kuuluvia koepuita. Hakkuun aikaan luokkaan 22,5-27,5 cm on kuulunut lähinnä vain huonolaatuisia puita, joita ei ole hakattu laatuviikojen takia eli niitä ei ole kelpuutettu tukkilaatuun. Koelalla Jal9 kasvu on huonontunut hakkuussa isoilla puilla ja kasvu on parantunut vasta viidentoista vuoden jälkeen. Koelalla Vep3 on paras kasvureaktio.



Kuvio 29. Koepuiden läpimittojen kasvu koealoittaan luokassa 2,5-7,5 cm



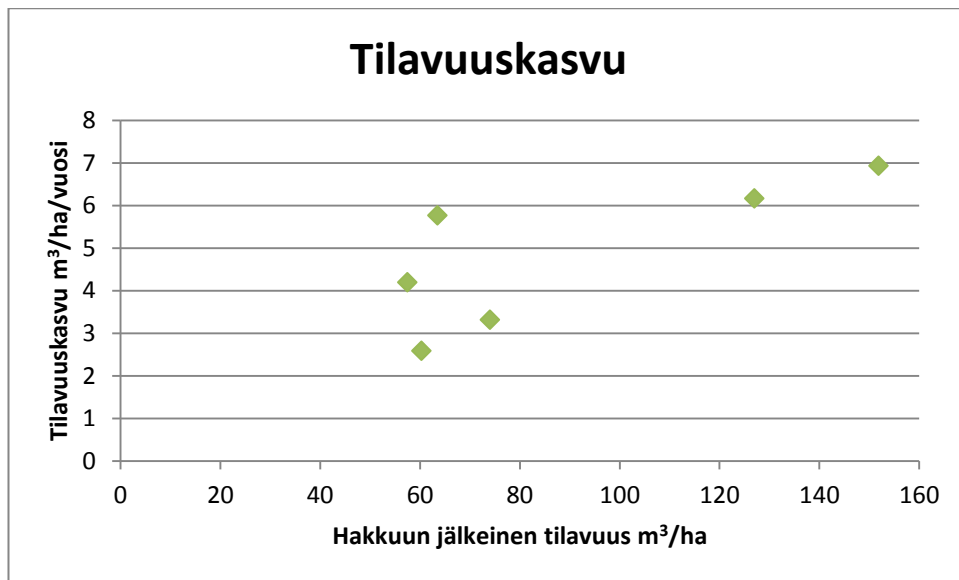
Kuvio 30. Koepuiden läpimittojen kasvu koealoittaan luokassa 12,5-17,5 cm



Kuvio 31. Koepuiden läpimittojen kasvu koelaitaan luokassa 22,5-27,5 cm

7.2.5 Pohjapinta-alan ja tilavuuden vaikutus kasvuun

Vuotuisen tilavuuskasvun korrelaatio oli hakkuun jälkeiseen tilavuuteen 0,768 (kuvio 32) ja pohjapinta-alaan 0,722. Korrelaatiot ovat merkitseviä riskitason ollessa 0,05. Vuotuisen pohjapinta-alan kasvun korrelaatio hakkuun jälkeiseen tilavuuteen on 0,397 ja pohjapinta-alaan 0,281.



Kuvio 32. Hakkuun jälkeisen tilavuuden vaikutus tilavuuskasvuun

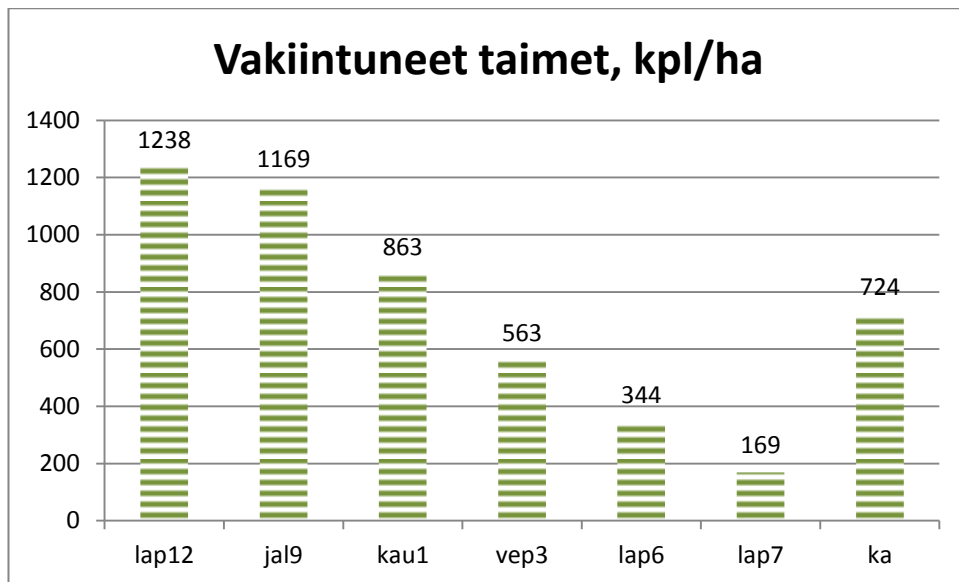
7.3 Puuston uudistuminen

7.3.1 Taimien määrä

Kaikkien taimien määrässä oli paljon vaihtelua koealojen välillä 1175 kappaleesta 48019 kappaleeseen hehtaarilla (taulukko 8). Taimiin on laskettu alle 130 cm pitkät kasvettavien puulajien eli kuusien, mäntyjen ja koivujen taimet. Sirkkataimia on alle 1 cm pitkät taimet. Vaihtuvat taimet ovat pituudeltaan 1-11 cm ja vakiintuneiksi taimiksi on luokiteltu yli 11 cm pitkät taimet. Sirkkataimien määrässä oli suurimmat erot. Osalla koealoista ei ollut yhtään sirkkataimia, mutta toisaalta yhdellä koealalla oli runsaasti sirkkataimia, 47081 kappaletta. Kasvatettavia vakiintuneita taimia oli tasaisempi määrä koealoilla. Vaihteluväli vakiintuneilla taimilla oli 169-1238 kpl/ha keskiarvon ollessa 724 kpl/ha (kuvio33).

Taulukko 8. Sirkkataimet, vaihtuvat taimet ja vakiintuneet taimet koealoittain

	lap12	jal9	kau1	vep3	lap6	lap7	ka
sirkkataimet	13	0	0	0	47081	8106	9200
vaihtuvat taimet	431	50	44	6	100	119	125
vakiintuneet taimet	1238	1169	863	563	344	169	724
yhteensä	1681	1219	906	569	47525	8394	10049



Kuvio 33. Vakiintuneet taimet koealoittain

7.3.2 Puuston vaikutus uudistumiseen

Hakkuun jälkeinen ja nykyinen tilavuus sekä pohjapinta-ala vaikuttivat taimien määrään, mutta korrelaatiot eivät olleet merkitseviä. Hakkuun jälkeisen pohjapinta-alan korrelaatio oli kaikkien taimien määrään -0,464 ja kuusen taimiin -0,468. Hakkuun jälkeisen tilavuuden korrelaatio oli kaikkien taimien määrään -0,443 ja kuusen taimiin -0,445. Tämän hetken pohjapinta-alan korrelaatio oli taimien määrään -0,464 ja kuusen taimiin -0,462. Tilavuuden korrelaatio oli kaikkiin taimiin -0,320 ja kuusen taimiin -0,319.

Vakiintuneisiin ja vaihtuviin taimiin vaikutti eniten hakkuun jälkeinen pohjapinta-ala positiivisesti korreloiden 0,657 ja 0,614, ei merkitseviä. Samoin sirkkataimiin pohjapinta-ala vaikutti eniten, mutta negatiivisesti korreloiden -0,478. Sirkkataimiin oli negatiivinen korrelaatio puiden koolla sekä tilavuudella ja pohjapinta-alalla, mutta korrelaatiot eivät olleet merkitseviä.

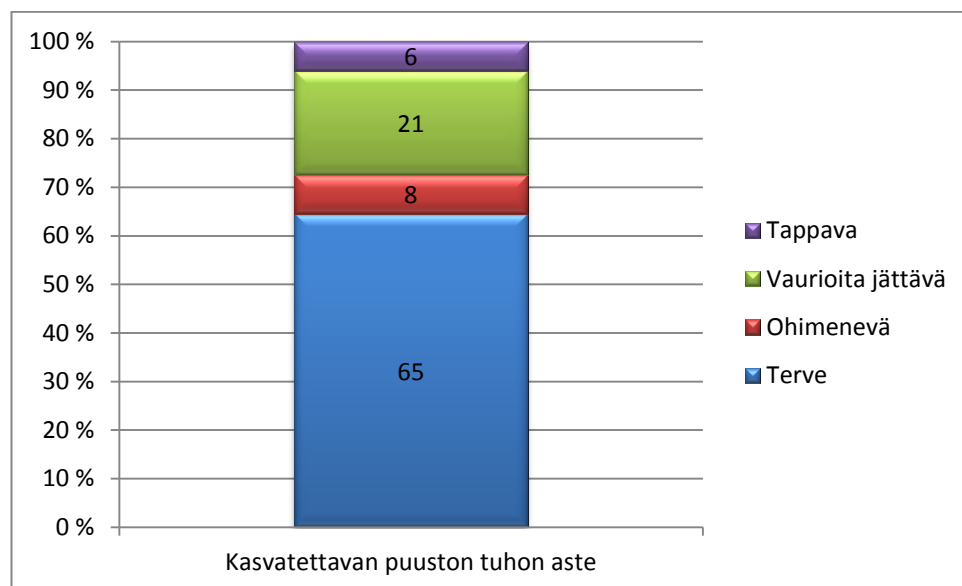
Merkitseviä korrelaatioita taimien määrään oli vain aritmeettisellä keskipituudella ja –läpimitalla. Vaihtuvia ja vakiintuneita taimia oli enemmän puiden koon kasvaessa. Aritmeettisen keskipituuden korrelaatio vaihtuviin taimiin oli 0,767. Aritmeettisen läpimitan korrelaatio vaihtuviin taimiin oli 0,707.

Koealojen paikallisten pohjapinta-alojen vaikutusta taimien määriin tutkittiin jakamalla koealat kuuteentoista osaan. Koealojen sisäisten osien taimimäärät ja pohjapinta-alat eivät korreloineet merkittävästi keskenään. Osa koealojen korrelaatiosta oli positiivisia ja osa negatiivisia. Kaikkien koealojen 96 osakoealan pohjapinta-alan korrelaatio kaikkien taimien määrää oli -0,145, joka ei ole merkitsevä korrelaatio.

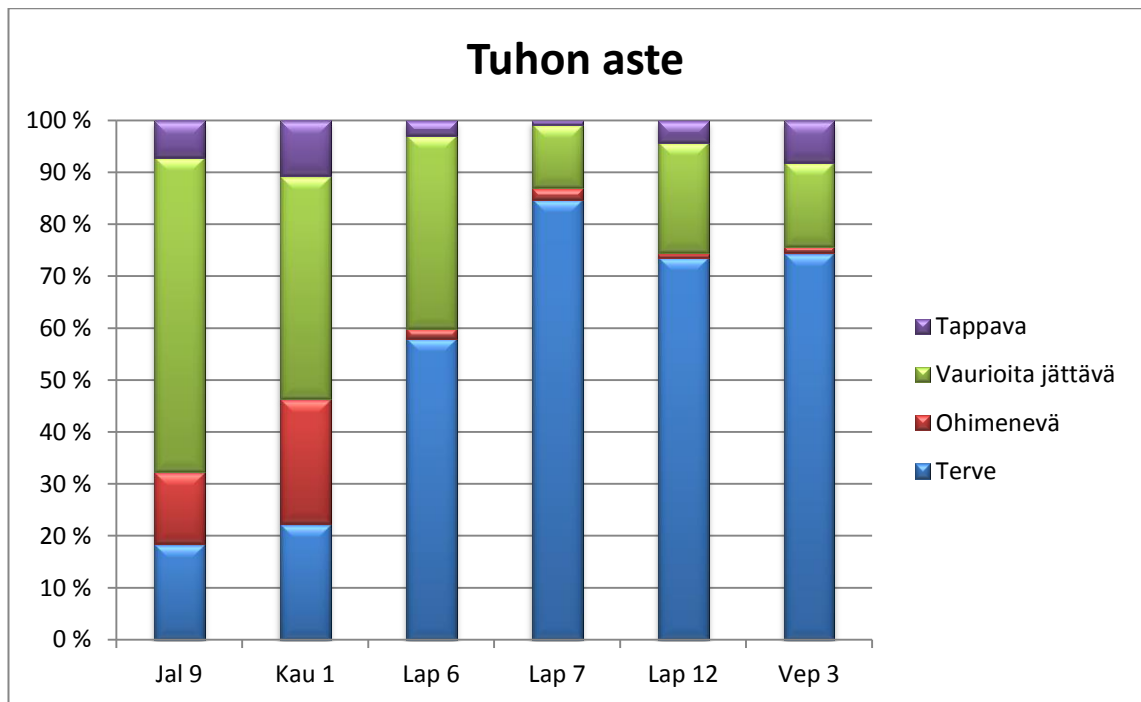
7.4 Puuston laatu ja terveydentila

Puustosta keskimäärin kuollutta tai kuolevaa puustoa oli 6 prosenttia (Kuvio 34). 53 prosenttia puustosta on vaurioitunut, mutta 9 prosentilla oli mahdollisuus vielä toipua. Suurin tuhon syy oli hirvi. Tuhojen ilmiäsuista suurimpana oli: latva poikki, runkovaurio ja neulaskato. Lehtipuilla oli hirven aiheuttamia vaurioita, kuusella kilpailusta aiheutuvaa harsuuntumista.

Kasvatettavaksi puustoksi oli laskettu kaikki yli 130 cm pitkät männyt, kuuset ja koivut. Suurin osa kasvatettavasta puustosta oli kuusta. Kasvatettavasta puustosta tervettä tai ohimenevästi vaurioitunutta puustoa oli yhteensä 73%.



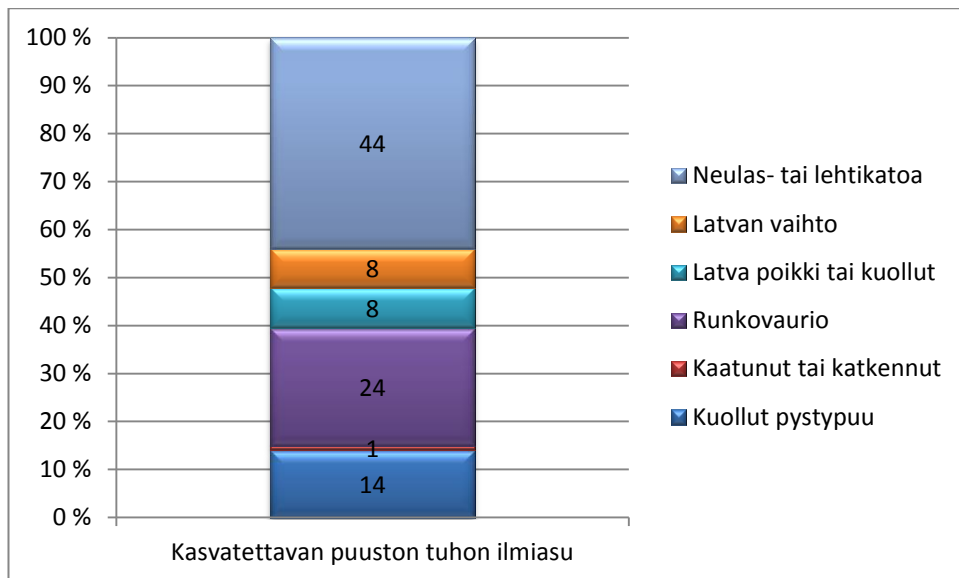
Kuvio 34. Kasvatettavan puuston tuhon aste kaikkien koalojen keskiarvona



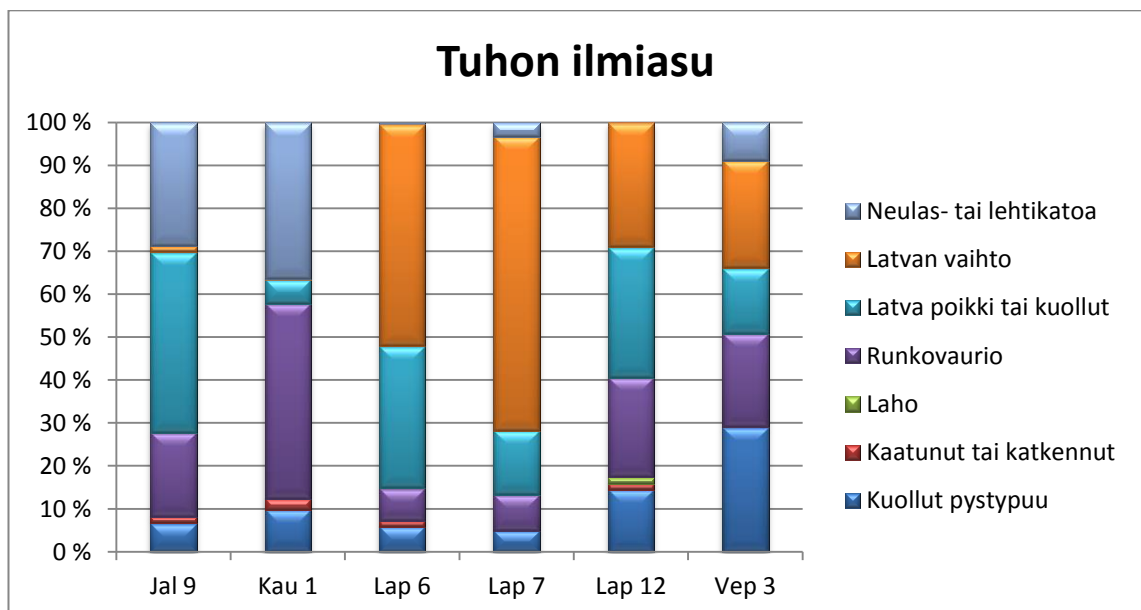
Kuvio 35. Tuhon aste koealoittain

Puustoa kokonaisuudessaan tarkasteltaessa suurimmat tuhon ilmentymät olivat latvaan liittyvät tuhot. Paljon pientä lehtipuustoa sisältävät koealat kärsivät laajasti hirven aiheuttamista latvan vaihdoista sekä katkenneesta tai kuolleesta latvasta. Osassa koealoista oli myös runsaasti neulas- tai lehtikatoa sekä runkovaurioita.

Kasvatettavan puuston suurin tuhon ilmiäsu oli neulas-tai lehtikato (44%), mikä tarkoittaa suurimmaksi osaksi neulaskatoa, sillä suurin osa kasvatettavasta puustosta oli kuusta. Kasvatettavassa puustossa oli runsaasti (24%) myös runkovaurioita.

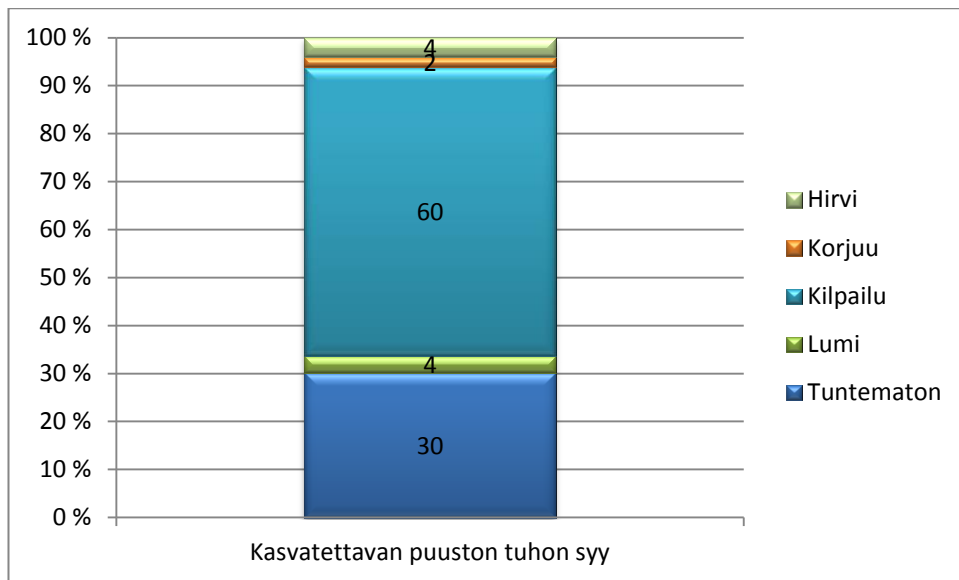


Kuvio 36. Kasvatettavan puuston tuhojen ilmiäsu koalojen keskiarvoina

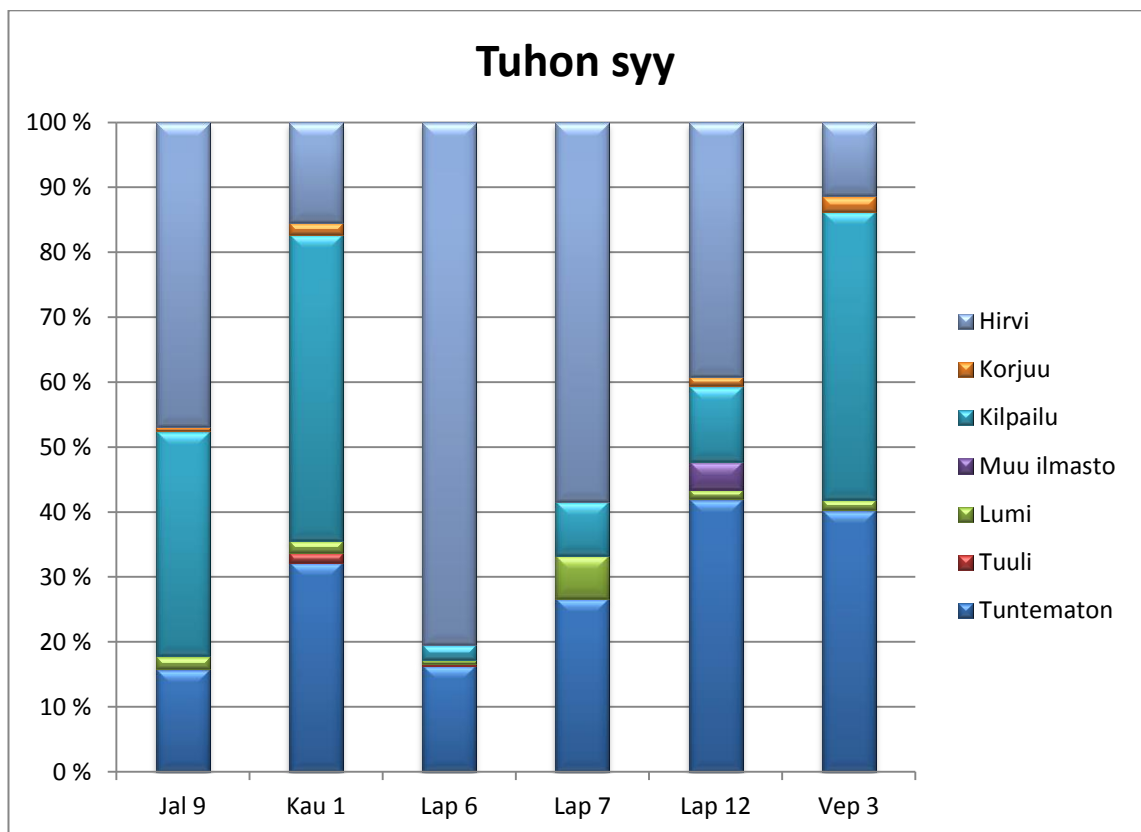


Kuvio 37. Tuhon ilmiäsu koaloittain

Suurimpina syinä kaiken puuston tuhoihin oli hirvi ja kilpailu, mutta paljon tuhojen syitä oli jäänyt selvittämättä (kuvio 39). Kasvatettavien puiden tuhon syy oli selvitettyissä tapauksissa kilpailu (kuvio 38).



Kuvio 38. Kasvatettavan puuston tuhon syyt kaikkien koalojen keskiarvoina



Kuvio 39. Tuhon syyt koaloittain

8 TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Koealojen kuvaus ja yhteenvedo koealakohtaisista tuloksista

Koealat olivat hyvin erilaisia hakkuun jälkeisen tilavuuden ja pohjapinta-alan mukaan, joten koealoista myös kasvoi erilaisia metsiköitä vajaassa 30 vuodessa. Puusto vaihteli myös kooltaan vuosien 2013 ja 2014 mittauksien mukaan. Tilajärjestys oli koealoilla sattumanvarainen. Koealojen erojen vuoksi niitä tarkastellaan erillisinä esimerkkeinä keskiarvojen lisäksi.

Koeala Lap12 on poikkeava, sillä määrämittaharsitun metsikön läpimittajakauma, muistuttaa enemmän kaksijaksoista kuin eri-ikäisrakenteisen metsikön jakaumaa. Metsiköstä puuttuvat välipuut lähes kokonaan. Puut ovat keskimäärin isompia kuin muiden koealojen puut, myös tilavuus on suurin. Pieniä puita on vähän, mutta vakiintuneita taimia on eniten kaikista koealoista. Koealan voisi sanoa onnistuneen parhaiten, sillä koealalla on suurin tuottavuus ja eniten kasvatuskelpoisia taimia. Vaikka tilavuuskasvu on suurin, läpimitan kasvu on huonoin. Koska pohjapinta-ala koostuu lähinnä hakkuukypsistä puista, seuraava määrämittaharsinta voisi viedä pohjapinta-alan lakirajan alle, jolloin tulisi uudistamisvelvoite. Vakiintuneita taimia oli 1238 kpl/ha, vaihtuvia taimia 431 kpl/ha ja sirkkataimia 13 kpl/ha.

Koealalla Vep3 oli järeintä puustoa valtaläpimitan mukaan. Myös pohjapinta-ala on suurin ja se on kasvanut eniten vajaassa 30 vuodessa. Läpimitan kasvureaktio on ollut myös nopein. Tilavuus on ollut toiseksi suurin hakkuun jälkeen ja se on kasvanut myös toiseksi eniten. Koeala on uudistunut todella huonosti. Vakiintuneita taimia on 563 kpl/ha, eikä juurikaan muuta. Syynä huonoon uudistumiseen voi olla korkea pohjapinta-ala ja tilavuus, jonka on todettu tutkimuksissa heikentävän uudistumista. Seuraava määrämittaharsinta voisi avata puustoa sen verran, että uudistuminen paranisi, mutta tästä ei ole mitään takuita.

Koealalla Jal9 on eniten puita runkoluvun mukaan, mutta puusto on myös pienintä. Hakkuun jälkeinen tilavuus on ollut pieni ja kasvu on ollut huonoa. Tässä metsikössä uudistuminen on ollut hyvää, mutta pientä puustoa on niin paljon, että vähintään kevyt taimikonhoito voisi olla paikallaan, jotta turvataan parhaimpien puiden hyvä kasvu. Koealalla on paljon pihlajaa ja siksi paljon hirvituhoja.

Koealalla Kau1 on ollut määrämittaharsinnassa suurin poistuma ja hakkuuta edeltänyt tilavuus. Metsikkö on kasvanut ja uudistunut vähän keskiarvoa paremmin, vaikka hakkuun jälkeinen pohjapinta-ala on ollut vain 8 m². Puusto on koealalla keskivertoa järeämpää ja pohjapinta-alan kasvu on ollut keskivertoa nopeampaa. Kasvureaktio on ollut parhaimmillaan 10 vuoden kuluttua hakkuusta.

Koealat Lap6 ja Lap7 ovat uudistuneet ja kasvaneet keskivertoa huonommin. Molemmissa koealoissa on pieni tilavuus ja pieniä puita on paljon. Hakkuun jälkeinen pohjapinta-ala ja viimeisimmän mittauksen pohjapinta-ala ovat pienimmät kaikista koealoista. Lap7:lla on huonoin tilavuuskasvu, mutta kasvureaktion on ollut pitkä. Myös Lap6:lla on kasvu on korkealla vielä 20 vuoden jälkeen hakkuusta.

8.2 Puuston määrä ja rakenne

Koealojen puuston määrä selvitettiin tutkimalla tilavuutta, pohjapinta-alaa ja runkolukua. Koealojen puuston määrää tutkittiin, jotta tiedetään, onko puustoa tarpeeksi hyvään tuotokseen. Puuntuotokseen vaikuttaa myös puuston rakenne. Puuston rakennetta tutkittiin selvittämällä puulajisuhteet, runkolukujakauma, tilajärjestys ja iän suhde läpimittaan.

Yksi hävittävän harsinnan määritelmän osa oli, että jäävän puuston määrään ei kiinnitetä huomiota, joten vaikka kasvu olisikin hyvä harvassa metsässä, metsä ei tuota määrällisesti paljon puuta, kun puustopääoma on pieni. Tuloksista käy ilmi, että puustoa on lähes kolmenkymmenen vuoden jälkeen edellisestä hakkuusta keskimäärin pohjapinta-alalla mitattuna 25 m²/ha ja tilavuudella mitattuna 223 m³/ha. Kun tiedetään, että eri-ikäismetsää tulisi kasvattaa harvana, Valkosen (Erika-kokeiden ja MOTTI-ohjelman) mukaan alle 160 m³/ha tai alle 110m³/ha riippuen toivotusta korkotasosta, koealat ovat jo ylitteittä. Poimintahakkuissa hakkuukertymätavoite on 70-90 m³/ha 15 vuoden välein. Kasvua on tullut vajaassa 30 vuodessa 134 m³/ha, mikä ylittää lähes poimintahakkuiden kahden 15 vuoden jakson hakkuukertymätavoiteeseen (140-180m³/ha).

Hakkuun jälkeisestä pohjapinta-alasta määrää laki: kasvatettavaa puustoa on oltava 10 m²/ha. Osa määrämittaharsituista koealoista oli alle rajan, mutta keskimääräisesti pohjapinta oli rajan tuntumassa 10,9 m²/ha. Erika-kokeiden keskimääräinen pohjapinta-ala oli selvästi yli lakirajan ollen 17 m²/ha. Keskimääräinen hakkuun jälkeinen tilavuus oli 89m³/ha. Mitään optimaalista hakkuunjälkeistä tilavuutta ei ole määritetty, mutta viitteitä pienempäänkin tilavuuteen löytyy.

Jotta määrämittaharsinnalla olisi mitään mahdollisuuksia olla toimivaa ja kannattavaa, tulisi metsikön olla eri-ikäisrakenteinen. Määrämittaharsittujen koealojen eri-ikäisrakenteisuudesta kertoo kokojakauma, joka muistuttaa eri-ikäisrakenteisen metsän j-käyrää. Läpimittajakauma vastaa myös iän jakautumista koon mukaan, joten puusto on aidosti eri-ikäistä. Koealakohtaisia eroja oli ja yksi koealoista muistutti lähes kaksijaksoista metsää.

Tasainen tilajakauma on vaikea luoda eri-ikäisrakenteiseen metsään, eikä sitä edes välttämättä tavoitella. Määrämittaharsitun metsän tilajakauma on sattumanvarainen, joten isojen puiden poiston jälkeen voi jäädä isojakin aukkoja. Vaikka koealoilla oli isoimpien kuusien välillä suuriakin välejä, useimmiten lehtipuusto oli vallannut tilan. Suuria aukkoja ei siis ollut, mutta läheskään kaikkilla lehtipuuvaltaisella alueilla ei ollut kasvatuskelpoisia puita, vaan usein pihlaja oli vallannut alueen. Tällaisella aukkoisuudella voi olla vaikutusta metsikön tuotokseen.

Koealoilla ei ollut menestynyt pelkkä kuusi, vaan myös lehtipuustoa oli, joillakin jopa haitaksi asti. Tosin lehtipuusto oli suurimmaksi osaksi pihlajaa ja muuta rahallisesti arvotonta. Rauduskoivua ei ollut paljoa, keskimäärin n. 6 prosenttia. Nämä koealat eivät olleet siis ainakaan vielä täysin kuusettuneet, kuten usein eri-ikäisrakenteisten metsien sanotaan tekevän. Osaltaan tähän on varmasti vaikuttanut sattumanvarainen tilajärjestys, jolloin on muodostunut suuriakin aukkoja, joihin on päässyt kasvamaan lehtipuustoa. Tämä aukkoisuus näkyy selvästi tilajärjestyskartoissa.

8.3 Puuston kasvu

Määrämittaharsinnan jälkeinen pohjapinta-ala vaihteli paljon, 6,9-17,7 m²/ha, mutta keskiarvo oli hyvin lähellä lakirajaa, 10,9m²/ha. Pohjapinta-alat olivat kasvaneet määrämittaharsinnan jälkeen keskimäärin 0,5 m²/ha/v. Keskimäärin 28 vuoden jälkeen pohjapinta-alat oli kasvanut määrämittaharsintametsiköissä 25,1 m²/ha:iin. Erika-koealoilla oli kaksi hakkuuta. Hakkuiden jälkeiset pohjapinta-alat olivat keskimäärin 17 m². Ensimmäisen hakkuun jälkeen metsät kasvoivat n. 10 vuotta, jonka jälkeen pohjapinta-ala oli 22 m²/ha. Toisen hakkuun, vuonna 1996, jälkeen koealat kasvoivat 15 vuoden ajan, jonka jälkeen pohjapinta-alat olivat keskimäärin 25 m²/ha. Vuodessa pohjapinta-alankasvut olivat noin 0,5 m²/ha, mikä on sama kuin määrämittaharsinnassa. Isona erona on kuitenkin hakkuiden määrä: määrämittaharsinnoissa oli vain yksi hakkuu, mikä tarkoittaa yhtä kasvureaktiota, kun taas Erika-koealoilla tulee kaksi kasvureaktiota.

Puuntuotos oli ERIKA-kokeissa 5,9 m³/ha/v ja määrämittaharsinnoissa 4,9 m³/ha/v. Motti-ohjelmalla laskettuna määrämittakoealoja vastaaville tasaikäisinä kasvatetuille istutuskuusikoille saatiin keskimääräiseksi tuotoksi 7,4 m³/ha/v, kun kiertoaika oli 63 vuotta (laikkumätästys, uudistusalueen raivaus, istutus 1800 kpl/ha, eloonjäanti 90 %, varhaisperkaus, taimikon harvennus, 2 harvennushakkuuta).

Puuston kasvureaktiota hakkuuseen tutkittiin metsikkö- ja puutasolla. Molemmissa tarkasteluissa on nähtävissä kasvun kiihtymistä hakkuun jälkeen. Kasvu on kiihtynyt kaikissa läpimittaluokissa. Pienempien puiden kasvu hiipuu hitaammin kuin isoimpien puiden. Tähän on osittain syynä se geometrinen fakta, että puun läpimitan kasvu hidastuu luonnostaan sen paksuuden kasvaessa, vaikka pohjapinta-alan kasvu pysyy ennallaan. Voidaan kuitenkin sanoa, että pienimmät puut hyötyvät enemmän hakkuusta, pienempien puiden läpimitan kasvu on parinkymmenen vuoden päästä hakkuusta samalla tasolla isojen puiden kanssa, tilavuuskasvu on tietysti isommilla puilla suurempi. Hakkuussa jäänyt puusto on ollut niin hyvässä kunnossa, että se on pystynyt hyödyntämään avautuneen tilan hakkuun jälkeen, toisin sanoen ne ovat olleet toipumiskykyisiä.

8.4 Puuston uudistuminen

Vakiintuneita kasvatettavien puulajien taimia koealoilla oli keskimäärin 724 kpl/ha. Erika-koealoilla oli kuusen vakiintuneita taimia 3000-4500 kpl/ha. Parilla määrämittaharsintakoealalla päästiin vähän yli tuhanteen taimeen hehtaarilla, mutta sekin on huomattavasti vähemmän kuin Erika-koealoilla. Mahdollisia syitä tähän on: siemenpuiden vähyys ja kunto, suuren tilavuuden heikentämä taimettuminen ja taimettumisolosuhteet. Näin huonolla uudistumisella ei eri-ikäisrakennetta välttämättä pystytä säilyttämään. Nopea harventaminen voisi vielä pelastaa tilanteen, jos taimettuminen paranisi hakkuun jälkeen. Myös muutaman isomman puun jättäminen koealoille olisi hyväksi siementen turvaamiseksi.

Eri-ikäisrakenteisessa metsässä taimet kasvavat hitaasti. Vajaassa 30 vuodessa hakkuun jälkeen syntyneet taimet eivät ole vielä todennäköisesti edes kasvaneet ainespuuksi. Taimien ikiä ei mitattu, joten määrämittaharsinnan vaikutuksia on vaikea määrittellä.

8.5 Puuston terveydentila

Puuston terveydentila vaikuttaa puuston kehitykseen: kasvuun, uudistumiseen ja toipumiskykyyn. Kasvatettavaa puustoa eli mäntyä, kuusta ja koivuja tarkastellessa näkee, että terveitä tai vauriosta toipuvaa puustoa on 73%. Vaurioita jättäviä tuhoja on 21% eli näissä puissa on jokin todennäköisesti laatuun vaikuttava vaurio. Kuolleita tai kuolevia on 6%. Suurin syy näihin vaurioihin on kilpailu, joka on aiheuttanut neulaskatoa.

8.6 Luotettavuus

Koealojen välisen suuren vaihtelun vuoksi tilastolliset keskitunnukset koko aineistolle ovat vain suuntaa antavia arvioita. Lisäksi koealoja oli vain kuusi, joista yksi poikkesi jopa eri-ikäisrakenteisuudesta. Vaikka tulokset eivät ole tilastollisesti merkittäviä, niitä voidaan käyttää muiden eri-ikäisrakenteisen metsän tutkimusten tulosten vertailuun. Parhaiten tulokset toimivat esimerkkeinä ja tulevien tutkimusten suunnanantajana.

9 POHDINTA

Metsämme kasvaa tällä hetkellä enemmän puuta kuin pitkään aikaan, eikä pelkoa metsien loppumisesta ole. Monella metsänomistajalla on kuitenkin toiveena kasvattaa metsiään ilman avohakkuita ja suurin osa metsää omistamattomista kansalaisista toivoo samaa. Tutkimukset eri-ikäisrakenteisen metsän kasvattamisesta on vielä kesken, eikä hyvän uudistumisen, puuntuotoksen ja kannattavuuden mahdollistavaa ihanteellista puuston rakennetta ole vielä lopullisesti selvitetty. Perusteita j-käyrän tai sigmoidimallin mukaiselle runkolukujakaumalle ei ole sen enempää kuin että pienempiä puita täytyy olla reservissä, jotta niillä voidaan korvata poimintahakkuissa poistetut puut. Näin eri-ikäisrakenne säilyy jatkossakin. Uudistuminen on siis kriittinen tekijä eri-ikäisrakenteen säilymiselle, kun taas hyvään tuotokseen metsässä täytyy olla tarpeeksi puustopääomaa. Tämän lisäksi puuston täytyy olla elinvoimaista, jotta se voi toipua hakkuiden tuomasta muutoksesta.

Vaikka tutkituissa määrämittametsiköissä oli kulunut hakkuusta jo kolmekymmentä vuotta ja osa metsiköistä oli jo hyvin tiheitä, uusia taimia oli syntynyt tai ainakin osa vanhoista taimista oli vielä hengissä. Taimilla kestää eri-ikäisrakenteisessa metsässä keskimäärin 60 vuotta saavuttaa 1,3 metrin pituus, joten suuri osa taimista on todennäköisesti syntynyt ennen määrämittaharsintaa. Koska taimien ikää ei laskettu, on mahdoton sanoa, mikä oli määrämittaharsinnan vaikutus taimettumiseen. Se on selvää, että uudistuminen määrämittaharsintakoealoilla oli paljon huonompaa kuin Erika-koealoilla, joten eri-ikäisrakenteisuuden ylläpitäminen määrämittaharsinnassa jää vielä arvailujen varaan ja tarvittaisiin pidempiaikainen koealojen seuranta. Koealoissa oli kuitenkin se ero, että Erika-koealat on hakattu kahdesti, eikä tilavuus ole päässyt niissä niin korkeaksi kuin määrämittakoealoilla. Kuitenkin vakiintuneita taimia oli määrämittaharsintakoealoilla keskimäärin tarpeeksi korvaamaan 1-3 hakkuuta riippuen kuolleisuudesta ja hakkuumäärästä. Osalla koealoista oli myös sirkkataimia, joten taimettuminen ei ainakaan ole totaalaisesti loppunut ja uusi hakkuu voisi vielä parantaa uudistumista.

Tilavuuskasvu eli keskituotos oli määrämittakoealoissa noin $1 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$ pienempi kuin Erika-kokeiden metsiköissä, mutta mittausjakso oli hyvin erilainen kokeiden kesken. Määrämitta-aloilla kasvu alkoi hiipumaan jo kymmenen vuoden jälkeen hakkuusta. Erika-kokeiden kasvu oli todennäköisesti mittausjakson alussa korkeimmillaan, koska

ensimmäisestä hakkuusta oli kulunut vajaa kymmenen vuotta. Toinen hakkuu tapahtui hyvään kasvuun, joten seuraavakin kasvujakso oli kokonaisuudessaan hyvällä tasolla. Erika-koealat olivat kuitenkin hakkuun jälkeen huomattavasti tiheämpiä kuin määrämittakoealat. Pohjapinta-alan kasvu oli molemmissa kokeissa saman suuruinen, mikä viittaa siihen, että Erika-kokeissa suurempi osa kasvusta on mennyt pituuden kasvuun ja määrämitta-kokeissa puut järeytyvät nopeammin.

Tuotosta tutkimalla saamme vain yleiskatsauksen metsikön kehityksestä. Tutkimalla läpimitan kasvuja lustoista, saadaan selville eri läpimittaluokkien, jotka vastaavat lähes puiden kilpailuasemaa, kasvureaktioita. Kasvureaktioiden voimakkuus kertoo puiden toipumiskyvystä. Useat tutkijat ovat epäilleet suomalaisten puulajien sopeutumista vallittuun asemaan. Tarkastelemalla määrämittakoealojen puiden kasvureaktioita pystyy sanomaan, että kaikki läpimittaluokat olivat olleet toipumiskykyisiä. Puut pystyivät sopeutumaan yllättäen muuttuviin olosuhteisiin. Muutos on erityisen raju määrämittaharsinnassa, kun isoimmat puut hakataan pois. Tutkituilla koealoilla hakkuuta edeltänyt tilavuus sekä poistuma olivat suuria, joten jäljelle jäänyt vähäinen puumäärä koki rajun muutoksen olosuhteissa.

Jatkon kannalta olisi arvokasta, että koealat hakattaisiin mahdollisimman pian. Nyt koealojen historia tunnetaan kolmeltakymmeneltä vuodelta ja käytettävissä on uudet mittaustiedot. Suosittelen jatkamaan koetta tekemällä uuden määrämittaharsinnan ja mittaamaan esimerkiksi viiden vuoden välein hakkuun vaikutusta. Jatkossa olisi paremmat mahdollisuudet tarkastella uudistumista ja kasvua. Jatkotutkimuksissa voidaan myös seurata puuston terveydentilaa, sillä lähtökohta on tiedossa.

Eri-ikäisrakenteisessa metsässä voi olla erilaisia metsikkörakenteita, eikä välttämättä aina päästä tavoitellulle j-käyrälle tai sigmoidille. Ei edes ole tutkimuksia, jotka sanoisivat, että juuri j-käyrä tai sigmoidi olisi paras malli kasvattaa eri-ikäismetsää. Tarvitaan lisää tutkimuksia, kuinka poikkeavat metsikkörakenteet vaikuttavat metsikön kehitykseen, kuinka eri-ikäisrakenteinen metsä uudistuu ja kasvaa. Erityisen tärkeää olisi löytää tasapaino puuston tiheyden, rakenteen ja puulajisuhteiden välille, jotta puusto uudistuisi eri-ikäisrakenteen säilyttävästi samalla kun puuntuotanto olisi kannattavaa. Tiedetään jo, että puusto täytyy hakata harvaksi, jotta uudistuminen säilyy hyvänä.

Tämä tutkimus pystyy tuomaan näkökulmaa kysymykseen, kuinka paljon eri-ikäisluokasta voi hakata vaarantamatta puuntuotantoa. Määrämittaharsitut koealat kasvoivat vain kuution huonommin kuin Erika-koealat, vaikka pohjapinta-ala hakkuun jälkeen oli 6 m² vähemmän. Kuinka hyvin määrämitta-alat olisikaan kasvanut, jos käsittelyssä olisi otettu huomioon metsänhoidolliset asiat tai tehty seuraava hakkuu ajallaan? Kuinka paljon parempi Erika- koealojen kasvu olisi ollut, jos hakkuu olisi ollut voimakkaampi tai kohdistunut enemmän isoihin puihin? Esimerkiksi yhdellä määrämittakoealalla (Kau1) tuotos oli kuution keskiarvoa parempi eli saman verran kuin Erika-koealoilla, vaikka pohjapinta-ala oli hakkuun jälkeen vain 8 m², mikä on selvästi alle lakirajan (10 m²). Hakkuuta edeltänyt tilavuus ja poistuma olivat kaikista koealoista suurimmat, mutta rajusta muutoksesta huolimatta, koealalle jääneet puut pystyivät toipumaan hyvin.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella on mahdollista sanoa sen verran, että voimakkaan hakkuun eri-ikäisrakenteisessa metsässä ei vielä pilaa tai hävitä metsää, mutta lisää tutkimuksia kaivataan, kun selvitetään suositeltavaa hakkuuvoimakkuutta. Eri-ikäiset metsät ovat rakenteeltaan vaihtelevia ja pysyvän rakenteen ylläpitäminen on vaikeaa, mutta eri-ikäismetsän tuhoaminenkin poimintahakkuilla on vaikeaa, kun metsikön rakenne on aidosti eri-ikäinen.

LÄHTEET

- Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E. K., Laitakari, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. Julkilausuma. Metsätaloudellinen Aikakauslehti. 11/1948
- Axelsson, R. & Angelstam, P. 2011. Uneven-aged forest management in boreal Sweden: local forestry stakeholders' perceptions of different sustainability dimensions. *Forestry*, Vol. 84, No. 5, 2011.
- Eerikäinen, K., Valkonen, S., Saksa, T. 2014. Ingrowth, survival and height growth of small trees in uneven-aged *Picea abies* stands in southern Finland. *Forest Ecosystems* 2014 1:5
- Heikinheimo, O. 1924. Suomen metsät. Suomen metsien metsänhoidollinen tila. Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja 9 (4). 12 s.
- Heinonen, J. 1994. Koalojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504
- Hänninen, H., Karppinen, H. & Leppänen, J. 2011. Suomalainen metsänomistaja 2010. Metlan työraportteja
- Ilvessalo, Y. 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. Helsinki. 54 s.
- Kumela, H. & Hänninen, H. 2011. Metsänomistajien näkemykset metsänkäsittelymenetelmien monipuolistamisesta. Metlan työraportteja
- Kuuluvainen, T., Jäppinen, J-P., Kivimaa, T., Rassi, P., Salpakivi-Salomaa, P.&Siitonen, J. 2004. Ihmisen vaikutus metsiin. Teoksessa: Kuuluvainen, T.,Saaristo, L., Keto-Tokoi, P., Kostamo, J., Kuuluvainen, J., Kuusinen, M., Ollikainen, M.& Salpakivi-Salomaa, P.(toim). Metsän kätköissä-Suomen metsäluonnon monimuotoisuus, s.113-125. Esita Publishing Oy. Helsinki
- Laiho, O., Pukkala, T., &Lähde, E. 2014. Height increment of understorey Norway spruces under different tree canopies. *Forest Ecosystems* 2014, 1:4
- Lappalainen, S. 2014. Kansikuva. Suonenjoki
- Leikola, M. 1987. Metsien hoidon aatehistoriaa. *Silva Fennica* 21(4):332-341
- Lundqvist, L. & Nilson, K. 2007. Regeneration dynamics in an uneven-aged virgin Norway spruce forest in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 22:304-309
- Luonnonvarakeskus. Motti-ohjelmisto. Päivitetty 5.2.2015.
<http://www.metla.fi/metinfo/motti/>

- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991 The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* Volume 6, Issue 1-4
- Lähde, E., Laiho, O. & Lin, J. 2009. Silvicultural alternatives in an uneven-sized forest dominated by *Picea abies*. *The Japanese Forest Society and Springer*. 2010 15:14-20
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. and Saksa, T. 1991 The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scand. J. For. Res.* 6, 527–537.
- Metla. 1987. Metsikkökokeiden maastotyöohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 257. Helsinki. Metla
- Metsälaki 1093/1996. 2015. FINLEX. Oikeusministeriö.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>
- Pukkala, T., Lähde, E. and Laiho, O. 2009 Growth and yield models for uneven-sized forest stands in Finland. *For. Ecol. Manage.* 258, 207–216.
- Rämö, J. 2013. Optimal harvesting of uneven-aged single- and mixed- species forest stands in Fennoscandia. Pro-gradu tutkielma
- Saksa, T. 2004. Regeneration process from seed crop to saplings – a case study in uneven-aged Norway spruce-dominated stands in southern Finland. *Silva Fennica* 38(4):371–381.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuiden harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. *Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja* 33
- Sarvas, R. 1948. Harsinnan ajatus kitkettävä ammattikunnastamme. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti*. 11/1948
- Siipilehto, J & Siitonen, J. 2004. Degree of previous cutting in explaining the differences in diameter distributions between mature managed and natural Norway spruce forests. *Silva Fennica* 38(4): 425-435.
- Lähde, E., Laiho, O. & Lin, J. 2009. Silvicultural alternatives in an uneven-sized forest dominated by *Picea abies*
- Sterba, H. 2004. Equilibrium curves and growth models to deal with forests in transition to uneven-aged structure –application in two sample stands. *Silva Fennica* 38(4):413-423
- Suomen säädöskokoelma. 2013. Valtionneuvoston asetus metsien kestävästä hoidosta ja käytöstä. Helsinki. Oikeusministeriö.
- Surakka, H., Sirén, M., Heikkinen, J. & Valkonen, S. 2011. Damage to saplings in mechanized selection cutting in uneven-aged Norway spruce stands, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 26:3, 232-244
- Tahvonen, O. 2011. Optimal structure and development of uneven-aged Norway spruce forests. *Can. J. For. Res.* 41, 2389–2402.

Tahvonen, O., Pukkala, T., Laiho, O., Lähde, E. & Niinimäki. 2010 Optimal Management of uneven-aged Norway spruce stands. *Forest Ecology and Management* 260(2010) 106-115

Tasanen, T. 2004. Läksi puut ylenemään -Metsien hoidon historia Suomessa keskiajalta metsäteollisuudenläpimurtoon 1870-luvulla. Vammala: Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 920

Valkonen, S., Siren, M. & Piri, T. 2010. Poiminta- ja pienaukkohakkuut –vaihtoehtoja avohakkuulle. Tampere: Metsäkustannus Oy

Valkonen, S. & Chen, Z. 2014 Metsäammattilaisten suhtautuminen metsän erirakenteiskasvatukseen. *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2014

Vuokila, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakkuissa. Helsinki: Acta Forestalia Fennica. Suomen metsätieteellinen seura.

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

Øyen, B.-H. & Nilsen, P. 2004. Growth and recruitment after mountain forest selective cutting in irregular spruce forest. A case study in Northern Norway. *Silva Fennica* 38(4):383-392.