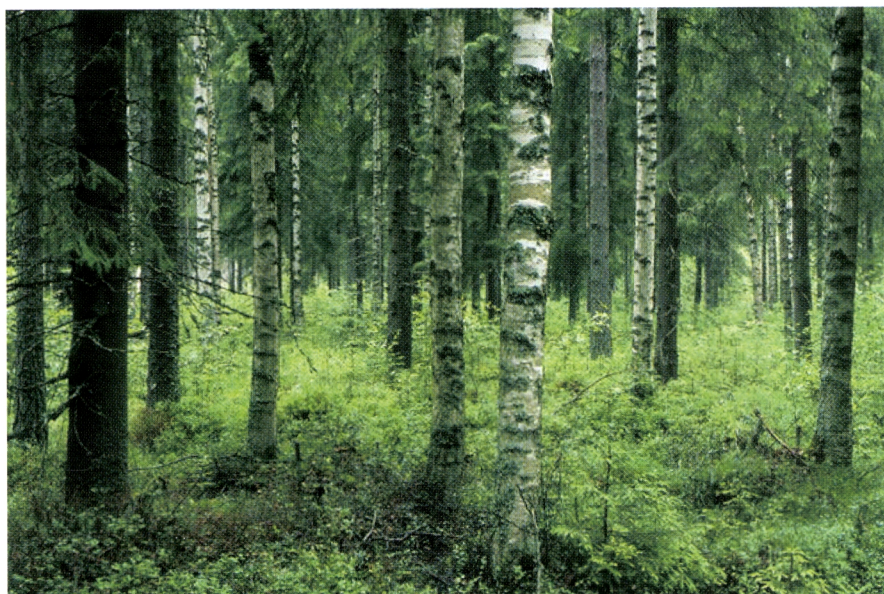


Koivua Suomesta – koivuvarojen kehitysnäkymät

Jari Hynynen, Kari Härkönen, Risto Lilleberg,
Kari Mielikäinen, Jaakko Repola ja Jouni Siipilehto



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 840, 2002

Koivua Suomesta – koivuvarojen kehitysnäkymät

Jari Hynynen, Kari Härkönen, Risto Lilleberg,
Kari Mielikäinen, Jaakko Repola ja Jouni Siipilehto

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS

Hynynen, J., Härkönen, K., Lilleberg, R., Mielikäinen, K., Repola, J. & Siipilehto, J. 2002. Koivua Suomesta – koivuvarojen kehitysnäkymät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 840. 53 s. ISBN 951-40-1820-6. ISSN 0358-4283.

Koivun käyttö puumassateollisuudessa on lisännyt koivun kysyntää merkittävästi viimeisen parinkymmenen vuoden aikana. Tämä ei ole kuitenkaan johtanut kotimaisen koivun hakkuiden lisääntymiseen, vaan kysynnän kasvu on kohdistunut lähes yksinomaan tuontipuuhun. Noin puolet teollisuuden käyttämästä koivusta on tuontipuuta.

Tutkimuksessa selvitettiin suuraluetason puuntuotantolaskelmien avulla, voidaanko sekametsiä suosimalla lisätä kotimaisen koivun käyttöä. Sen lisäksi selvitettiin, miten sekapuusto vaikuttaa metsänkasvatukseen ja puunkorjuun kannattavuuteen metsikkötasolla.

Kotimaisen koivun käytön lisäämisen mahdollisuudet ovat tällä hetkellä varsin rajalliset. Sekametsien kasvatusta suosimalla koivun vuotuista hakkuumäärää on mahdollista lisätä enintään 15 %:lla nykyisestä vähentämättä oleellisesti metsätalouden nettotuloja. Koivun suosiminen metsänhoidossa vähentää vastaavasti havupuuston tuotosta. Tuotostappiosta 2/3 lankeaa männyn ja 1/3 kuusen osalle. Nykyisillä hintasuhteilla koivun merkittävä suosiminen havupuiden kustannuksella ei ole taloudellisesti kannattavaa. Koivun tuonti tulee olemaan jatkossakin välttämätöntä nykyisillä koivun käyttömäärillä.

Rauduskoivun kasvattaminen sekapuuna kuusikossa on metsänomistajalle kannattavaa sekä yksi- että kaksijaksoisissa metsiköissä. Hieskoivun kasvattaminen kuusikossa ei sen sijaan ole taloudellisesti kannattavaa. Männikössä runsas koivusekoitus heikentää metsikön tuotosta ja nettotuloja. Koivusekoitus havupuuvaltaisessa metsikössä lisää lievästi myös puunkorjuun kustannuksia

Avainsanat: sekametsä, hakkuumahdollisuusarvio, kasvu- ja tuotos, korjuukustannukset
Julkaisija: Metla, Vantaan tutkimuskeskus. Hyväksynyt ylijohtaja Eljas Pohtila 25.3.2002.
Kansikuvat: Hannu Kalaja, Erkki Oksanen (Metla).
Painopaikka ja vuosi: Hakapaino Oy, 2002.
Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, kirjasto, PL 18, FIN-01301 Vantaa, puh. 09-857 051, faksi 09-8570 5582, sähköposti kirjasto@metla.fi
Kirjoittajien yhteystiedot: *Hynynen, J.* (jari.hynynen@metla.fi), *Siipilehto, J.* (jouni.siipilehto@metla.fi), *Repola, J.* (jaakko.repola@metla.fi).
Helsingin toimipaikka, Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki: *Härkönen, K.* (kari.harkonen@metla.fi), *Mielikäinen, K.* (kari.mielikainen@metla.fi).
Metsäliitto, hankintaosasto, PL 10, 02020 Metsä: *Lilleberg, R.*, (risto.lilleberg@metsaliitto.fi).

Sisällys

Sisällys	3
1 Johdanto	5
2 Suomen koivuvarat ja käyttö.....	7
2.1 Koivuvarojen tähänastinen kehitys.....	7
2.2 Koivuvarojen alueellinen esiintyminen	8
2.3 Koivu teollisuuden raaka-aineena	10
2.3.1 Käytön historiaa.....	10
2.3.2 Koivun ominaisuudet teollisuuden raaka-aineena	12
2.3.3 Koivun tuonti	13
2.3.4 Koivun käytön tulevaisuus.....	15
3 Koivuvarojen kehitysnäkymät	17
3.1 Tutkimusaineistot ja -menetelmät	17
3.1.1 VMI-aineiston käyttö suuraluetason laskelmissa.....	17
3.1.2 Metsälaskelma MELA	18
3.1.3 Metsien käsittely ja kasvatusohjelmat	19
3.1.4 Vaihtoehtoiset hakkuulaskelmat	21
3.2 Metsien kehitysnäkymät ja hakkuumahdollisuudet vuosina 1996–2036	22
3.3 Koivuvarojen kehitysnäkymät ja hakkuumahdollisuudet.....	25
4 Sekametsän kasvatusvaihtoehdot	28
4.1 Laskelmien tavoite ja menetelmät	28
4.2 Tasaikäisen sekametsän kasvatus	29
4.2.1 Mänty-rauduskoivu	29
4.2.2 Tasaikäinen kuusi-koivusekametsä.....	32
4.3 Kaksijaksoisen sekametsän kasvatus.....	35
4.3.1 Kuusi-rauduskoivu.....	35
4.3.2 Kuusi-hieskoivu	40
5 Puunkorjuun kustannukset sekametsissä.....	44
5.1 Sekametsien puunkorjuun ajanmenekki, tuotos- ja kustannusperusteet.....	44
5.2 Koivun vaikutus puunkorjuun kustannuksiin	46
6 Päätelmät	49
6.1 Laskelmia koskevat varaukset.....	49
6.2 Alueelliset laskelmat	49
6.3 Päätelmät metsikkötason laskelmista	51
6.4 Puunkorjuun kustannukset sekametsissä.....	52
Yhteenveto	52

1 Johdanto

Järeä, hyvälaatuinen koivu on vaneriteollisuuden kysytty raaka-aine, jonka riittävyys on ollut jatkuva ongelma vuosikymmenien ajan. Pienikokoista koivua käytettiin kotien pääasiallisena lämmönlähteenä vielä viime sotien jälkeen. Halpa ja ”vähätöinen” öljy syrjäytti koivuhalon 1950-luvulla. Nopeasti romahtanut kysyntä teki pienestä ja heikkolaatuisesta koivusta joksikin aikaa puulajin, josta pyrittiin eroon kaatamalla sitä maahan taimikonhoidossa, joskus myös varttuneemmassa metsässä.

Lehtipuiden käyttö sellun raaka-aineena muutti pian tilanteen. Viimeiset neljä vuosikymmentä koivun käyttö kemiallisessa metsäteollisuudessa on jatkuvasti lisääntynyt. Vuodesta 1980 lähtien kiihtyvästi kasvanut käyttö perustuu huomattavalta osin Venäjältä ja Baltian maista tuotuun koivuun. Koivun tuonnin yhteydessä maahan tulee myös mäntyä ja kuusta, joista etenkin mäntykuitupuun tuontia metsänomistajat katsovat karsaasti. Koivun tuonnista onkin ajoittain käyty vilkasta keskustelua ja ihmetelty sitä, etteikö tuontikoivua voitaisi korvata kotimaisella koivulla.

Kotimaisen koivun määrän lisääntymiselle on hyvät edellytykset. Koivun istutusala on lisääntynyt tasaisesti 1980-luvun puolivälistä saakka. Nykyisin koivua istutetaan vuosittain noin 10 000–15 000 hehtaaria. Koivu ilmestyy päätehakkuun jälkeen myös helposti täydentävänä puulajina alueille, joilla kiennäismaan pintaa on paljastettu. Nykyisen metsänhoidon keskeisenä tavoitteena on puuntuotannon ohella turvata metsien ekologinen kestävyys ja ylläpitää niissä luonnon monimuotoisuutta. Lehtipuiden kasvattamista sekapuuna havupuuvaltaisissa metsissä pidetään yhtenä keskeisimmistä keinoista näiden tavoitteiden saavuttamiseen.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää sekametsien mahdollisuuksia kotimaisen koivun saatavuuden parantamisessa. Tutkimuksessa tarkastellaan toisaalta koivua suosivan metsänkasvatuksen vaikutuksia suuraluetasolla metsävarojen ja hakkuukertymien kehitykseen, ja toisaalta sen metsänhoidollisia, puuntuotannollisia ja taloudellisia vaikutuksia metsikkötasolla.

Suuraluetasolla tavoitteena on arvioida koivuvarojen kehittymistä soveltaen vaihtoehtoisia puuntuotanto-ohjelmia. Laskelmien avulla selvitetään millaisia vaikutuksia sekametsien suosimisella on metsävarojen kehitykseen ja kotimaisen koivun saatavuuteen. Vastauksia etsitään siihen, miten paljon nykyistä enemmän koivua on mahdollista kasvattaa sekametsissä, ja mitkä vaikutukset sillä on koivun ja havupuiden hakkuumääriin ja metsävarojen kehitykseen tulevien vuosikymmenien aikana.

Yksittäisten metsiköiden osalta tarkastellaan yleisimpiä tapauksia, joissa koivua kasvatetaan sekapuuna. Tavoitteena on selvittää, mitä vaihtelevan suuruinen koivusekoitus vaikuttaa metsikön tuotokseen, hakkuutuloihin ja metsikön kasvatuksen kannattavuuteen. Sekametsän kasvatusta tarkastellaan myös

korjuuteknisenä ongelmana metsikkötasolla selvittämällä vaihtelevan koi-
vuosuuden vaikutuksia koneellisen korjuun ajanmenekkiin ja korjuukustan-
nuksiin.

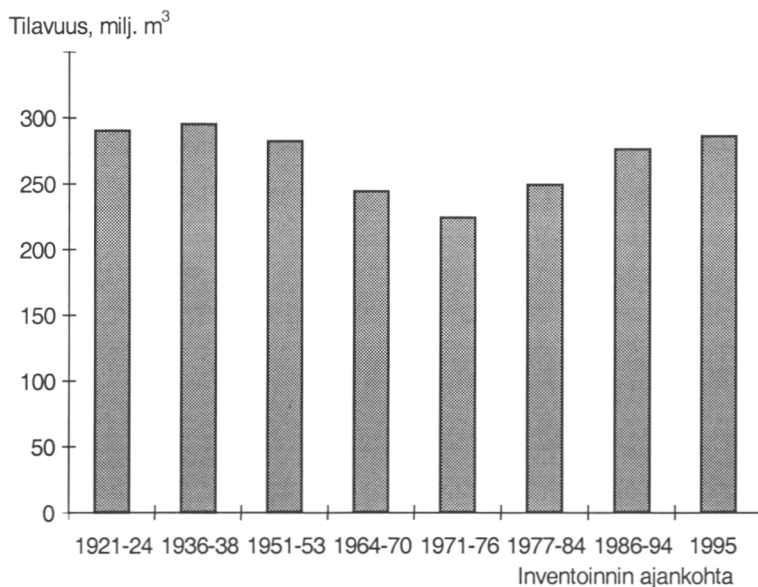
Tutkimus toteutettiin Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsäteho Oy:n yhteistutkimuksena. Esi-
tämme parhaat kiitokset Maa- ja metsätalousministeriölle, jonka myöntämä yhteistutkimusra-
hoitus mahdollisti osaltaan yhteishankkeen toteuttamisen. Tutkimushankkeen toteutusta
edesauttoi merkittävästi ohjausryhmä, johon kuuluivat Fred Kalland (UPM-Kymmene Metsä),
Jukka Pekkarinen (Stora Enso Oyj), Janne Soimasuo (Metsämannut Oy) ja Hanna Soinne
(Metsähallitus). Esitämme parhaat kiitoksemme ohjausryhmän jäsenille aktiivisesta ja rakenta-
vasta yhteistyöstä. Tutkimusaineiston keruuseen, aineiston käsittelyyn ja julkaisun laadintaan
osallistuivat Tapio Huttunen, Hannele Saloseutu ja Sointu Nenola. Julkaisun viimeistelystä ja
taitosta vastasi Marja-Liisa Herno. Haluamme esittää heille parhaat kiitoksemme tehdystä työstä.

2 Suomen koivuvarat ja käyttö

2.1 Koivuvarojen tähänastinen kehitys

Pioneeripuulajeista koivu on tullut Suomeen ensimmäisinä puulajeina jääkauden jälkeen. Ilmaston viiletessä boreaalikaudella (6800–5000 eKr.) ja Litorina-ajan (5000–1000 eKr.) loppupuolella mänty ja kuusi valtasivat alaa ja aiemmin yleisten lehtometsien ja jalojen lehtipuiden osuudet vähenivät. Ajanlaskumme alkuajoina koivua todennäköisesti esiintyi Suomessa etenkin sekapuuna kangasmetsissä ja puhtaina metsiköinä kulojen vastikään polttamilla alueilla⁸.

Kaskiviljelyn ansiosta lehtipuiden määrä lisääntyi. Kuusi kärsi eniten sekä itse kaskeamisesta että siitä levinneistä metsäpaloista. Kaskikulttuurin vaikutuksesta metsät olivat vähäpuustoisia. Rakennuspuusta oli pulaa, ja kylää ympäröi harmaaleppävyöhyke. Vasta kauemmaksi asutuksesta kasvoi maan laadusta riippuen mänty- tai koivuvaltaista metsää. Kaskenpolto yleistyi Suomessa aina 1800-luvun puoliväliin asti kunnes peltoviljely syrjäytti kaskeamisen. Myös puun arvo alkoi vähitellen nousta teollisuuden raaka-aineena. Savossa ja Karjalassa kaskeaminen jatkui vielä 1900-luvun alkupuolelle⁸.

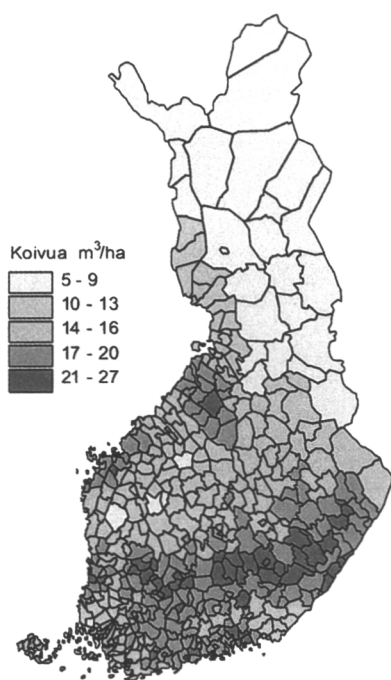


Kuva 1. Koivuvarojen kehitys Suomessa vuosina 1921–1995 (metsä- ja kitumaa).

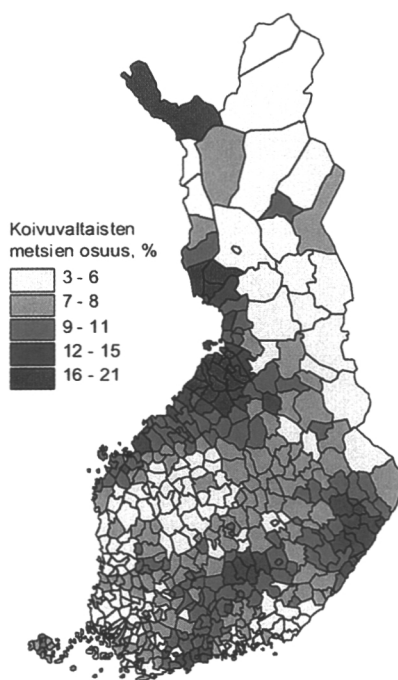
Valtakunnan metsien inventointien mukaan koivuvarat ovat vaihdelleet soti- en jälkeen 224–282 milj. kuutiometrin välillä (kuva 2). Havupuita suosivan metsänhoidon aikana koivun määrä väheni 1950-luvun alusta 70-luvun alku- puolelle 58 milj. m³ eli reilut 20 %. Tämän jälkeen koivuvarat ovat lisäänty- neet 1950-luvun tasolle. Tulevaisuuden näkymät koivuvarojen runsastumiselle ovat hyvät sekä kasvun että nykyisten metsänhoitosuosituksen ansiosta. VMI8:n päivitysinventoinnin (v. 1995) mukaan koivun vuotuinen kasvu on 13 milj. m³, mikä on 30 % enemmän kuin 1960- ja 1970-lukujen taitteessa ^{2,5}.

2.2 Koivuvarojen alueellinen esiintyminen

Koivun määrä vaihtelee Etelä-Suomen kunnissa 5–27 m³/ha (kuva 3). Run- saimmin koivua on Etelä-Savossa ja Pohjois-Karjalassa. Koivun osuus puuston tilavuudesta on suurin Pohjois-Pohjanmaalla, jossa se vaihtelee 16–35 pro- senttiin. Etelä-Suomessa koivun osuus on pääsääntöisesti 12–15 % ^{12,5}.



Kuva 2. Koivun määrä kunnittain (VMI8).



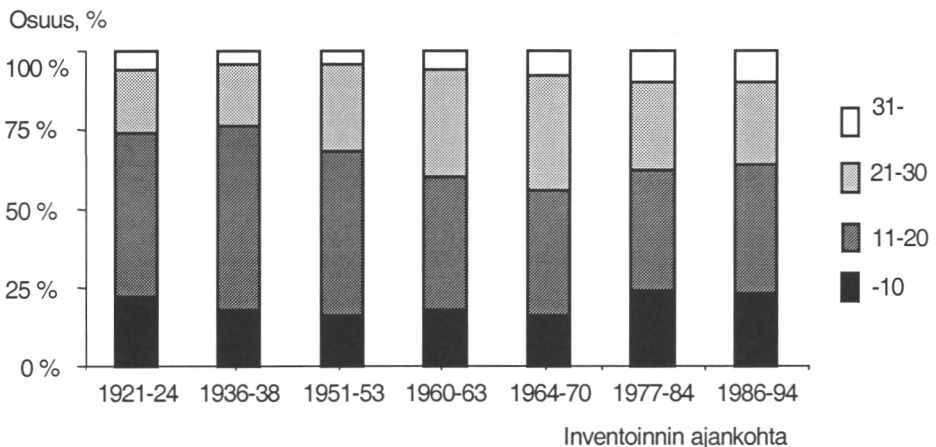
Kuva 3. Koivuvaltaisten metsien osuus kunnittain (VMI8).

Valtaosa koivusta kasvaa sekametsissä. Koivuvaltaisissa metsissä eli metsissä, joissa koivun osuus tilavuudesta on yli 50 %, kasvaa vajaa puolet koivuvarioistamme. Koivuvaltaisten metsien osuus kunnittain vaihtelee 3–21 prosenttiin (kuva 3). Eniten koivuvaltaisia metsiä on Pohjois-Pohjanmaalla, Etelä-Savossa ja Pohjois-Karjalassa (yli 10 % metsämaasta), ja vähiten (3–6 % metsämaasta) Lounais-Suomessa, Pirkanmaalla, Keski-Suomessa ja Kymessä. Hieskoivuvaltaiset metsät keskittyvät turvemaille^{5, 10, 12}.

Hieskoivua on Etelä-Suomessa kaksi ja Pohjois-Suomessa kymmenen kertaa niin paljon kuin rauduskoivua. Rauduskoivua on runsaammin ainoastaan maamme etelä- ja lounaisrannikolla. Järvi-Suomen alueella rauduskoivun osuus koivun tilavuudesta on 40–50 %. Päijänteen ja Saimaan alueet ovat myös tärkeitä koivutukkialueita^{1, 5, 10, 12}.

Järeän, läpimitaltaan yli 30 cm, koivun määrä on kaksinkertaistunut 1950-luvun alkuun verrattuna (kuva 4). Rinnankorkeusläpimitaltaan 21–29 cm:n koivun määrä on puolestaan vähentynyt varsinkin Etelä-Suomessa. Pienikokoisen, alle 21 cm:n koivun määrässä ei ole tapahtunut juurikaan muutoksia 1960-luvun jälkeen^{1, 5, 10}.

Järeästä koivusta suurin osa on rauduskoivua. Rauduskoivuvaroista 38 milj. m³ on tukkipuukokoista puustoa ja 13 milj. m³ pienempää ja kuitupuukokoista puustoa. Hieskoivupuusto painottuu pieniin läpimittaluokkiin. Hieskoivulla tukkipuukokoisen puuston osuus on 30 %. Hies on enemmistönä koivutukkivaroista vain Pohjanmaan rannikkoalueilla ja Satakunnassa, missä koivutukkaa on muutenkin vähän. Hieksen ja rauduksen osuus koivutukeista on suunnilleen yhtä suuri Keski-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla^{1, 5, 10}.



Kuva 4. Koivun määrä läpimittaluokittain (cm) metsämaalla Etelä-Suomessa.

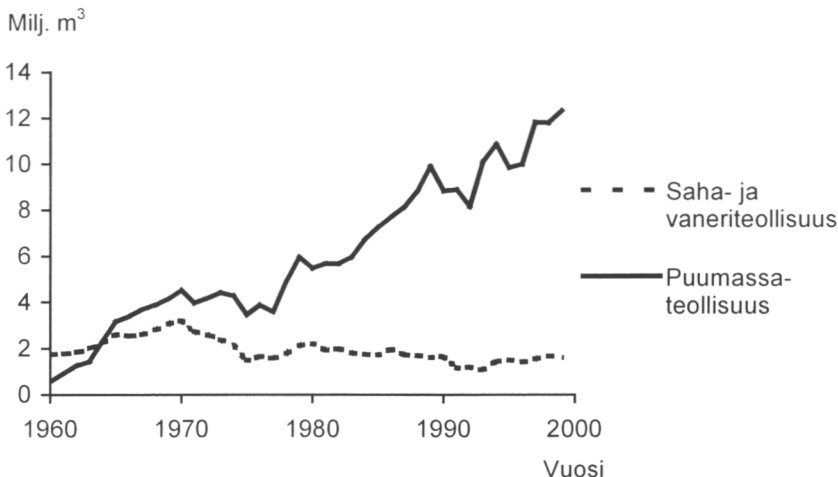
2.3 Koivu teollisuuden raaka-aineena

2.3.1 Käytön historiaa

Koivun teollisen käytön aloittivat sahateollisuus 1850-luvulla ja lankarulla-teollisuus 1870-luvulla. Rullatehtaita ei ole enää toiminnassa. Koivun sahausmäärät ovat pysyneet tasaisina muutamia poikkeusvuosia lukuun ottamatta. Vuotuinen koivuraaka-aineen kulutus on ollut viime vuosina 0,2 milj. kuutiometriä. Parhaimpina vuosina koivun sahaus on ollut 0,6 milj. kuutiometriä 1960-luvun puolivälissä. Koivun osuus tukkien kokonaiskäytöstä oli (1993) teollisuussahoilla 0,5 % ja piensahoilla 8 %. Koivusahatavarasta suurin osa on peräisin muutamilta keskisuurilta ja monilta piensahoilta. Suurin osa koivusahatavarasta käytetään huonekalu- ja parkettiteollisuudessa ^{5, 9, 13, 15}.

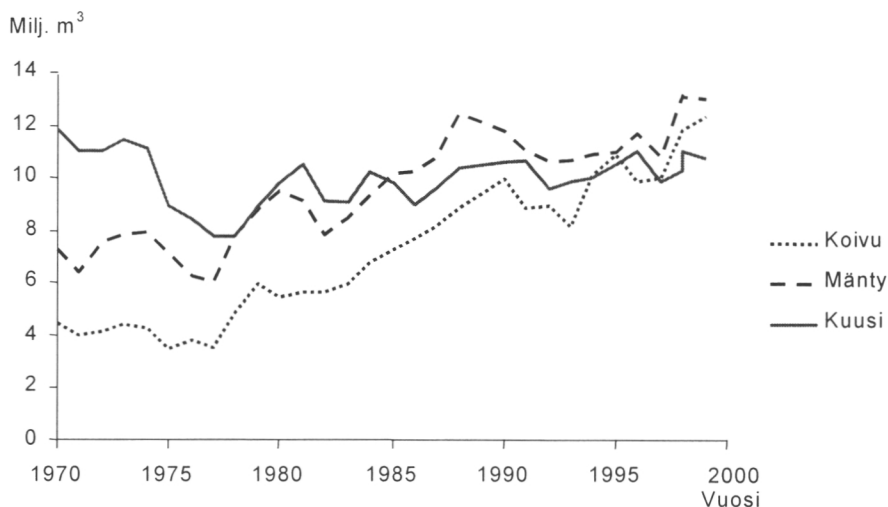
Vaneriteollisuuden syntyminen lisäsi merkittävästi koivun teollista käyttöä. Vaneriteollisuus ohitti sahateollisuuden koivun käyttäjänä vuonna 1918. 1960-luvulla vanerikoivun käyttö oli suurimmillaan noin 2 milj. m³ vuodessa (kuva 5). Tämän jälkeen raaka-aineen niukkuus ja kansainvälisen kilpailun kiristyminen ajoivat alan kriisiin, josta se selviytyi tuotekehittelyllä.

Erikoistuminen ja kuusen käyttö vanerin valmistuksessa ovat parantaneet vaneriteollisuuden kilpailukykyä. Vaneriteollisuus on panostanut myös tuotteidensa standardointiin, laadunvalvontaan ja tekniseen asiakaspalveluun. Koivuvanerin valmistajana Suomella on johtava asema maailmassa. Koivun käyttö vaneriteollisuudessa on ollut 90-luvulla noin 1–1,5 milj. m³ vuodessa (kuva 5) ^{5, 13, 15}.

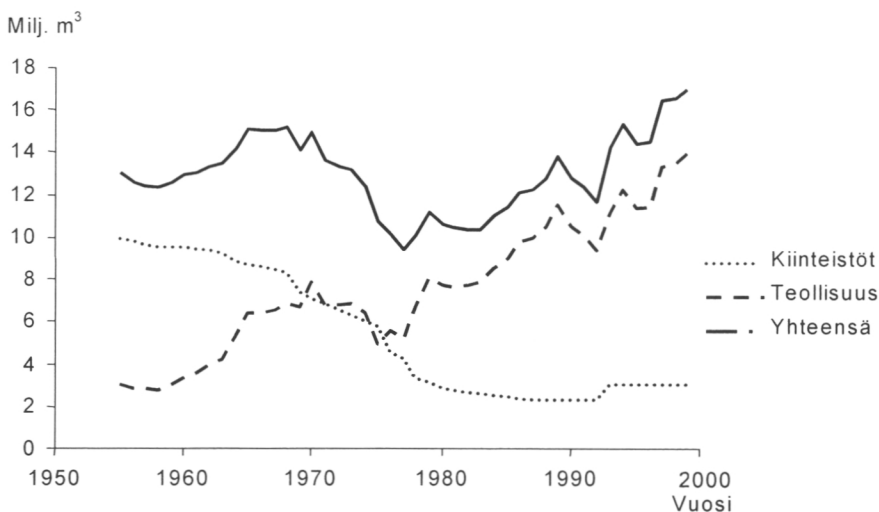


Kuva 5. Koivun käyttö saha- ja vaneriteollisuudessa sekä puumassateollisuudessa vuosina 1960–1999 (ml. vähäinen määrä muuta lehtipuuta).

Koivun käyttö selluteollisuudessa aloitettiin 1950-luvulla. Käyttö kasvoi tasaisesti saavuttaen 4 milj. kuutiometrin tason 1970-luvun alussa (kuva 5). Taito käyttää koivua merkittäviä määriä hienopaperin valmistuksessa on lisännyt koivukuitupuun kysyntää tasaisesti 1970-luvun lopulta lähtien. Viime vuosina koivun käyttö selluteollisuudessa on ollut yli 10 milj. m³. Koivukuitupuun käyttö on kohonnut samalle tasolle kuusi- ja mäntykuitupuun määrän kanssa (kuva 6)^{5, 15}.



Kuva 6. Eri puulajien käyttömäärät puumassateollisuudessa vuosina 1970–1999. (Koivukuitupuun sisältää vähäisen määrän muuta lehtipuuta.)



Kuva 7. Koivuraakapuun käyttö kotitalouksissa (polttopuu) ja teollisuudessa vuosina 1955–99 (ml. vähäinen määrä muuta lehtipuuta).

Koivun käyttö polttopuuna alkoi vähentyä 1950-luvulla, mikä johti harvennuskoivun menekkivaikeuksiin (kuva 7). 1960-luvun puoliväliin saakka koivua ja muita lehtipuita käytettiin polttopuuna noin 9 milj. m³/v. Käyttömäärät ovat olleet 1980-luvulta lähtien 2–3 milj. m³ vuodessa^{5, 15}.

2.3.2 Koivun ominaisuudet teollisuuden raaka-aineena

Koivun luontaiset edut sekä kemiallisen että mekaanisen metsäteollisuuden raaka-aineena liittyvät puuaineen tasalaatuisuuteen. Kevät- ja kesäpuun raja on vähittäinen ja tiheuserot ovat pienet. Koivun sydänpuu ei myöskään erotu väriltään pintapuusta. Koivu on kuivana lujaa ja sitä on helppo työstää ja pintakäsittää. Liima-, naula ja ruuviliitokset ovat pitäviä. Puuaineen kuivausta helpottaa kohtalaisen pieni kutistuminen ja paisuminen. Kuivaus on kuitenkin tehtävä hitaasti, jotta vältyttäisiin halkeilulta ja kieroutumisilta^{14, 15}.

Koivua käytetään paperinvalmistuksessa sekä sellaisenaan että yhdessä havusellujen kanssa. Pitkät havukuidut antavat paperille lujuutta, jota tarvitaan niin paperi- kuin painokoneella. Koivun ohuet ja lyhyehköt kuidut tuovat paperiin tiivyyttä, läpinäkymättömyyttä ja hyvät painatusominaisuudet. Koivusellulla ei ole kuitenkaan mitään ainutlaatuisia ominaisuuksia verrattuna moniin muihin kaupallisiin lyhytkuituselluihin, joista pahimpia kilpailijoita ovat eukalyptus ja akasia. Koivusellulla on paremmat lujuusominaisuudet ja suurempi tiheys, mutta alhaisempi valonsirontakyky kuin muilla lyhytkuituselluilla^{4, 7, 15}.

Koivu ei ole ulkoisilta ominaisuuksiltaan erityisen hyvää raaka-ainetta mekaaniselle metsäteollisuudelle. Järeydeltään koivut eivät yleensä ole männyn ja kuusen veroisia. Rungon tekniset viat (mutkaisuus, lenkous, haaraisuus, soikeus, laho) vähentävät tukkiosuutta etenkin hieskoivulla. Myös koneellinen hakkuu on aiheuttanut tyvitukkiin huolestuttavan paljon pintavaurioita sekä kaatohalkeamia ja repeämiä. Tämän vuoksi koivurungot kaadetaan vieläkin usein manuaalisesti^{13, 15}.

Koivu on altis laholle sekä elävänä puuna että puutavarana. Hieskoivua pidetään pystypuuna herkemmin lahoavana kuin rauduskoivua. Metsä- ja tehdasvarastoissa koivupuutavara on altis väri-, laho- ja hyönteisvioille. Runkolaan viittaavia tekijöitä ovat mm. yli-ikäisyys, vesasyntyisyys, kasvaminen paksuturpeisella suolla, myyrätuhot, pintahalkeamat ja korot sekä lahot. Ruskotäpläkärpäsen toukkien käytävät rungon tyviosassa aiheuttavat puun arvoa alentavia täpliä. Mm. lahoalttiutensa takia koivu ei sovellu rakennusmateriaalina ulkokäyttöön^{13, 15}.

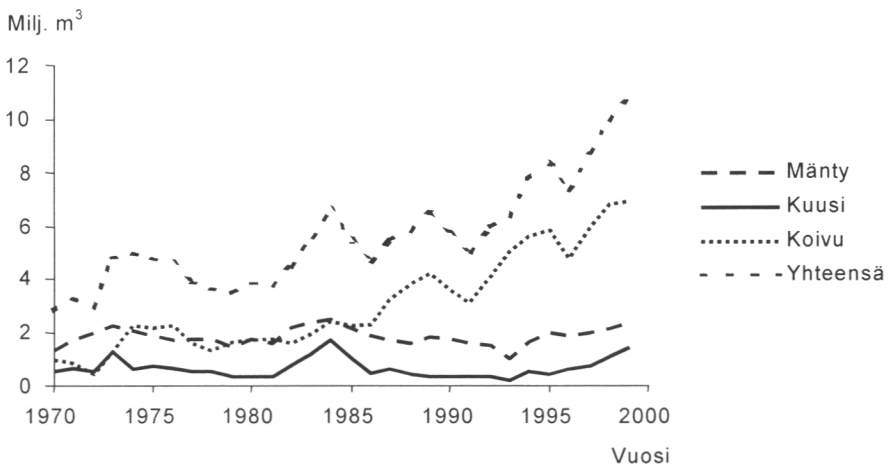
2.3.3 Koivun tuonti

Koivua tuodaan, koska sitä ei saada Suomesta riittävästi. Koivuraakapuun tuonti on kasvanut 1960-luvulta lähtien ja se ylitti 2 milj. m³:n rajan 70-luvulla. 80-luvulla tuonti kohosi parhaimmillaan yli 4 milj. kuutiometriin (kuva 8). Koivun tuontimäärät ovat edelleen kasvaneet. Koivun osuus tuontipuusta on ollut 60–80 prosenttia 90-luvulla. Koivun tuonti ylitti männyn tuonnin 1980-luvun puolenvälin jälkeen. Männyn ja kuusen tuontimäärät ovat pysyneet tasisina 70-luvulta lähtien. Mäntyä on tuotu 1–2 milj. m³ vuodessa ja kuusta alle 1 milj. kuutiometriä^{5, 15}.

Koivukuitupuun käytön lisääntyminen 80-luvun puolenvälin jälkeen ei ole lisännyt kotimaisen koivun käyttöä, vaan se on kohdistunut tuontipuuhun (kuva 9). Koivun tuonnista valtaosa eli 95 % on ollut kuitupuuta. Puumassateollisuuden käyttämästä koivusta tuontipuun osuus on ollut 90-luvulla noin puolet. Koivutukkia on tuotu vuosittain vain 0,05–0,15 milj. m³, mutta määrät ovat nousussa. Sen osuus puutavarateollisuudessa on ollut 10 %:n luokkaa^{5, 15}.

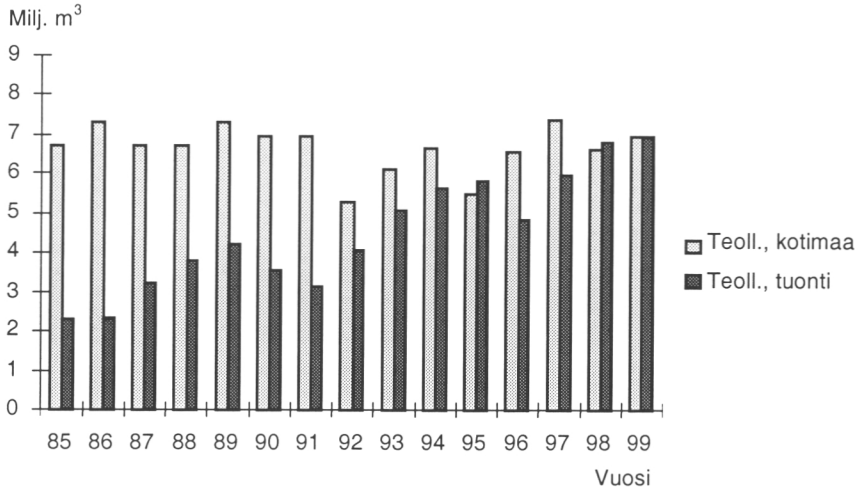
Tuontikoivun käyttö on keskittynyt pääosin Kaakkois-Suomeen. Kymen ja Pohjois-Karjalan metsäkeskusten alueella käytetystä koivukuitupuusta reilut 70 % on ollut tuontipuuta (taulukko 1). Lapissa noin kolmasosa käytetystä koivukuitupuusta on ollut tuontipuuta. Muualla Suomessa tuontikoivun käyttö on vähäistä⁵.

Koivukuitupuun näkymien odotetaan säilyvän puun riittävyyden puolesta hyvinä myös jatkossa. Venäläisen koivukuitupuun hakkuumahdollisuuksien arvioidaan olevan kymmeniä miljoonia kuutiometrejä vuodessa. Kyseisen puun jalostamiseen Venäjällä ei ole toistaiseksi teollisuutta.



Kuva 8. Raakapuun tuonnin kehitys puulajeittain vuosina 1970–1999. (Koivun tuontimäärä sisältää vähäisen määrän muuta lehtipuuta.)

Tuonnin kasvattamista nykyisestä rajoittavat Venäjän puutteellinen tieverkosto, epäselvyydet suojelualueiden rajaamisesta sekä vaatimukset tuontipuun alkuperän merkinnästä.



Kuva 9. Koivun teollinen käyttö Suomessa vuosina 1985–1999 (ml. vähäinen määrä muuta lehtipuuta).

Taulukko 1. Koivun kasvu ja teollinen käyttö metsäkeskuksittain (keskimäärin vuosina 1996–1999).

Metsäkeskus	Kasvu milj. m ³ /v	Käyttö, kotimaa milj. m ³ /v	Käyttö, tuonti milj. m ³ /v	Käyttö yht. milj. m ³ /v
Ahvenanmaa ¹	0,05	0,00	0,00	0,00
Rannikko ¹	0,75	1,53	0,39	1,92
Lounais-Suomi ¹	0,84	0,03	0,00	0,03
Häme-Uusimaa ²	0,89	0,62	0,25	0,89
Kymi ¹	0,64	0,85	2,88	3,73
Pirkanmaa ²	0,80	0,14	0,00	0,14
Etelä-Savo ¹	1,15	0,28	0,06	0,33
Etelä-Pohjanmaa ¹	0,94	0,01	0,00	0,01
Keski-Suomi ¹	1,01	1,16	0,18	1,34
Pohjois-Savo ¹	1,30	0,77	0,26	1,02
Pohjois-Karjala ²	0,87	0,37	1,40	1,76
Kainuu ¹	0,79	0,00	0,00	0,00
Pohjois-Pohjanmaa ²	1,51	0,34	0,21	0,57
Lappi ²	1,56	0,80	0,53	1,32
Yhteensä	13,10	6,90	6,16	13,06

¹ VMI9

² VMI8

2.3.4 Koivun käytön tulevaisuus

Suomen metsäteollisuuden menestyminen on riippuvainen maailmanmarkkinoiden kehityksestä. Noin 80 % metsäteollisuutemme viennistä suuntautuu Eurooppaan. Kotimaisella kysynnällä ei ole yhtä suurta merkitystä kuin useimmissa muissa metsäteollisuusmaissa. FAO:n arvion mukaan paino- ja kirjoituspaperin kysynnän vuotuinen kasvu on keskimäärin 3,2 % vuosina 2000–2010. Suomessa massa- ja paperiteollisuuden tuotannon odotetaan kasvavan noin 3 % vuodessa. Koivun käyttömäärät ovatkin nousseet paperinvalmistuksessa huomattavasti viime vuosikymmeninä. Suomen metsäteollisuudelle paino- ja kirjoituspaperien kysynnän kasvu on merkittävämpää kuin muiden paperituotteiden^{6, 11}.

Koivun tulevaisuutta selluteollisuuden raaka-aineena ei pidetä kovin hyvänä. Pahimpana kilpailijana pidetään eukalyptussellua, jonka tuotanto on kasvanut voimakkaasti 1980-luvun puolivälistä. Koivusellun hinta määräytyy kansainvälisen kaupan lyhytkuitusellujen hintojen mukaan. Eukalyptussellun osuus on kasvanut Länsi-Euroopassa jatkuvasti ja koivusellun asema puolestaan heikentynyt. Eukalyptuksen tuotanto perustuu pääasiallisesti nopeakasvuisiin viljelymetsiin^{3, 4, 7, 15}.

Paino- ja kirjoituspaperin tuottamisessa ei koivusellulle löydy käyttökohteita, joista sillä olisi kilpailuetua maailmalla. Lyhyillä kuiduilla tehdään paperiin tasaisuutta ja läpinäkyvyyttä. Nämä ominaisuudet koivulla ovat huomattavasti heikompia kuin eukalyptuksella ja akasialla. Koivulle olisi löydettävä lähivuosina käyttökohteita esimerkiksi pakkausteollisuudessa, jossa sen luontainen lujuus antaisi kilpailuetua muihin lyhytkuituisiin lehtipuuosuihin verrattuna. Vaikka koivukuidun tulevaisuutta ei pidetä hyvänä, ennustetaan sen käytön kasvavan seuraavan kymmenen vuoden aikana (v. 2010)^{4, 7, 11, 15}.

Kierrätyskuitujen lisääntyvä käyttö paperin valmistuksessa on vähentänyt kuitupuun osuutta paperin raaka-aineena teollisuusmaissa. Käyttö on kuitenkin rajoittunut lähinnä sanomalehti- ja aikakauslehtipaperin valmistukseen, joihin koivusellua ei käytetä. Suomessa keräyskuidun osuus on vielä vähäinen paperin ja kartongin valmistuksessa. Kierrätyskuituun perustuva metsäteollisuus on sijoittunut toistaiseksi Keski-Euroopan ”jätepaperivuorten” välittömään läheisyyteen⁶.

Suomen vaneriteollisuuden kilpailukyky pohjautuu jatkossakin koivuvaneriin ja toisaalta järeästä kuusesta valmistettuihin havuvaneriin. Viime vuosina vaneriteollisuuden tuotannon kasvu on perustunut kuusivaneriin, jonka kysyntä on kehittynyt myönteisesti Euroopassa. Pula järeästä ja hyvälaatuisesta vanerikoivusta ja kansainvälinen kilpailu ovat hillinneet koivuvanerintuotannon kasvattamista. Suomen puulevyteollisuuden viennistä suurin osa on vaneria, jonka kulutuksen arvioidaan kasvavan noin kahdella prosentilla vuodessa Länsi-Euroopassa. Koivuvanerin tuotannon säilymistä nykyisellä tasolla pidetään todennäköisenä. Myös koivun sahausmäärien odotetaan pysyvän nykyisellä tasolla^{6, 11, 15}.

Kirjallisuus

- ^{1.} Kuusela, K. & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–82 sekä koko Etelä-Suomessa 1977–82. *Folia Forestalia* 568. 79 s.
- ^{2.} —, Mattila, E. & Salminen, S. 1986. Metsävarat piirimetsälautakunnittain Pohjois-Suomessa 1982–84. *Folia Forestalia* 655. 86 s.
- ^{3.} Kärkkäinen, M. 1994. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa? *Silva Fennica* 18(1): 1–34.
- ^{4.} Levlin, J.-E. 1986. Koivu vai eukalyptus? *Paperi ja Puu – Papper och Trä* 11: 776–777.
- ^{5.} Metsätalostollinen vuosikirja 2000. Metsäntutkimuslaitos. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 2000: 14. 366 s. ISBN 951-40-1752-8.
- ^{6.} Pajuoja, H. 1998. Metsäteollisuustuotteiden kysyntä kasvaa edelleen. Teoksessa: *Vihreä valtakunta. Suomen metsäklusteri. Metsämiesten säätiö.* Kustannus Oy Otava. 351 s.
- ^{7.} Ranua, J. 1999. Haavan käyttö paperin raaka-aineena. Julkaisussa: Hynynen, J. & Viherä-Aarnio, A. *Haapa – monimuotoisuutta metsään ja metsätalouteen.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 725: 101–106.
- ^{8.} Raulo, J. 1981. *Koivukirja.* Gummerus kirjapaino Oy. 131 s.
- ^{9.} Ronkanen, A. J. 1968. Koivu ja sen teollinen käyttö 1900-luvulla. *Puumies* 6: 158–159.
- ^{10.} Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- ^{11.} Seppälä, H. 1993. Metsäteollisuus 2010. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 454. 56s.
- ^{12.} Tomppo, E., Katila, M., Moilanen, J., Mäkelä, H. & Peräsaari, J. 1998. Kunnittaiset metsävaratiedot 1990–94. *Metsätieteen aikakauskirja* 4b/1998. s. 619– 839.
- ^{13.} Verkasalo, E. 1997. Hieskoivun laatu vaneripuuna. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 632. 483+59 liites.
- ^{14.} — 1994. Koivu raaka-aineena. Julkaisussa: Hannelius, S. (toim.) *Uusia vaihtoehtoja metsänkasvatukseen.* Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 491: 24–36.
- ^{15.} — & Paukkonen, K. 1999. Koivun ominaisuudet ja käyttömahdollisuudet sahauksessa ja jatkojalostuksessa Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 751. 91s.

3 Koivuvarojen kehitysnäkymät

3.1 Tutkimusaineistot ja -menetelmät

3.1.1 VMI-aineiston käyttö suuraluetason laskelmissa

Tutkimusaineiston muodosti valtakunnan metsien 8 inventoinnin¹⁰ maastokoealoista (inventointi 1986–1992) tehty laskelma-aineisto^{7,11} Etelä-Suomen metsäkeskusten⁶ alueelta. Aineisto oli 1.1.1998 voimassa olevan metsäkeskusjaon mukainen ja kattaa metsäkeskukset 0–10. Aineisto saatiin valmiina ja sitä oli käytetty Nuutisen ym. (2000) turvemaiden puuntuotannollista merkitystä koskevissa laskelmissa⁷.

MELA-aineisto sisälsi VMI8:n metsä- ja kitu- ja joutomaan maastokoealat¹. Koeala oli ympyrä, jonka säde määräytyi relaskooppikoealan suurimman puun läpimitan perusteella^{1,14}. Jos koeala ei mahtunut kokonaan samalle metsikkökuviolle, se jaettiin osiin. Se koealakuvio, jolle koealan keskipiste osui, oli keskipistekuvio ja muut koealakuviot olivat sivukuvioita¹.

Laskelma-aineistossa koealoista muodostettiin laskentakuvioita, joihin yhdistettiin 2–5 kappaletta metsikkötiedoiltaan mahdollisimman homogeenista koealaa saman metsäkeskuksen alueelta^{1,7}. Tällä pyrittiin luomaan laskentayksiköitä, jotka kuvaavat yhtä relaskooppikoealaa paremmin metsikön sisäistä vaihtelua sekä parantamaan metsikkökuvioiden puuston määrän arvioinnin ja käsittelytarpeen päättelyn luotettavuutta^{1,7}.

MELA-ohjelmiston käsittelyvaihtoehtojen simuloinnissa toimenpiteiden toteutuskelpoisuus pääteltiin laskentakuvion kaikkien koealojen keskimääräisten tietojen perusteella ja toimenpiteet simuloitiin erikseen kullekin koealalle. Optimoinnissa käytävät päätösmuuttujat ja raportoitavat tulokset kerättiin vain alkuperäisiltä koealoilta¹.

Laskentakuviot oli jaettu puuntuotantoon kohdistuvien rajoitusten suhteen kolmeen käsittelyluokkaan:

1. ei puuntuotantoon kohdistuvia rajoituksia
2. puuntuotanto on rajoitetusti mahdollista, mutta ei kokonaan kielletty ja
3. kokonaan puuntuotannon ulkopuolelle jätettävät alueet⁷.

Metsämaa oli jaettu ensisijaisesti puuntuotannossa, rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin alueisiin. Kitu- ja joutomaat oli jaettu rajoitetussa puuntuotannossa ja puuntuotannon ulkopuolella oleviin alueisiin^{1,7} (taulukko 2).

Rajoitetussa puuntuotannossa olivat alueet, joilla metsätalouden harjoittamista oli rajoitettu esimerkiksi suojelun, maiseman tai virkistyskäytön takia.

Taulukko 2. Yhteenveto vuoteen 1996 ajantasaistetun laskenta-aineiston metsä-, kitu- ja joutomaan koealojen edustamista pinta-aloista ja tilavuuksista.

	Pinta-ala, 1000 ha	%	Tilavuus, milj m ³	%
Puuntuotanto, metsämaa	10515	87,7	1248	92,6
Rajoitettu puuntuotanto	1122	9,4	69	5,1
Muu kuin puuntuotanto	348	2,9	31	2,3
Yhteensä	11985	100,0	1348	100,0

Puuntuotannon ulkopuolella olivat mm. kansallis- ja luonnonpuistot, aarnialueet, soidensuojelualueet (mukaan lukien valtion mailla olevat kangasmaasaarekkeet) ja luonnonsuojelulain nojalla rauhoitetut alueet^{1,7}.

Inventoinnin aineisto oli kerätty vuosina 1986–1992 aikana. Aineisto oli ajantasaistettu vuoden 1996 alkuun, jolloin koko Etelä-Suomen alueen tulokset voitiin esittää tietyille vuosille tai kausille⁷.

Aineiston ajantasaistus käsitti metsiköiden käsittelyluokan sekä puu- ja puustotietojen päivityksen. Käsittelyluokkien ajantasaistus oli tehty Suomen ympäristökeskuksen¹² toimittaman suojelun alue ja ohjelmatiedon perusteella.

Puu- ja puustotietojen osalta aineisto oli laskennallisesti ajantasaistettu vuoden 1996 alkuun⁷. Ajantasaistus oli tehty MELA-ohjelmistolla käyttäen hyväksi hakkuiden ja metsänhoitotoimenpiteiden määristä tilastoitua tietoa (metsätilastot) sekä eteläisimmän Suomen osalta vuonna 1994 tehtyä metsävarojen päivitysinventointia¹³. Satelliittikuvia oli käytetty hyväksi paikallistettaessa niitä koaloja, jotka oli avohakattu tai joita ei ollut ollenkaan hakattu päivitysjakson aikana⁷.

3.1.2 Metsälaskelma MELA

MELA on Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetty metsätalouden suunnitteluun ja analyysiin tarkoitettu tietokoneohjelmisto, jota käytetään suuralueiden puuntuotantolaskelmiin sekä yritys- ja tilakohtaiseen metsäsuunnitteluun^{7,8,11}. Tässä tutkimuksessa käytettiin ohjelmiston MELA99-versiota¹¹, johon tehtiin luvussa 3.1.3 esitettyjen käsitteilyvaihtoehtojen simuloinnin mahdollistavat muutokset.

MELA koostuu kahdesta pääosasta:

1. *Metsikkösimulaattori*, jolla voidaan tuottaa vaihtoehtoisia käsittely-kehitysvaihtoehtoja laskenta-aineistona oleville metsiköille tai koaloille
2. *Optimointiohjelma*⁴, jonka avulla tarkasteltavalle alueelle tai sen osa-alueille voidaan laskea asetetut tavoitteet parhaiten toteuttava metsikkökohtaisten käsittelyvaihtoehtojen yhdistelmä eli tuotanto-ohjelma.

Metsikkösimulaattorissa laskentayksiköiden puustojen kehitystä simuloidaan puukohtaisilla metsien luonnonprosesseja (puiden kasvu, kuoleminen yms.) kuvaavilla malleilla². Tämä tekee mahdolliseksi tarkastella puiden ja niiden kasvun reagointia erilaisiin olosuhteisiin ja metsänkäsittelyihin⁸. Mallit liitettiin MELA-ohjelmistoon v. 1998. Uusien mallien periaatteet ja rakenne on kuvattu yksityiskohtaisemmin julkaisuissa Hynynen ja Ojansuu (1996). Laskelmissa malleilla ennustettu kasvun taso oli kalibroitu vastaamaan vuosien 1965–1994 keskimääräistä puiden läpimitan kasvun tasoa.

Simulaattori tuottaa käyttäjän antamien parametrien mukaisesti kullekin laskentayksikölle useita toteuttamiskelpoisia käsittely- kehitysvaihtoehtoja laskelmakauden ajalle. Vaihtoehdot poikkeavat toisistaan toimenpiteiden, esim. taimikonhoitojen, hakkuiden tai uudistamisen toteutustavan, voimakkuuden ja ajoituksen osalta. Yleensä aina yhdeksi vaihtoehdoksi simuloidaan metsikön luontainen kehitys ilman ihmisen toimenpiteitä⁸.

Simuloiduista vaihtoehdoista voidaan laskea satoja metsien tilaa, tuotosta ja tuotoksen arvoa kuvaavia muuttujia, joita voidaan käyttää optimointitehtävien määrittelyssä. Tyypillisesti simuloiduille vaihtoehdoille talletetaan tietoa puuston ja puiden tilasta eri ajankohtina sekä toimenpiteiden tuloksena syntyvistä materiaali- ja rahavirroista⁸.

Optimointi perustuu lineaariseen ohjelmointiin, jossa metsien käytölle ja kehitykselle asetetut tavoitteet muotoillaan tavoitefunktiksi ja rajoitteiksi^{4,11}. Optimoinnin tuloksena saadaan yhteenvetona koko alueen tuotanto-ohjelma ja haluttuun kokonais-tavoitteeseen johtavat käsittelyohjeet kaikille metsiköille.

Optimoinnin tuloksena saadaan tavoitteiden sekä mallien ja parametrien ja niillä tuotettujen vaihtoehtojen suhteen optimaalinen metsien käsittely. Metsäalueen metsien käsittely ja siitä seuraava puuston kasvu ovat laskennan tulos, optimoinnissa valitun tuotanto-ohjelman suhteen ehdollinen ennuste⁸.

3.1.3 Metsien käsittely ja kasvatusohjelmat

Metsien käsittelyvaihtoehtojen simulointi perustui Tapion metsänkäsittely-suositukseen⁵. Hakkuuvaihtoehtoina käytettiin pohjapinta-alaan perustuvia harvennuksia, suojuospuu- ja siemenpuuhakkuuta, avohakkuuta sekä ylispuiden poistoa.

Hakkuiden lisäksi sallittuja käsittelyjä olivat uudistusalan raivaus, maanpinnan käsittely, viljely sekä taimikonhoito¹. Simuloinneissa oletettiin, että metsänuudistustoimenpiteet toteutetaan hakkuun jälkeen viivyttämättä uudistusmenetelmästä riippumatta.

Rajoitetussa puuntuotannossa olevilla metsä- ja kitumailloilla sallittuja hakkuutapoja olivat harvennushakkuu ja luontaisen uudistamisen hakkuut. Puuntuotannon ulkopuolella oleville alueille (suojelualueille, lehdolle ja joutomaille) ei sallittu metsätaloustoimenpiteitä^{1,7}.

Taimikonhoidolle ja harvennushakkuille simuloitiin seuraavat vaihtoehtoiset toimenpiteet:

1. Koivua sekapuuna suosiva toimenpide. Taimikonhoidossa pyrittiin jättämään 45 %:n ja harvennushakkuissa 25 %:n koivusekoitus, jos pääpuulaji oli joku muu kuin koivu. Alkutilanteesta riippuen toimenpiteen jälkeinen koivuosuus vaihteli taimikonhoidossa 0–45 % ja harvennushakkuissa 0–25 %.
2. Puulajista riippumaton toimenpide. Jätettiin ohjeiden mukainen määrä puustoa poistamalla puita pienimmästä lähtien puulajista riippumatta.
3. Vallitsevaa puulajia suosiva toimenpide. Puita poistettiin vallitsevaa puulajia suosien ja muita puulajeja jätettiin vain siinä tapauksessa, että metsikkö muuten olisi jäänyt vajaapuustoiseksi.

Kaikille uudistusaloille jätettiin hakkuukertymästä säästöpuustoa viisi kuutiometriä hehtaarille¹. Säästöpuiden vaikutus näkyi laskelmissa ainoastaan menettynä hakkuukertymänä. Laskelmissa ei ole otettu huomioon pystyyn jätettyjen säästöpuiden mahdollista vaikutusta uuden puusukupolven kehitykseen.

Turvemaiden harvennushakkuiden yhteydessä kaikille rämeille ja heikohkojen kasvupaikkojen korville simuloitiin hakkuun kanssa samanaikaisesti kunnostusojitus. Hakkuun ja kunnostusojitusyhdistelmän lyhin sallittu toistumisväli oli 20 vuotta, kun se pelkillä hakkuilla oli 10 vuotta⁷.

Nettotulojen nykyarvon laskenta perustui tienvarsihintoihin. Nettotulot laskettiin vähentämällä tienvarsihintaista hakkuutuloista korjuun ja metsänhoidon kustannukset¹. Tienvarsihintoina käytettiin 1997–1998 toteutuneiden hankintahintojen keskiarvoja puutavara-lajeittain Etelä-Suomessa⁷ (taulukko 3).

Korjuukustannusten laskenta perustui korjuun ajanmenekkiarvioihin^{3,9} ja vastaaviin tuntikustannuksiin^{1,7} (taulukko 4). Kustannukset laskettiin aina halvimmaksi tulevan korjuuvaihtoehdon mukaisena. Metsänhoitokustannukset laskettiin vuosien 1988–1997 Etelä-Suomessa toteutuneiden keskimääräisten kustannusten perusteella⁷ (taulukko 5).

Taulukko 3. Vuosien 1988–1997 keskimääräiset hankintahinnat puutavara-lajeittain Etelä-Suomen alueella vuoden 1997 rahassa⁷.

	Mänty	Kuusi	Koivu
Tukki	270	226	271
Kuitu	167	191	170

Taulukko 4. Laskelmissa käytetyt korjuun yksikköhinnat⁷.

Työlaji	Yksikköhinta, mk/h
Metsäkuljetus	280
Hakkuu monitoimikoneella	420
Metsurihakkuu	120

Taulukko 5. Vuosien 1988–1997 toteutuneet keskimääräiset metsänhoitotöiden kustannukset Etelä-Suomen alueella vuoden 1997 hintatasolla⁷.

Työlaji	Kustannus	
	mk/ha	mk/taimi
Uudistusalan raivaus	385	
Maanmuokkaus	1090	
Männyn kylvö	985	
Heinäys	525	
Taimikon perkaus	950	
Kunnostusojitus	700	
Männyn istutus		0,50
Kuusen istutus		0,85
Koivun istutus		1,15
Männyn täydennysistutus		0,85
Kuusen täydennysistutus		0,95
Koivun täydennysistutus		1,50

3.1.4 Vaihtoehtoiset hakkuulaskelmat

Hakkuulaskelmat tehtiin 40 vuoden jaksolle (1996–2036). Tulokset esitetään 10-vuotisjaksoissa. Optimoinnilla haettiin seuraavia puuntuotantovaihtoehtoja ja niihin perustuvia metsien kehitysarvioita:

Ohjelma 1: 'Suurin kestävä'

Suurin kestävä hakkuukertymä kuvaa suurinta jatkuvasti hakattavissa olevaa hakkuiden tasoa ilman että hakkuita jouduttaisiin tulevaisuudessa vähentämään. Tämä laskettiin maksimoimalla neljän prosentin korkokannalla diskontattuja tulevaisuudessa saatavien nettotulojen nykyarvoa. Laskelmassa edellytettiin hakkuiden kokonaiskertymien ja nettotulojen olevan jatkuvasti tasaisia tai nousevia. Lisäksi puuston määrälle ja rakenteelle asetettiin rajoitteita joilla varmistettiin, että hakkuiden taso on mahdollista säilyttää myös laskelmakauden jälkeen. Optimoinnin lähtökohtana käytettiin kaikkia simuloituja käsittely- ja kehitysvaihtoehtoja. Ohjelma kuvasi tehokasta metsien käyttöä puuntuotannossa, jossa sekä yhden puulajin metsiköt että sekametsiköt olivat mahdollisia.

Ohjelma 2: 'Koivuohjelma'

Ohjelmassa pyritään löytämään suurin jatkuvasti hakattavissa oleva koivumäärä siten että muutoin ollaan mahdollisimman lähellä ohjelman 1 mukaista tehokasta puuntuotantoa. Ohjelmassa maksimoitiin ensimmäisen kauden koivun hakkuukertymää. Laskelmassa edellytettiin koivukertymien, hakkuiden kokonaiskertymien ja nettotulojen olevan tasaisia tai nousevia. Lisäksi edellytettiin, että neljän prosentin korkokannalla diskontattu tulevaisuudessa saatavien nettotulojen nykyarvo saa olla korkeintaan kolme prosenttia pienempi kuin ohjelmassa 1. Lisäksi puuston määrälle ja rakenteelle asetettiin rajoitteita joilla varmistettiin, että hakkuiden taso on mahdollista säilyttää myös laskelmakauden jälkeen. Käsittelykehitysvaihtoehdot ovat kuten ohjelmassa 1. Ohjelma kuvasi tehokasta metsien käyttöä puuntuotannossa, jossa samalla pyrittiin mahdollisimman suureen koivun tuotantoon sekametsiköissä.

Ohjelma 3: 'Toteutuneet hakkuut 1987–96'

Ohjelmassa maksimoitiin alkutuottoarvoa neljän prosentin korolla. Teollisuuden puuraaka-aineen kertymärajoitteina käytettiin männyn ja kuusen kokonaiskertymille sekä tukkikertymille ja lehtipuiden tukkikertymille vuosina 1987–1996 toteutunutta keskimääräistä tasoa. Kasvatus- ja kehitysvaihtoehdot ovat kuten ohjelmassa 1. Ohjelman avulla selvitetään metsien kehitystä tilanteessa, jossa puuta korjataan havupuiden ja tukkipuun osalta kymmenen menneen vuoden keskimääräiseen tahtiin lehtikuitupuun korjuumäärien vaihdellessa vapaasti.

3.2 Metsien kehitysnäkymät ja hakkuumahdollisuudet vuosina 1996–2036

Hakkuukertymä

Ohjelman 1 Etelä-Suomen alueelle laskettu hakkuukertymä oli 54 milj. m³ vuodessa ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella (1996–2006). Neljännen kauden arvio oli lähes 62 milj. m³ vuodessa (kuva 10). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella männyn osuus hakkuukertymästä oli 41 %, kuusen 42 % ja koivun 14 %. Neljännellä kaudella männyn osuus kertymästä lisääntyi kuusen ja varsinkin koivun kustannuksella.

Ohjelman 2 ('koivuohjelma') mukaan hakkuukertymä oli 55 milj. m³/v ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella (1996–2006). Neljännellä kaudella kertymä kohosi 10 %:lla (kuva 10). Ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella männyn osuus hakkuukertymästä oli 40 %, kuusen 42 % ja koivun 14 %. Ohjelmaan 1 verrattuna, koivun kertymän maksimointi johti hieman suurempaan kokonaisuus hakkuukertymään laskelmakauden alussa ja vastaavasti 1,5 milj. m³ pienempään kertymään kauden lopussa. Puulajeittain tarkasteltuna koivun kertymien maksimointi johti männyn hakkuiden vähenemiseen koko laskelmakauden aikana ja kuusen hakkuiden lisääntymiseen laskelmakauden alussa.

Ohjelman 3 hakkuukertymät vastaavat vuosina 1987–1996 keskimäärin toteutunutta tasoa, mikä merkitsi noin 37 milj. m³:n vuotuista hakkuukertymää koko laskentakauden ajalle. Männyn osuus tästä oli 36 %, kuusen 48 % ja koivun 13 %. Ohjelman 3 hakkuukertymä ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella oli lähes 45 prosenttia pienempi kuin ohjelmassa 1.

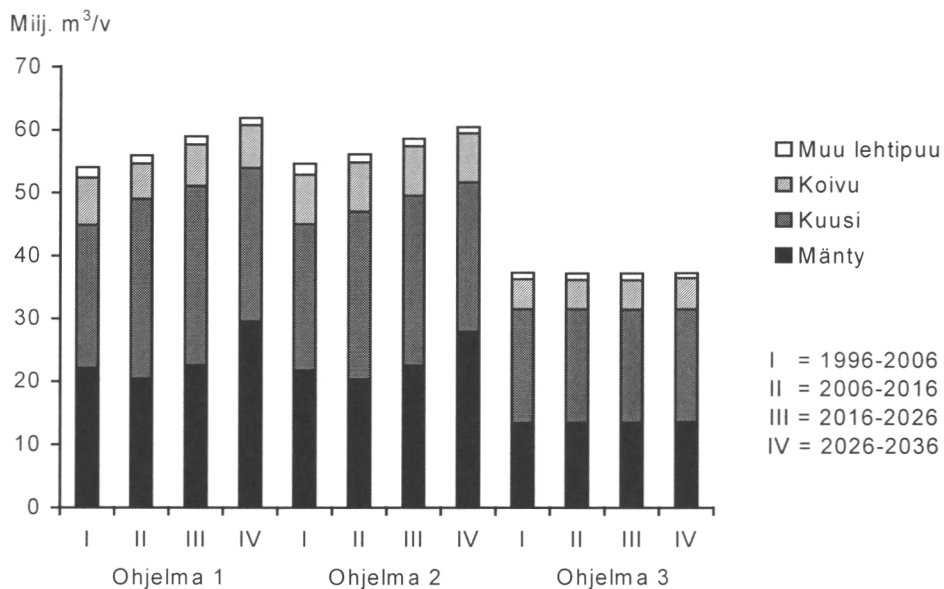
Puuston tilavuus

Kaikissa ohjelmissa puuston tilavuus oli kasvatusjakson alussa 1 350 milj. m³, josta mäntyä oli 40 %, kuusta 43 % ja koivua 13 %.

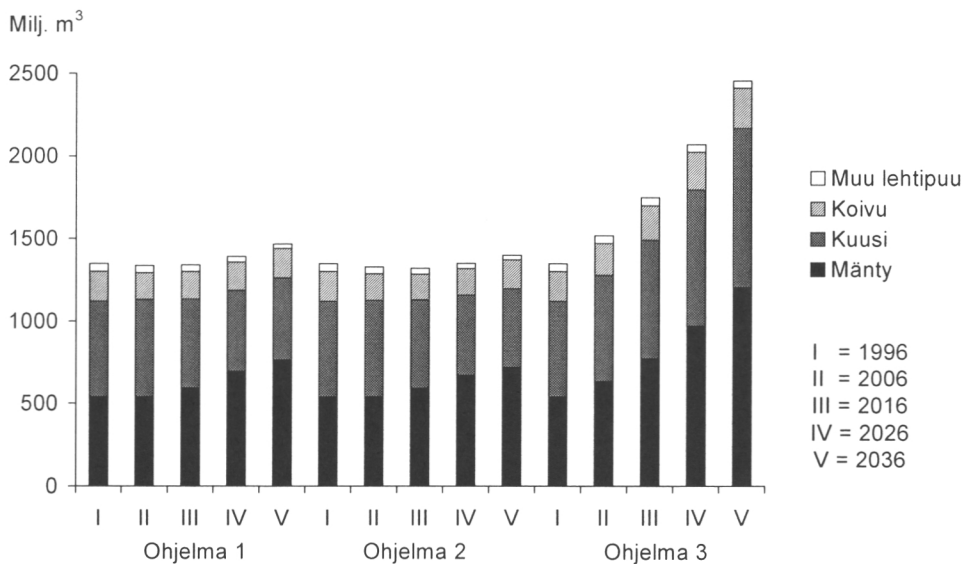
Ohjelman 1 hakkuumäärillä puuston tilavuus kasvoi neljän kymmenvuotiskauden aikana kaikkiaan 9 % 1 470 milj. m³:iin (kuva 11). Männyn osuus tilavuudesta kasvoi 52 %:iin. Kuusen osuus pieneni 34 %:iin koivun osuuden pysyessä lähes ennallaan.

Ohjelman 2 ('Koivuohjelma') hakkuumäärät kasvattivat puuston tilavuutta neljän kymmenvuotiskauden aikana 4 % 1 400 milj. m³:iin (kuva 11). Puuston kokonaistilavuus oli laskentajakson lopussa vajaat 5 % eli noin 70 milj. m³ pienempi kuin ohjelmassa 1. Puulajien osuudet puustosta olivat samat kuin ohjelmassa 1.

Ohjelman 3 eli viime vuosikymmenenä Etelä-Suomessa keskimäärin toteutunut hakkuiden taso johti puuston tilavuuden lisääntymiseen runsaaseen 2 400 milj. m³:iin vuoteen 2036 mennessä. Tilavuuden vuosittainen lisäys oli lähes 27 milj. m³ (kuva 11). Männyn tilavuus kasvoi yli 120 %, kuusen vajaat 70 ja koivun runsaat 30 prosenttia.



Kuva 10. Hakkuukertymäarvot ohjelmissa 1–3 Etelä-Suomen metsäkeskusten alueella kymmenvuotiskausittain 1996–2036.



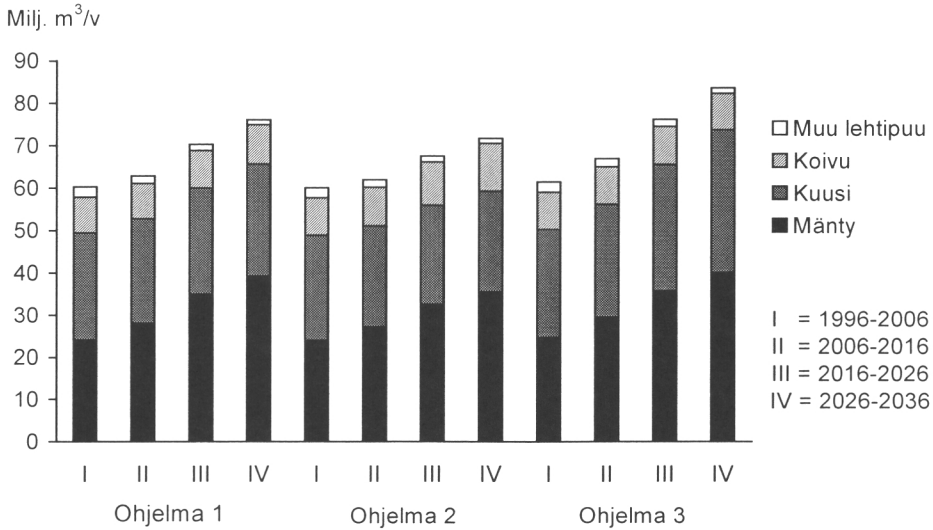
Kuva 11. Puuston tilavuuden kehitys ohjelmissa 1–3 Etelä-Suomen metsäkeskusten alueella kymmenvuotiskausittain 1996–2036.

Puuston kasvu

Puuston tuleva kasvu eri ohjelmissa riippuu hakkuiden tasosta ja siitä seuraavasta metsien rakenteesta. Ohjelman 1 kasvun arvio Etelä-Suomessa oli ensimmäiselle kymmenvuotiskaudelle noin 60 milj. m³ vuodessa, mistä kasvu kohosi 76 milj. m³:iin neljännellä kymmenvuotiskaudella (kuva 12). Männyn kasvu lisääntyi 63 % ja koivun kasvu 8 %. Kuusen kasvun arvioitiin pysyvän samalla tasolla koko laskentakauden ajan.

Ohjelman 2 mukaan vuotuinen kasvu lisääntyi neljän vuosikymmenen aikana 60 milj. m³:stä vajaaseen 72 milj. m³:iin. Männyn kasvu lisääntyi 50 % ja koivun kasvu 30 %. Kuusen kasvu puolestaan laski 4 %. Ohjelman 2 kokonaiskasvun arvio oli ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella lähes sama kuin ohjelmassa 1. Neljännen kauden kasvu oli 6 % pienempi kuin ohjelmassa 1. Koivun kasvun arvioidaan tässä 'Koivuhjelmassa' lisääntyvän 12 %, noin 2,1 milj. m³:iin vuodessa. Koivun suosiminen tapahtuu havupuiden kustannuksella, joiden kasvu alenee.

Ohjelman 3 mukaiset hakkuut lisäävät puuston tilavuuden lisäksi myös metsien kasvua 62 milj. m³:stä 84 milj. m³:iin vuodessa (kuva 11). Kasvu ei kuitenkaan lisäänty samassa suhteessa kuin tilavuus.



Kuva 12. Puuston kasvu ohjelmissa 1–3 Etelä-Suomen metsäkeskusten alueella kymmenvuotiskausittain 1996–2036.

3.3 Koivuvarojen kehitysnäkymät ja hakkuumahdollisuudet.

Koivun hakkuut lähimmän 20 vuoden aikana kohdistuvat jo tällä hetkellä olemassa olevaan puustoon. Laskelmakauden aikana syntyvistä koivikoista saadaan harvennuspuuta vasta 20 vuoden kuluttua. Vanerikoivun kertymiin tällä ei ehdi olla merkitystä laskelmakauden aikana.

Ohjelmassa 1 koivun hakkuut ovat suurimmillaan ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella (taulukko 6). Tämä johtuu uudistushakkuiden suuresta pinta-alasta (taulukko 7). Toisella kaudella koivun hakkuut putoavat neljänneksen pienemmiksi, josta ne alkavat kohota uudelleen kolmannella ja neljännellä kymmenvuotiskaudella. Laskentajakson loppupuolella sekapuustona kasvatettu ja harvennuksissa säästetty koivu alkaa lisätä koivun osuutta uudistushakkuissa.

Ohjelmassa 2 koivun hakkuukertymä säilyy koko laskentajakson ajan 7,8 milj. m³:ssä, mikä merkitsee 15 % korkeampaa hakkuiden tasoa kuin ohjelmassa 1. Tukkikertymä laskee tasaisesti ensimmäisen kauden 1,9 milj. m³:n tasosta neljännen kauden 1,3 milj. m³:iin vuodessa. Kuitukertymä kohoaa vastaavasti 5,9 miljoonasta 6,5 milj. m³:iin vuodessa. Tämä viittaa siihen, että koivua korjataan erityisesti harvennushakkuista pyrittäessä samalla kertaa sekä tuottamaan mahdollisimman paljon koivua että varmistamaan puuntuotannon kokonaisarvo (taulukko 7).

Ohjelmassa 2 koivua kertyy ennen kaikkea harvennushakkuista (taulukko 7). Vuotuinen harvennuspinta-ala on koko tarkastelujaksolla keskimäärin 20 000 ha suurempi kuin ohjelmassa 1. Hakkuupinta-alasta valtaosa koostuu havupuuvaltaisista sekametsistä, joista saatavat koivukertymät ovat pieniä.

Ohjelmassa 1 koivua hakataan koko 40 vuoden aikana yhteensä 270 milj. m³ ja ohjelmassa 2 ('Koivuohjelma') lähes 315 milj. m³ eli 15 % enemmän. Ohjelman 3 koivukertymä on 192 milj. m³.

Taulukko 6. Koivun hakkuukertymät puutavaralajeittain (milj. m³/v) vuosina 1996–2036 ohjelmissa 1–3.

	1996-2006	2006-2016	2016-2026	2026-2036
Ohjelma 1 'Suurin kestävä'				
Koivu	7,5	5,6	6,6	6,8
Tukkipuu	1,9	1,2	1,4	1,6
Kuitupuu	5,6	4,4	5,2	5,2
Ohjelma 2 'Koivuohjelma'				
Koivu	7,8	7,8	7,8	7,8
Tukkipuu	1,9	1,6	1,5	1,3
Kuitupuu	5,9	6,2	6,3	6,5
Ohjelma 3 'Toteutuneet hakkuut 1987–96'				
Koivu	4,8	4,7	4,7	4,9
Tukkipuu	1,2	1,1	1,0	1,2
Kuitupuu	3,6	3,6	3,7	3,7

Jos koivun hakkuumahdollisuuksia halutaan edelleen kasvattaa sekametsiä suosimalla, joudutaan puuntuotannon taloudellisista tavoitteista tinkimään (taulukko 8). Metsätalouden nettotuotot alenevat nopeasti eikä koivun määrä enää merkittävästi kasva. Tässä tutkimuksessa koivun hakuiden maksimi nykyisillä koivun viljelymäärillä oli hieman vajaa 8 milj. m³ vuodessa, mikä merkitsisi jo lähes 13 %:n vähennystä metsästä saatavien nettotulojen nykyarvoon. Mikäli koivua halutaan tuottaa vielä enemmän, on ainoa mahdollisuus viljelyn lisääminen.

Taulukko 7. Hakkuupinta-alat (1000 ha/v) vuosina 1996–2036 ohjelmissa 1–2 sekä erityyppisten harvennusten (H1-H3) pinta-alaosuudet, %.

	1996-2006	2006-2016	2016-2026	2026-2036
Ohjelma 1 <i>'Suurin kestävä'</i>				
Uudistushakkuu	164	133	136	141
Harvennushakkuu	210	247	264	277
H1*	29	32	34	34
H2*	11	10	10	10
H3*	60	58	56	56
Ohjelma 2 <i>'Koivuohjelma'</i>				
Uudistushakkuu	156	144	139	143
Harvennushakkuu	244	265	284	294
H1*	40	38	37	37
H2*	14	14	15	18
H3*	46	48	48	45
Ohjelma 3 <i>'Toteutuneet hakkuut 1987–96'</i>				
Uudistushakkuu	92	84	80	72
Harvennushakkuu	145	140	132	120
H1*	44	46	47	45
H2*	14	11	11	10
H3*	42	42	42	45

- * H1 Pyritään jättämään harvennuksessa 25 %:n koivusekoitus.
H2 Jätetään suurimpia puita puulajista riippumatta.
H3 Harvennetaan pääpuulajin hyväksi.

Taulukko 8. Suurimmat jatkuvasti korjattavissa olevat koivumäärät, jos koivua suositaan nettotulojen kustannuksella.

	Nettotulojen nykyarvo verrattuna ohjelmaan 1, %			
	-1%	-3%	-7%	-13%
Koivukertymä, milj. m ³ /v	7,50	7,86	7,96	7,97

Kirjallisuus

1. Hirvelä, H., Nuutinen, T. & Salminen, O. 1998. Valtakunnan metsien 9. inventointiin perustuvat hakkuumahdollisuusarviot vuosille 1997–2026 Etelä-Pohjanmaan metsäkeskuksen alueella. *Metsätieteen aikakauskirja* 2B/1998. s. 279–291.
2. Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.) 1996. Puuston kehityksen ennustaminen: Mela ja vaihtoehtoja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 612. 116 s.
3. Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, J. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja kuljetus. *Metsätehon tiedotus* 410.
4. Lappi, J. 1992. JLP. A linear programming package for management planning. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 414. 134 s.
5. Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. *Metsäkeskus Tapion julkaisu* 4. 72 s.
6. *Metsätilastollinen vuosikirja* 1999. *Metsäntutkimuslaitos*. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 1999:6. 352 s. ISBN 951-40-1705-6.
7. Nuutinen, T., Hirvelä, H., Hynynen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K.T. & Salminen, O. 2000. The Role of Peatlands in Finnish Wood Production – an Analysis Based on Large-Scale Forest Scenario Modelling. In: *Forestry scenario Modelling in Risk Analysis and Management*. *Silva Fennica* 34(2): 131–153.
8. —, Hirvelä, H., Härkönen, K., Kilpeläinen, H., Salminen, O. & Siitonen, M. 1998. Metsien puuntuotantomahdollisuudet. Teoksessa: Hänninen, H. (toim.). *Puuvarojen käyttömahdollisuudet*. *Metsäntutkimuslaitos*. *Metsälehti Kustannus*, Jyväskylä 1998. S. 67–79. ISBN 952–511–09–6.
9. Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineissa. *Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010*. Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen julkaisu 2. 103 s.
10. Salminen, S. & Salminen, O. 1998. Metsävarat keskisessä Suomessa 1988–92 sekä koko Etelä-Suomessa 1986–92. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 710. 137 s.
11. Siitonen, M., Härkönen, K., Kilpeläinen, H. & Salminen, O. (toim.) 1999. *MELA Handbook 1999 Edition*. The Finnish Forest Research Institute. 492 s. ISBN 951-40-1712-9.
12. Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) numeerisessa muodossa olevien luonnon-suojelualueiden ja -ohjelmien tietosisältö. 1995. *Suomen Ympäristökeskus*. Moniste. 8 s.
13. Tomppo, E. & Henttonen, H. 1996. Suomen metsävarat 1989–1994 ja niiden muutokset vuodesta 1951 lähtien. *Metsätilastotiedote* 354. 18 s.
14. Valtakunnan metsien 8. inventointi. *Kenttätöyön ohjeet*. Helsinki 1986. *Metsäntutkimuslaitos*. Moniste. 104 s. + liitteet 25 s.

4 Sekametsän kasvatusvaihtoehdot

4.1 Laskelmien tavoite ja menetelmät

Laskelmien tavoitteena on vertailla koivun suosimisen vaikutusta havupuuvaihtojen esimerkkimetsiköiden puuntuotokseen ja puunmyynnistä saataviin hakkuutuloihin.

Esimerkkimetsiköiksi pyrittiin valitsemaan talousmetsien tyypillisimpiä sekametsiköitä. Tarkastelu rajoitettiin kasvupaikoille, joilla koivun kasvustusta sekapuuna voidaan pitää metsänhoidollisesti järkevänä. Sopiviksi kasvupaikoiksi rajattiin tuoreet ja lehtomaiset kankaat.

Laskelmien lähtötilanteena oli taimikko- tai ensiharvennusvaiheessa oleva nuori havupuuvaltainen metsikkö, jossa koivua esiintyi sekapuustona. Lähtötilanne edustaa kasvatusvaihetta, jolloin tehdään päätös sekametsän tai yhden puulajin metsikön kasvatuksen välillä. Tarkasteluun otettiin neljä esimerkkimetsikköä, joiden kasvatusohjelmissa vaihdeltiin koivun osuutta sekapuuna. Tarkastelut ulottuivat päätehakkuuseen saakka.

Kaikille kasvatusvaihtoehdoille laskettiin seuraavat tiedot:

- puuston kasvu ja tuotos kiertoajan loppuun
- poistuman määrä ja rakenne hakkuukerroittain
- harvennustulot ja päätehakkuutulot
- tarkastelujakson alkuun diskontatut hakkuutulojen nykyarvot 0, 3 ja 5 %:n laskentakorkokannoilla.

Hakkuutulojen laskennassa käytettiin hakkuuvuosien 1996/97–1998/99 raaka-ainekantohintojen keskiarvoja⁶. Puutavaralajeittaiset kantohinnat esitetään seuraavassa asetelmassa:

Puulaji	Kantohinta, mk m ⁻³	
	Tukki	Kuitu
Mänty	264,60	94,20
Kuusi	219,40	129,10
Koivu	262,30	92,90

Puuston kehitysennusteet laskettiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyillä kasvumalleilla^{2,3}. Kasvumallien toimivuuden testaamiseksi sekametsissä kehitettiin mittausaineisto, johon kuului 30 mänty-koivusekametsikköä ja 14 kuusi-koivusekametsikköä. Mänty-koivusekametsiköt oli aikaisemmin mitattu 20 vuotta sitten⁷ ja kuusi-koivusekametsiköt 15 vuotta sitten⁸. Kasvumallit testattiin ennustamalla maastossa mitattujen metsiköiden kasvu mittauskertojen välillä. Saatua ennustetta verrattiin mitattuun kasvuun.

Testaus osoitti, että malleilla ennustettu kasvu oli tasoltaan hieman mitattua kasvua alempi. Testiaineistona käytetyt sekametsiköt olivat tutkimuskäyttöön valittuja metsiköitä, jotka ovat puustoltaan tasaisempaa ja ehkä myös paremmin hoidettua kuin talousmetsissä keskimäärin. Tällaisissa tapauksissa metsien keskimääräiseen kasvutason kalibroituja MELA -ohjelmiston ennuste-

mallien voidaankin olettaa antavan pieniä aliarvioita. Sen sijaan koivun osuuden vaihtelu sekametsissä ei vaikuttanut ennustevirheen suuruuteen, mikä oli mallien sovellettavuuden kannalta merkittävin testituloks. Tehty tarkastelu viittaa siihen, että mallit pystyvät kuvaamaan sekametsien puuston kehityksen kohtuullisen luotettavasti.

4.2 Tasaikäisen sekametsän kasvatusta

4.2.1 Mänty-rauduskoivu

Esimerkkimetsiköt

Esimerkkinä tasaikäisestä mänty-koivusekametsästä käytettiin kahta mustikatyyppillä kasvavaa 25-vuotiaasta ensiharvennussivaiheen metsikössä mitattua koealaa, jotka kuuluivat Mielikäisen keräämään tutkimusaineistoon (taulukko 9)⁷. Toinen koealoista oli puustoltaan selkeästi mäntyvaltainen. Sen runkoluku ennen ensiharvennusta oli 2 263 kpl/ha, josta koivua oli 17 % runkoluvusta. Koealaa käytettiin laskelmien lähtöpuustona puhtaan männikön ja 10 %:n koivusekoituksen kasvatusvaihtoehdoissa. Toisen koealan runkoluvusta (2 078 kpl/ha) koivuja oli 37 %. Sitä käytettiin lähtöpuustona 30 %:n koivusekoituksen kasvatusvaihtoehdossa.

Taulukko 9. Tasaikäisen mänty-rauduskoivumetsikön lähtöpuustot ennen ensiharvennusta.

Tunnus	Mänty 90 %	Koivu 10%	Yht.	Mänty 70 %	Koivu 30 %	Yht.
Keskipituus, m ¹⁾	10.6	11.5		9.5	13.5	
Keskiläpimitta, cm ¹⁾	4.3	8.9		12.4	14.8	
Runkoluku, kpl /ha ⁻¹	1860	400	2260	1300	780	2080
Tilavuus, m ³ /ha ⁻¹	127	13	140	60	62	122

¹⁾ puuston pohjapinta-alalla painotettu

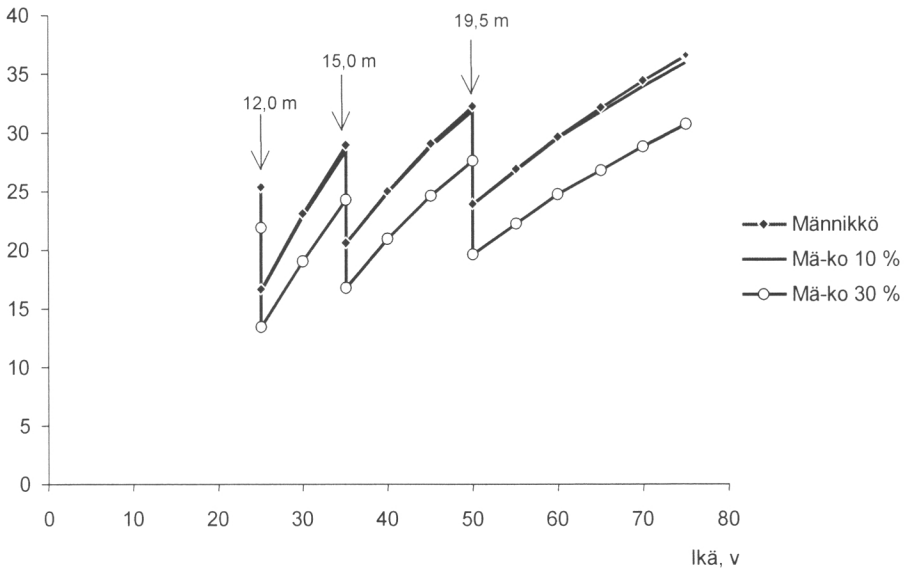
Kasvatusvaihtoehdot

Metsikölle laskettiin seuraavat käsittelyvaihtoehdot:

1. Koivun poisto ensiharvennuksen yhteydessä ja kasvatusta puhtaana männikönä.
2. Kasvatusta mänty-koivusekametsänä siten, että koivun osuus pidetään 10 %:n tasolla puuston runkoluvusta.
3. Kasvatusta mänty-koivusekametsänä siten, että koivun osuus pidetään 30 %:n tasolla puuston runkoluvusta.

Kaikkissa käsittelyvaihtoehdoissa noudatettiin samaa kiertoaikaa ja harvennukset tehtiin samaan aikaan. Ensiharvennusta simuloitiin puuston ollessa noin 12 m:n pituisia. Sen jälkeen metsikkö harvennettiin kaksi kertaa ennen 75 vuoden iässä tehtävää päätehakkua.

Pohjapinta-ala, m² ha⁻¹



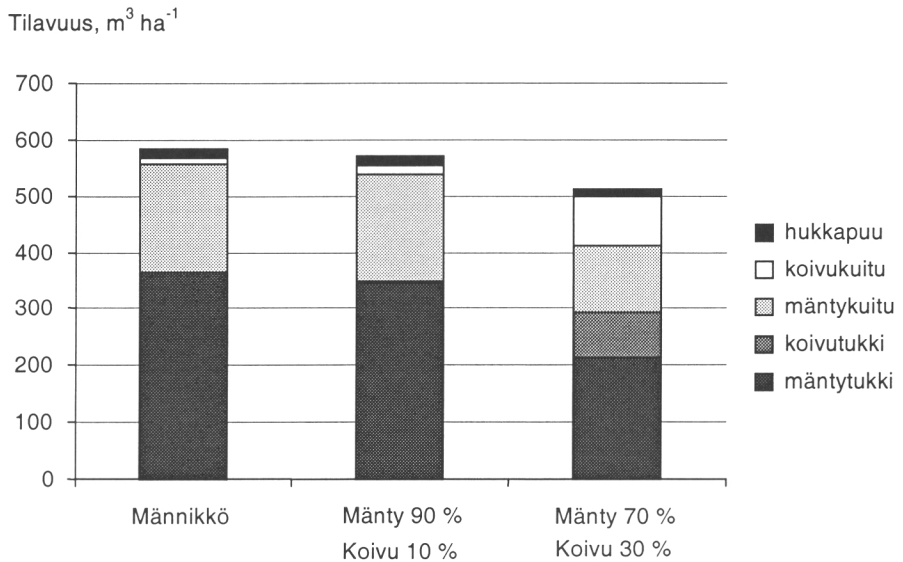
Kuva 13. Puuston pohjapinta-alan kehitys tasaikäisessä mänty-rauduskoivu-sekametsässä. Harvennusten ajankohdat sekä niitä vastaavat puuston valta-pituudet on merkitty nuolilla.

Harvennuksissa sovellettiin Tapion harvennusmalleja⁴. Harvennusvoimakkuus porrastettiin puulajisuhteiden mukaisesti. Puhtaan männikön ja 10 %:n koivusekoituksen kasvatusvaihtoehdoissa puusto harvennettiin MT-männikön harvennusmallin jäävän puuston ylärajalle. 30 %:n koivusekoituksen kasvatusvaihtoehdossa puuston tiheys pidettiin hieman alaisempana harventaen metsikkö männikön harvennusmallien jäävän puuston alarajalle (kuva 13).

Puuston kasvu ja tuotos

Kolmesta vertailtavasta kasvatusvaihtoehdosta suurin kokonaistuotos, 584 m³ ha⁻¹ saavutettiin puhtaassa männikössä, jossa sekapuustona kasvanut koivu poistettiin ensiharvennuksen yhteydessä. Kasvatusvaihtoehdossa, jossa ylläpidettiin 10 %:n koivusekoitusta, tuotos oli pari prosenttia pienempi (570 m³ ha⁻¹). Runsaampi, 30 % :n koivusekoitus alensi kokonaistuotosta 12 % puhtaaseen männikköön verrattuna (kuva 14).

Pääsyyinä sekametsän alaisempaan tuotokseen oli erilaiset harvennusvoimakkuudet (kuva 13). Sekametsässä harvennukset tehtiin voimakkaampina koivun kasvuedellytysten turvaamiseksi. Kasvatettavan puuston alaisempi tiheys alensi kokonaistuotosta.



Kuva 14. Tasaikäisen mänty-rauduskoivusekametsän kokonaistuotos puutavaralajeittain eri kasvatusvaihtoehdoissa.

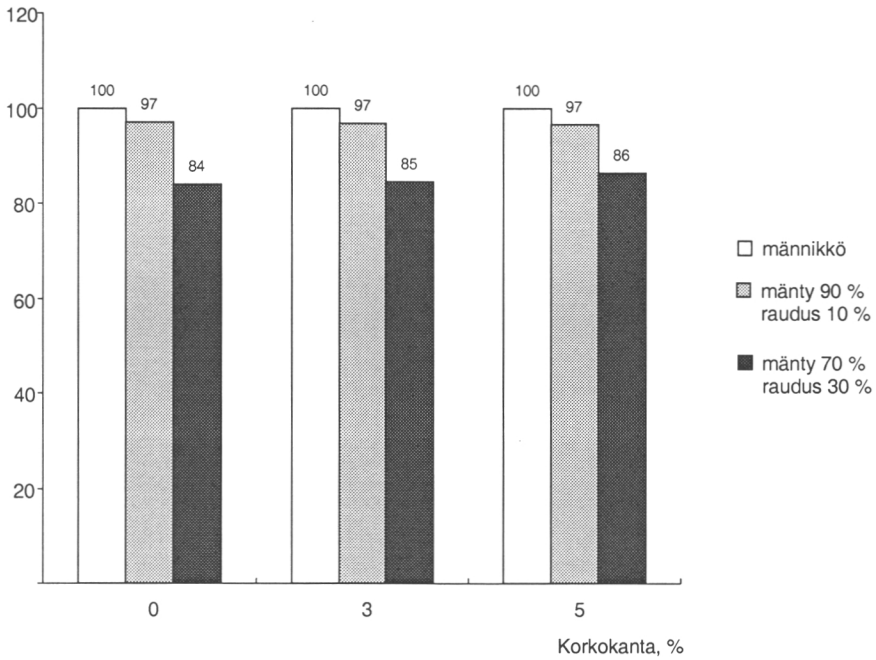
Tasaikäisessä mänty-koivusekametsässä rauduskoivun pituuskasvu oli noin 15 % mäntyä nopeampaa. Sekapuuna kasvava koivu hidasti hieman männyn pituuskasvua. Sekametsän mänty oli ensiharvennusvaiheessa noin metrin lyhyempää kuin puhtaassa männikössä. Ensiharvennuksen jälkeen mäntyjen pituuskehitys oli yhtä nopeaa kaikissa kasvatusvaihtoehdoissa.

Kiertoajan hakkuukertymästä valtaosa saatiin päätehakuussa. Puhtaassa männikössä ja 10 %:n koivusekoituksen kasvatusohjelmassa runsas 70 % kokonaispoistumasta korjattiin päätehakuussa ja 28 % harvennuksissa. Sekametsän kasvatusvaihtoehdossa (30 %:n koivusekoitus) harvennuspoistuman osuus oli suurempi, 32 %, voimakkaampien harvennusten vuoksi. Koivun osuus kokonaiskertymästä oli 34 % (kuva 14).

Kasvatusvaihtoehtojen taloudellinen vertailu

Kasvatusvaihtoehtoja vertailtiin laskentajakson alkuun diskontattujen kantorahatulojen avulla (kuva 15). Puhtaan männikön kasvattamisella saatavat nettotulot olivat noin 15 % korkeammat kuin 30 % koivua sisältävässä sekametsässä. Käsittelyvaihtoehtojen väliset erot pienenevät laskentakorkokantaa kasvatettaessa. Sekametsävaihtoehdon suhteellinen kannattavuus parani hieman korkokannan kasvaessa, koska suurempi osuus hakkuutuloista saatiin harvennustuloina aikaisemmin kuin kasvatettaessa puhdasta männikköä.

Suhteellinen
nykyarvo, %



Kuva 15. Tasaikäisen mänty-rauduskoivusekametsän kasvatusvaihtoehtojen suhteelliset kantorahatulot. Tulot on diskontattu ensiharvennushetkeen (puhdas männikkö = 100).

4.2.2 Tasaikäinen kuusi-koivusekametsä

Esimerkkimetsikkö

Taulukko 10. Tasaikäisen kuusi-rauduskoivumetsikön lähtöpuustot taimikohoidon jälkeen.

Tunnus	Kuusi 70 %	Koivu 30 %	Yht.	Kuusi 90 %	Koivu 10 %	Yht.	Kuusikko
Keskipituus, m ¹⁾	5,4	5,1		5,3	5,4		5,2
Keskiläpimitta, cm ¹⁾	7,2	4,1		6,9	4,3		6,8
Runkoluku, kpl ha ⁻¹	1220	530	1750	1570	180	1750	1750
Tilavuus, m ³ ha ⁻¹	11	2	13	12	1	13	12

¹⁾ puuston pohjapinta-alalla painotettu.

Tasaikäisen kuusi-koivusekametsän tuotoslaskelman lähtökohtana oli kuusi-valtainen metsikkö, jonka valtapituus oli 6,3 m. Puuston runkoluku ennen taimikonharvennusta oli 4 650 kpl/ha, josta kuusta 1 750 kpl/ha, raudusta 1 200 kpl/ha ja hieskoivua 1 700 kpl/ha. Koealalle simuloitiin aluksi taimikonhoito, jonka yhteydessä säädeltiin puulajisuhteet. Taimikonhoidon jälkeinen runkoluku oli kaikissa käsittelyvaihtoehdoissa 1 750 kpl/ha (taulukko 10).

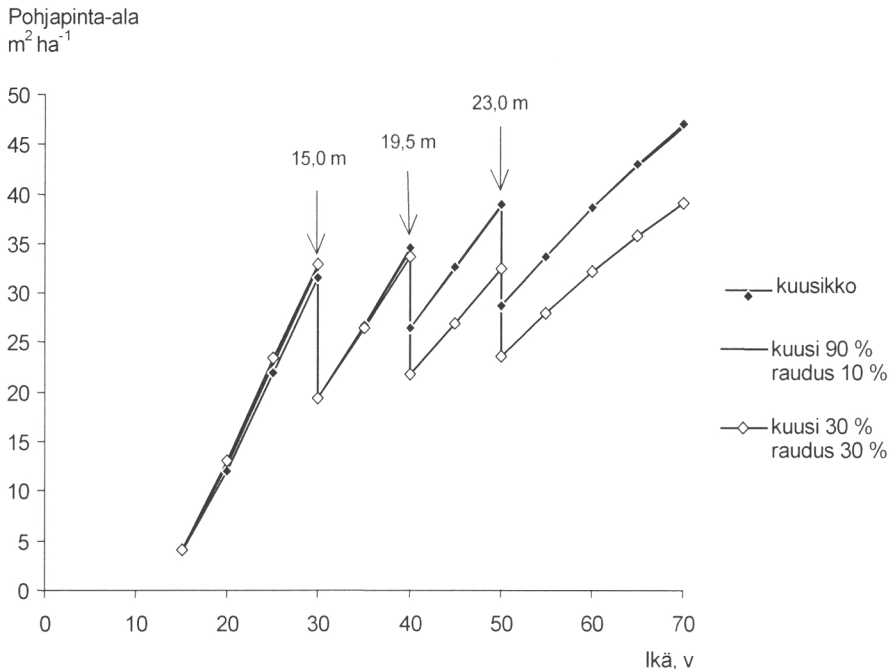
Kasvatusvaihtoehdot

Metsikölle laskettiin kolme vaihtoehtoista, kiertoajan loppuun ulottuvaa kasvatusohjelmaa:

1. Koivun poisto taimikonhoidon yhteydessä ja kasvatus puhtaana kuusikkona.
2. Kasvatus kuusi-koivusekametsänä siten, että koivun osuus pidetään 10 %:n tasolla puuston runkoluvusta.
3. Kasvatus kuusi-koivusekametsänä siten, että koivun osuus pidetään 30 %:n tasolla puuston runkoluvusta.

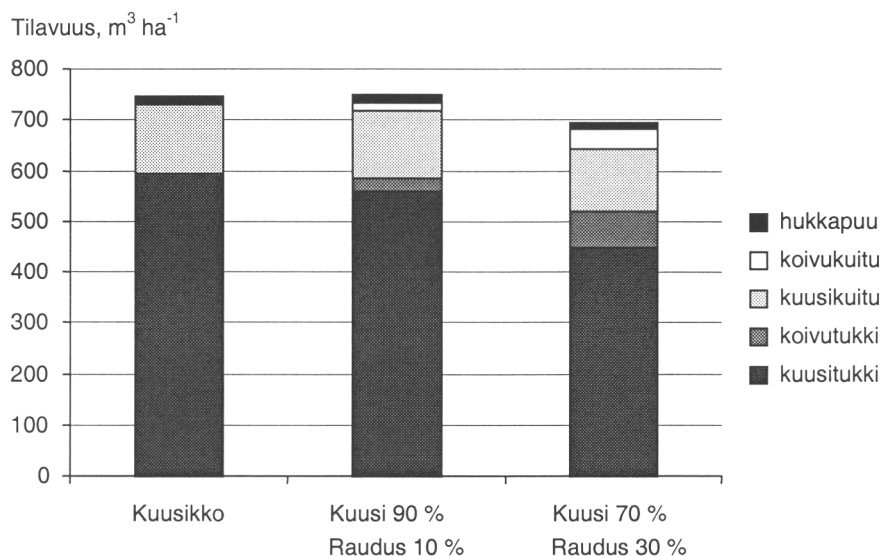
Metsikköä harvennettiin jokaisessa kasvatusvaihtoehdossa kolme kertaa ennen päätehakkua, joka tehtiin 70 vuoden iässä.

Harvennuksissa sovellettiin samaa periaatetta kuin mänty-koivusekametsän esimerkissä. Puhdas kuusikko ja 10 %:n sekametsä harvennettiin hieman lievemmin kuin 30 % koivua käsittävä sekametsä (kuva 16).



Kuva 16. Puuston pohjapinta-alan kehitys tasaikäisessä kuusi-rauduskoivusekametsässä eri kasvatusvaihtoehdoissa. Harvennusten ajankohdat sekä niitä vastaavat puuston valtapituudet on merkitty nuolilla.

Puuston kasvu- ja tuotos



Kuva 17. Tasaikäisen kuusi-rauduskoivusekametsän kokonaistuotos puutaralajeittain eri kasvatusvaihtoehtoissa.

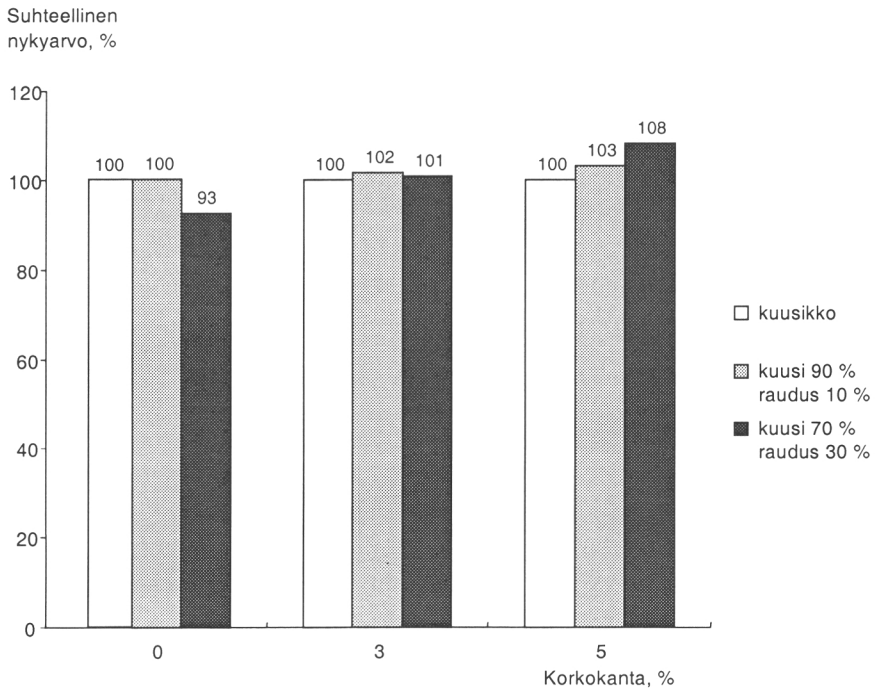
Kuusikon ja sekametsikön tuotoserot olivat pienet. Suurin kokonaistuotos saatiin 10 %:n koivusekoituksella ($734 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Lähes samaan ylsi puhdas kuusikko ($730 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Harvempana kasvatetussa enemmän koivua sisältävässä sekametsävaihtoehdossa (30 % koivua) käyttöpuun kokonaistuotos oli n. 7 % pienempi ($694 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (kuva 17).

Sekapuuna kasvava rauduskoivu kasvoi pituutta kiertoajan alkupuolella hieman kuusta nopeammin. Puuston vanheteissa ero kääntyi kuusen hyväksi. Sekapuuna kasvava koivu ei vaikuttanut kuusen pituuskasvuun.

Puhtaassa kuusikossa 73 % poistumasta saatiin päätehakkuussa ja 27 % harvennuksissa. Sekametsässä, jossa oli kolmannes koivua, harvennuspoistuman osuus kokonaispoistumasta oli 37 %.

Kasvatusvaihtoehtojen taloudellinen vertailu

Kaikki tutkitut kasvatusvaihtoehdot tuottivat kantorahatuloja lähes saman verran (kuva 18). Erot olivat alle kymmenen prosenttia kaikilla korkokannoilla. Hakkuutulojen aikaistuminen voimakkaampien harvennusten vuoksi paransi sekametsän kasvatuksen kannattavuutta verrattuna puhtaaseen kuusikkoon, jos korko otettiin mukaan laskelmiin.



Kuva 18. Tasaikäisen kuusi-rauduskoivusekametsän kasvatusvaihtoehtojen suhteelliset kantorahatulot. Tulot on diskontattu taimikonhoidon ajankohtaan eri laskentakorkokannoilla käyttäen vertailutasona puhtaan kuusikon kasvatusvaihtoehtoa (puhdas kuusikko = 100).

4.3 Kaksijaksoisen sekametsän kasvatus

4.3.1 Kuusi-rauduskoivu

Esimerkkimetsikkö

Kaksijaksoisen kuusi-rauduskoivusekametsän esimerkkimetsikössä 24-vuotiaan rauduskoivikon alla kasvoi 20-vuotias kuusentaimikko (taulukko 11)⁹.

Taulukko 11. Kaksijaksoisen kuusi-rauduskoivusekametsikön puustotiedot kasvatusjakson alussa.

	Kuusi	Rauduskoivu	Koko metsikkö
Keskipituus, m ¹⁾	5,8	14,5	
Keskiläpimitta, cm ¹⁾	6	16	
Runkoluku, kpl ha ⁻¹	1591	575	2166
Tilavuus, m ³ ha ⁻¹	11	65	76

¹⁾ puuston pohjapinta-alalla painotettu.

Kasvatusvaihtoehdot

Kaksijaksoisessa kuusi-rauduskoivumetsikössä tarkasteltiin seuraavia kasvatussuunnitelmia (taulukko 12):

1. Ylispuukoivujen poisto heti ja kuusikon kasvatus kiertoajan loppuun.
2. Koivujen kasvatus ylispuuna vaneripuiksi (harvennus + päätehakkuu), jonka jälkeen vapautetun alikasvoskuusikon kasvatus uudistuskypsytyteen saakka.

Kaksijaksoisen sekametsän kasvatusohjelman tavoitteena oli tuottaa rauduskoivuista korkealaatuista vaneripuuta. Laskelmissa oletettiin, että päätehakkuukoivukossa kaikista tukkipuun mittoihin kasvaneista koivuista saatiin tukkia, koska vialliset puut oletettiin korjatuksi pois jo koivikon harvennuksen yhteydessä.

Molemmissa vaihtoehdoissa kuusikkoa kasvatettiin puuston järeyden mukaiseen uudistuskypsytyteen saakka, minkä vuoksi kasvatusjaksot olivat eri pituiset. Harvennukset tehtiin Tapion harvennusmallien mukaisesti (kuva 19)⁴.

Koivuylispuuston poisto aiheuttaa vaurioita kuusialikasvokselle^{1, 5, 10}. Laskelmissa oletettiin, että ylispuukoivikon ensimmäisessä harvennuksessa 30 % alikasvokuusista tuhoutuu. Vaurioon sisältyy sekä ajourien alle jääneet kuuset että koivujen korjuun yhteydessä vaurioituneet puut. Toisella hakkuukerralla (vanerikoivikon päätehakkuussa) oletettiin, että 20 % kuusista vaurioituu niin pahoin, että ne joudutaan poistamaan hakkuun yhteydessä. Laskelmassa oletettiin, että tuolloin vaurioituneista kuusista saadaan korjattavaa kuitupuuta.

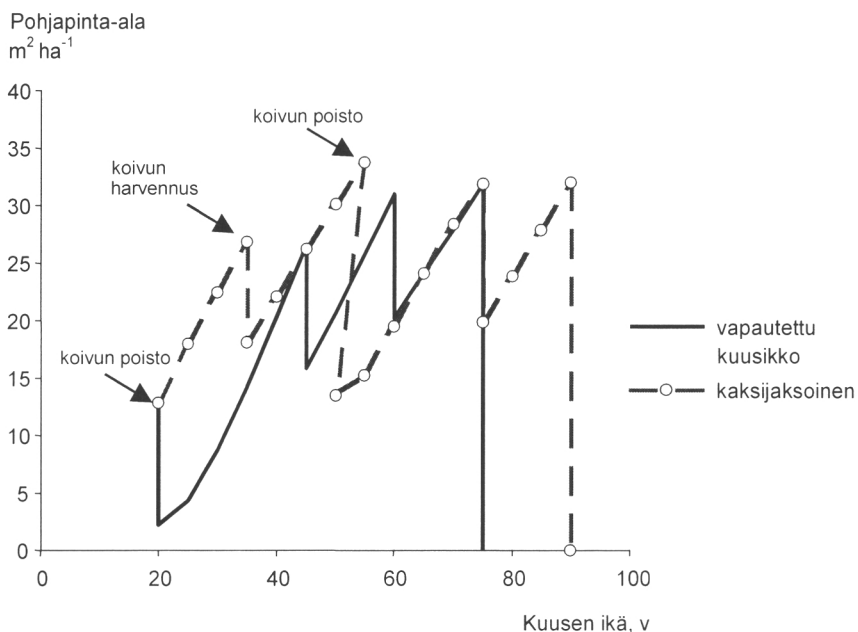
Aikaisempien tutkimusten perusteella tiedetään, että ylispuukoivikon poistaminen ei välittömästi paranna kuusikon kasvua, vaan kasvun elpymiseen kuluu noin viisi vuotta⁹. Kasvun vähittäinen elpyminen otettiin huomioon kasvuennusteissa.

Taulukko 12. Kaksijaksoisen kuusi-rauduskoivusekametsikön vaihtoehtoiset käsittelyohjelmat.

Vuosi	Puuston ikä, v		Kaksijaksoinen kuusi-rauduskoivusekametsikkö	Vapautettu kuusikko
	Raudus	Kuusi		
0	24	20		koivujen poisto ¹⁾
15	39	35	koivun harvennus ¹⁾	
25		45		harvennus
35	59	55	koivujen poisto ²⁾	
40		60		harvennus
55		75	harvennus	päätehakkuu
70		90	päätehakkuu	

¹⁾ 30 % kuusista tuhoutuu korjuun seurauksena (ei saada korjuukelpoista käyttöpuuta).

²⁾ 20 % kuusista tuhoutuu korjuun seurauksena (saadaan korjuukelpoista kuusikuitua).



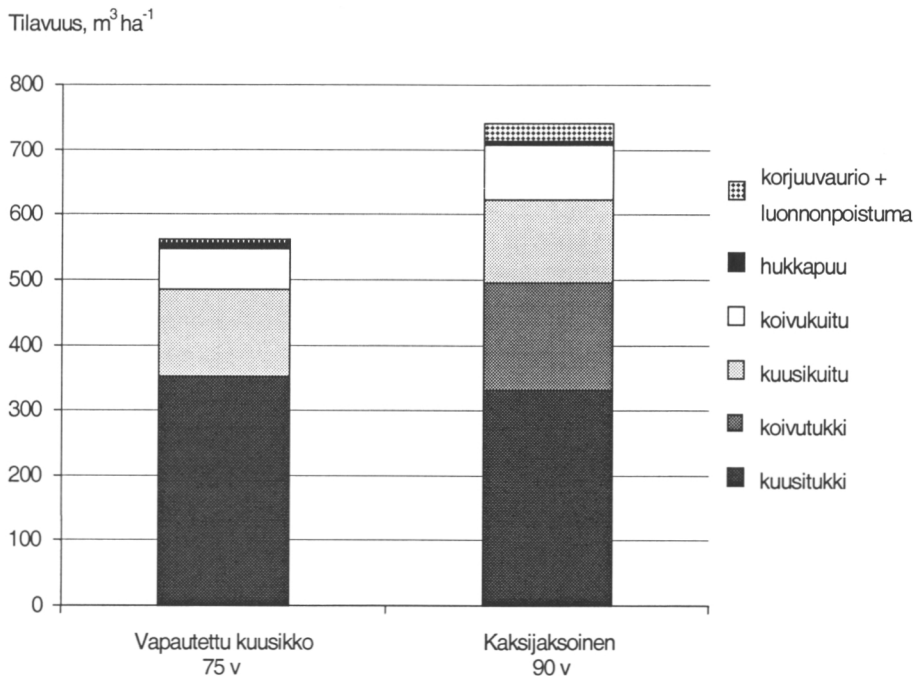
Kuva 19. Puuston pohjapinta-alan kehitys kaksijaksoisessa kuusi-rauduskoivusekametsän vaihtoehtoisissa kasvatusohjelmissa.

Puuston kasvu ja tuotos

Kaksijaksoisen sekametsikön päätehakkuu tehtiin laskelmissa 70 vuoden kulluttua lähtöhetkestä kuusikon ollessa 90-vuotiasta. Metsikön kokonaistuotos oli $740 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, josta käyttöpuuta $707 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (65 % kuusta, 35 % koivua) (kuva 20). Noin puolet hakkuukertymästä (51 %) korjattiin harvennuksissa. Ylispuukoivikon hakkuussa koivutukkia saatiin $165 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kuusitukkia tuotettiin kiertoajan aikana yhteensä $330 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Ylispuuhakkuiden yhteydessä vaurioituneen puuston sekä luonnonpoistuman tilavuus oli $26 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Kasvatusjakson alussa vapautettu kuusikko varttui uudistuskypsäksi 55 vuodessa, jolloin kuusikon ikä oli 75 v. Kokonaistuotos oli $562 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, josta käyttöpuuta $548 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Hakkuupoistumasta valtaosa oli kuusta (89 %). Hakkuukertymän kokonaistilavuudesta 34 % saatiin harvennushakkuissa ja 66 % kuusikon päätehakkuussa (kuva 19). Kuusitukin tuotos oli $352 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Korjuuvaurioiden ja luonnonpoistuman tilavuus oli $8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Edellä esitettyjä tuotoslukuja ei voi sellaisenaan käyttää vertailtaessa kaksijaksoisen metsikön ja vapautetun kuusikon tuotoskykyä, koska kasvatusjaksot ovat eripituiset.



Kuva 20. Kaksijaksaisen kuusi-rauduskoivumetsikön hakkuukertymät puutavaralajeittain.

Vapautetussa kuusikossa kiertoajan keskimääräinen vuotuinen tuotos oli $7,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kaksijaksoisessa metsikössä keskimääräinen tuotos 90 vuoden kiertoajan kuluessa oli $8,2 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, eli n. 10 % suurempi kuin vapautetussa kuusikossa.

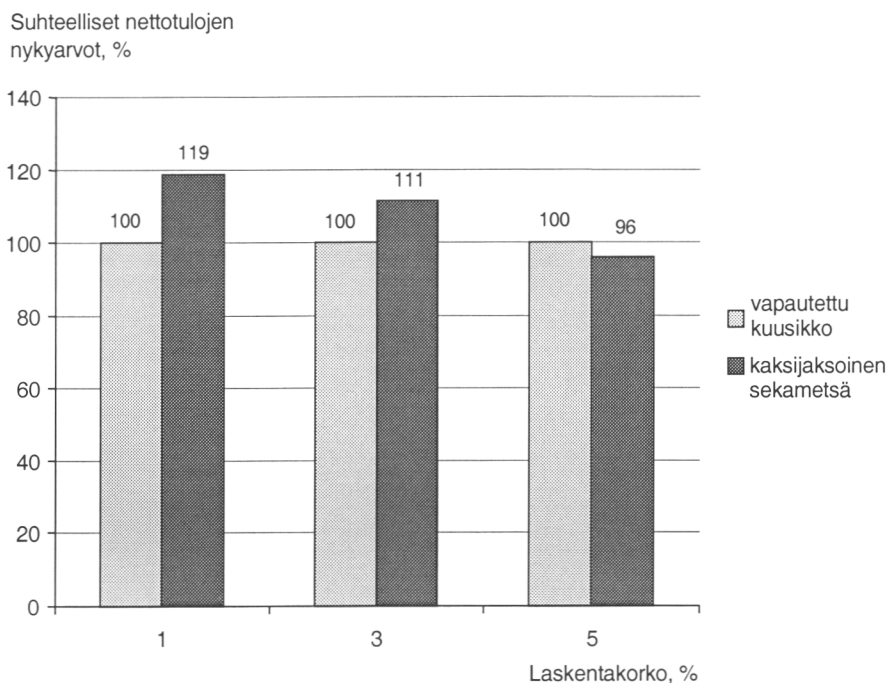
Kuusen kasvattaminen rauduskoivun alla hidasti kuusten kehitystä. Laskelmien mukaan koivun alta 20 vuotta myöhemmin vapautettu alikasvokuusikko saavutti hakkuukypsyyden 10–15 vuotta myöhemmin kuin alussa vapautettu kuusikko.

Kasvatusvaihtoehtojen taloudellinen vertailu

Kasvatusohjelmien taloudellista vertailua vaikeuttivat erilaiset kiertoajat. Niiden vaikutus otettiin huomioon diskonttaamalla hakkuutulot tarkastelujakson alkuun, sekä olettamalla että molemmissa kasvatusvaihtoehdoissa nykyisen puusukupolven jälkeen kasvatetaan puhdasta kuusikkoa.

Jos laskelmissa ei oteta huomioon korkovaikutusta, kaksijaksaisen metsikön kasvatuksesta saadaan vuotta kohti 10 % enemmän hakkuutuloja kuin vapautetusta kuusikosta.

Koron mukaan otto laskelmaan osoitti, että rauduskoivujen kasvattaminen vaneripuuksi kuusikon päällä oli taloudellisesti varteenotettava kasvatusvaihtoehto alle 5 %:n korkokannoilla (kuva 21). Korkokannan kasvaessa tulojen ajoittumisen vaikutus kannattavuuteen korostui. Kolmen prosentin korolla ero kaksijaksoisen metsikön hyväksi oli 11 %. Korkeimmalla viiden prosentin korkokannalla kuusikon vapauttaminen tuotti 4 % korkeammat nettotulot kuin kasvattaminen kaksijaksoisena. Tämä johtui aikaisista hakkuutuloista, joita saatiin sekä koivun poistamisesta että varhaisesta päätehakkuusta.



Kuva 21. Kaksijaksoisen kuusi-rauduskoivumetsän kasvatusvaihtoehtojen suhteelliset kantorahatulot. Tulot eri laskentakorkokannoilla on diskontattu tarkastelujakson alkuun (vapautettu puhdas kuusikko = 100).

4.3.2 Kuusi-hieskoivu

Esimerkkimetsikkö

Kaksijaksoisen kuusi-hieskoivusekametsän esimerkkimetsiköksi valittiin etelä-suomalainen mustikkatyypin metsikkö, jossa 52-vuotiaan hieskoivikon alla kasvoi 19-vuotias kuusentaimikko. Metsikkö sisältyi Mielikäisen ja Valkosen tutkimusaineistoon (taulukko 13)⁹.

Taulukko 13. Kaksijaksoisen kuusi- hieskoivusekametsikön puustotiedot kasvatusjakson alussa.

	Kuusi	Hieskoivu	Koko metsikkö
Keskipituus, m ¹⁾	4,9	10,9	
Keskiläpimitta, cm ¹⁾	5,6	12,1	
Runkoluku, kpl ha ⁻¹	1370	553	1923
Tilavuus, m ³ ha ⁻¹	6,6	29,4	36,0

¹⁾ puuston pohjapinta-alalla painotettu

Kasvatusvaihtoehdot

Kuusi- hieskoivumetsikössä sovellettiin seuraavia kasvatusohjelmia (taulukko 14):

1. Ylispuukoivujen poisto ja kuusikon kasvatus kiertoajan loppuun
2. Koivuylispuuston kasvatus ilman harvennusta kuitupuuksi, jonka jälkeen vapautetun alikasvoskuusikon kasvatus kiertoajan loppuun.

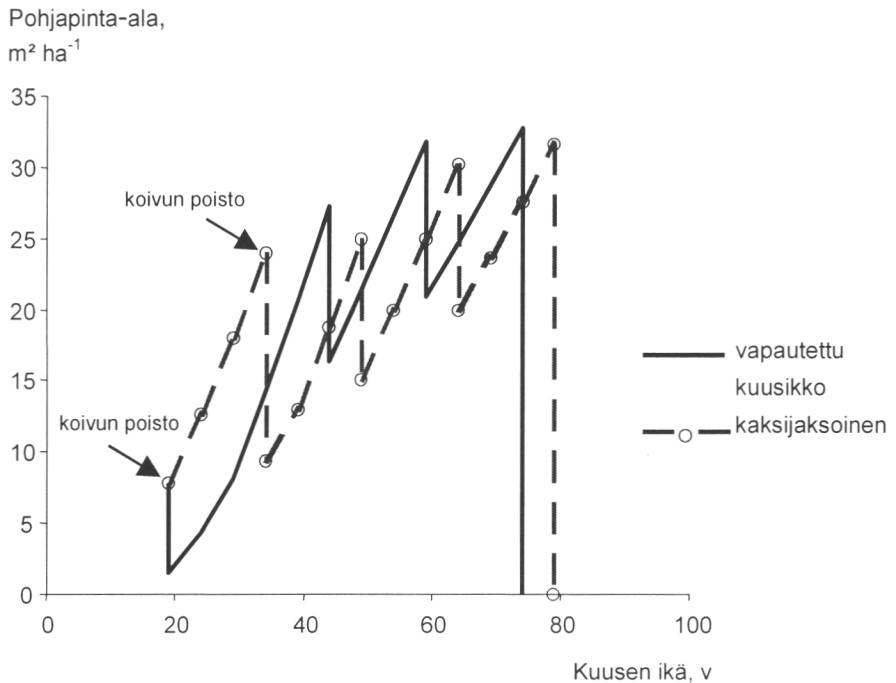
Hieskoivun edelleen kasvattamisen tavoitteena toisessa kasvatusvaihtoehdossa oli kuitupuun määrän lisääminen ennen koivun hakkuuta.

Molemmissa kasvatusvaihtoehdoissa kuusikko kasvatettiin uudistuskypsyyteen saakka. Harvennuksissa noudatettiin Tapion harvennusmalleja (kuva 22)⁴.

Taulukko 14. Kaksijaksoisen kuusi- hieskoivusekametsikön vaihtoehtoiset käsittelyohjelmat.

Vuosi	Puuston ikä, v		Kuusi-hieskoivu- sekametsikkö	Vapautettu kuusikko
	Hies	Kuusi		
0	52	19		koivujen poisto ¹⁾
15	67	34	koivujen poisto ¹⁾	
25		44		harvennus
30		49	harvennus	
40		59		harvennus
45		64	harvennus	
55		74		päätehakkuu
60		79	päätehakkuu	

¹⁾ 30 % kuusista tuhoutuu korjuun seurauksena (ei korjattavaa ainespuuta).



Kuva 22. Puuston pohjapinta-alan kehitys puulajeittain esitettynä vaihtoehtoisissa käsittelyohjelmissä kaksijaksoisessa kuusi-hieskoivusekametsässä.

Puuston kasvu ja tuotos

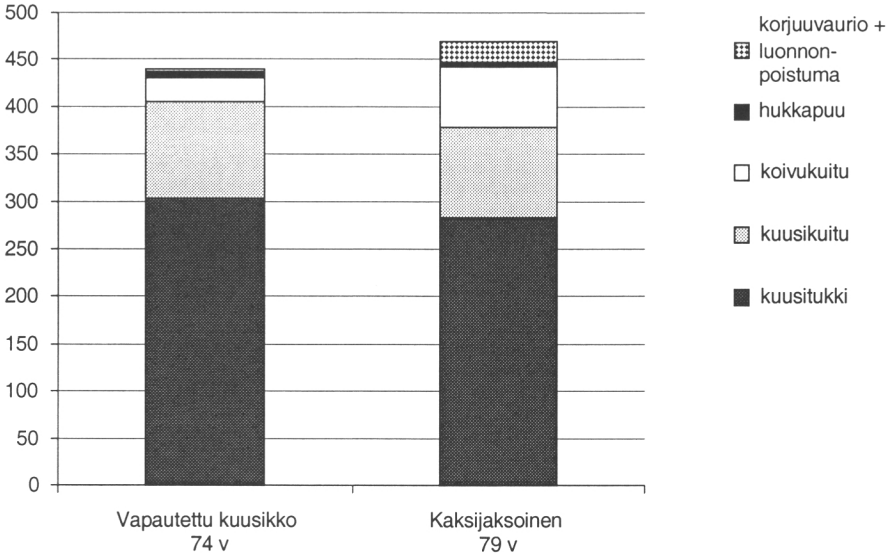
Kaksijaksoisena kasvatetussa metsikössä päätehakkuu tehtiin 60 vuoden kasvatuksen jälkeen kuusikon ollessa tuolloin 79 vuotiasta. Kokonaistuotos oli $469 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, josta käyttöpuuta $443 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (85 % kuusta, 15 % hieskoivua) (kuva 23). Päätehakkupuuston osuus kokonaispoistumasta oli 56 %. Ylispuustona kasvatetusta hieskoivusta saatiin kuitupuuta $66 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Kuusitukin tuotos oli $282 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Ylispuukoivikon poistossa vaurioituneen puuston määrä oli $n. 20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Kasvatusjakson alussa hieskoivikon alta vapautettu kuusikko vartui uudistuskypsäksi 74-vuotiaana, eli viisi vuotta kaksijaksosta metsikköä aikaisemmin.

Kokonaistuotos, $440 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, oli valtaosin kuusta (94 %). Kuusitukin tuotos oli $303 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (kuva 23).

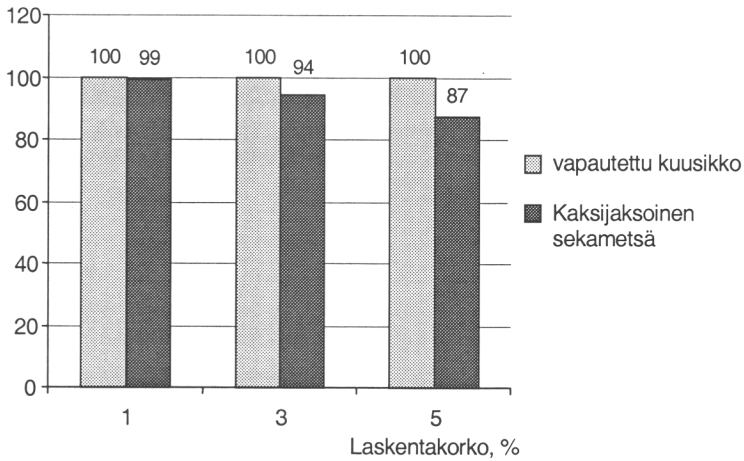
Molemmissa kasvatusvaihtoehdoissa kiertoajan keskimääräinen vuotuinen tuotos oli $5,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Tilavuus, m³ ha⁻¹



Kuva 23. Kaksijaksaisen kuusi-hieskoivumetsikön hakkuukertymä puutavara-lajeittain eri kasvatusvaihtoehdoissa.

Suhteelliset nettotulojen nykyarvot, %



Kuva 24. Kaksijaksaisen hieskoivu-kuusisekametsän kasvatusvaihtoehtojen suhteelliset kantorahatulot. Tulot eri laskentakorkokannoilla on diskontattu tarkastelujakson alkuun (vapautettu puhdas kuusikko = 100).

Kasvatusvaihtoehtojen kannattavuus

Simulointitulosten perusteella tehdyssä kannattavuustarkastelussa otettiin huomioon kasvatusvaihtoehtojen eripituiset kiertoajat diskonttaamalla hakkuutulot tarkastelujakson alkuun sekä olettamalla, että molemmissa kasvatusvaihtoehtoissa kasvatetaan nykyisen puusukupolven jälkeen, puhdasta kuusikkoa.

Laskelman mukaan hieskoivun poistaminen kuusialikasvoksen päältä heti simulointijakson alussa johti parempaan taloudelliseen lopputulokseen kuin hieskoivun edelleen kasvattaminen (kuva 24). Vertailu ilman korkovaikutusta osoitti, että vapautettu kuusikko tuotti 11 % suuremman vuotuisen tuoton kuin kaksijaksoinen sekametsä. Kun korkovaikutus otetaan huomioon, hieskoivun välitön poistaminen kuusentaimikon päältä lisäsi suhteellisia nettotulojen nykyarvoja sitä enemmän, mitä korkeampaa laskentakorkoa sovellettiin. Kolmen prosentin korkokannalla ero oli 15 %.

Kirjallisuus

1. Frilander, O. 1985. Pienikokoisen lehtiverhopuuston korjuun kuusentaimikolle aiheuttamat vauriot. Helsingin yliopisto. Metsäteknologian pro gradutyö. 75 s.
2. Hynynen, J. & Ojansuu, R. (toim.) 1996. Puuston kehityksen ennustaminen – MELA ja vaihtoehtoja. Tutkimusseminaari Vantaalla 1996. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 612. 116 s.
3. —, Ojansuu, R., Hökkä, H., Salminen, S., Siipilehto, J., & Haapala, P. 2001. Models for predicting the stand development – Description of Biological Processes in MELA system. Käsikirjoitus.
4. Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuositukset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6. S. 72.
5. Maukonen, A. 1987. Ylispuuhakkuun taimikolle aiheuttamat vauriot. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 244. 30 s.
6. Metsätalastollinen vuosikirja 1999. Metsäntutkimuslaitos. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 1999: 6. 352 s. ISBN 951-40-1705-6.
7. Mielikäinen, K. 1980. Mänty ja koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(3). 82 s.
8. —1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 79 s.
9. —& Valkonen, S. 1995. Kaksijaksoisen kuusi-koivusekametsikön kasvu. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 1995(2): 81–87.
10. Moilanen, M. & Saksala, T. (toim.) 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa – varjosta valoon. Metsälehti Kustannus. S. 123.

5 Puunkorjuun kustannukset sekametsissä

5.1 Sekametsien puunkorjuun ajanmenekki, tuotos- ja kustannusperusteet

Koivun vaikutusta koneellisen hakkuun ja metsäkuljetuksen kustannuksiin tutkittiin Metsätehossa laaditulla puunkorjuun kustannusmallilla. Käytetty puunkorjuun kustannusmalli jakaantuu kahteen osamalliin, tuotos- ja kustannuslaskentamalliin. Mallin kustannusosa perustuu konekustannuslaskentaan, jota on täydennetty vallitsevan kustannustilanteen mukaisilla tiedoilla. Malli on päivitetty vastaamaan vuoden 1998 tilannetta. Mallin tuotososa perustuu tämän projektin yhteydessä ja Metsätehossa aiemmin tehtyihin hakkuun ja metsäkuljetuksen tuotoksen aika- ja seurantatutkimuksiin. Mallin testaukset on tehty Metsätehon korjuututkimusaineistoilla.

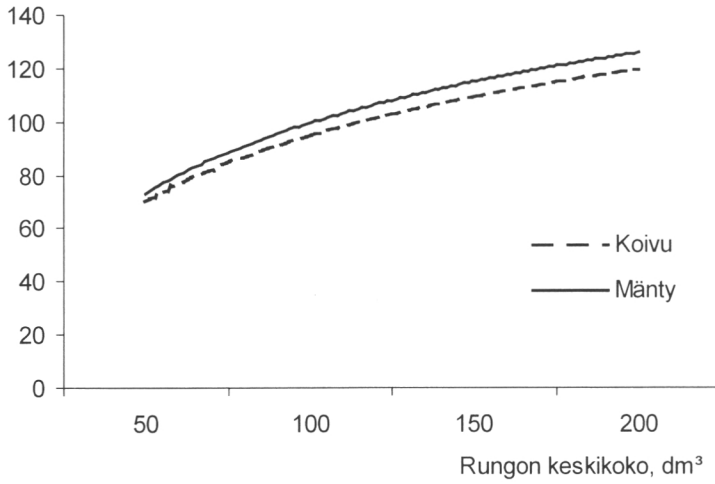
Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa selvitettiin työn ajanmenekit yhden puulajin metsien ja sekametsien harvennus- ja päätehakuissa. Puhtaassa harvennuskoivikossa ajanmenekki oli noin 9 % suurempi kuin männikössä. Päätehakuu- metsiköissä ero männyn ja koivun välillä oli hiukan pienempi eli 7 %. Männikön harvennuksen ajanmenekki oli keskimäärin 2 % suurempi kuin kuusikon. Päätehakuissa kuusen ja männyn välillä ei ollut eroja.

Yksioteharvesteriin ja metsätraktoriin perustuvan koneketjun tuotostarkastelu tehtiin metsätehon uusimman maksuperustetutkimuksen tulosten pohjalta. Harvennusmetsien tulokset on esitetty kuvassa 25. Koivikossa työ oli hitaampaa kuin männikössä. Ero lisääntyi rungon keskikoon kasvaessa.

Aikatutkimusaineistosta tehtiin selvitys sekapuuna esiintyvän koivun osuuden vaikutuksesta harvennuspuun korjuun ajanmenekkiin myös uusinta harvennusmetsien korjuutekniikkaa edustavalla yhdistelmäkonella.

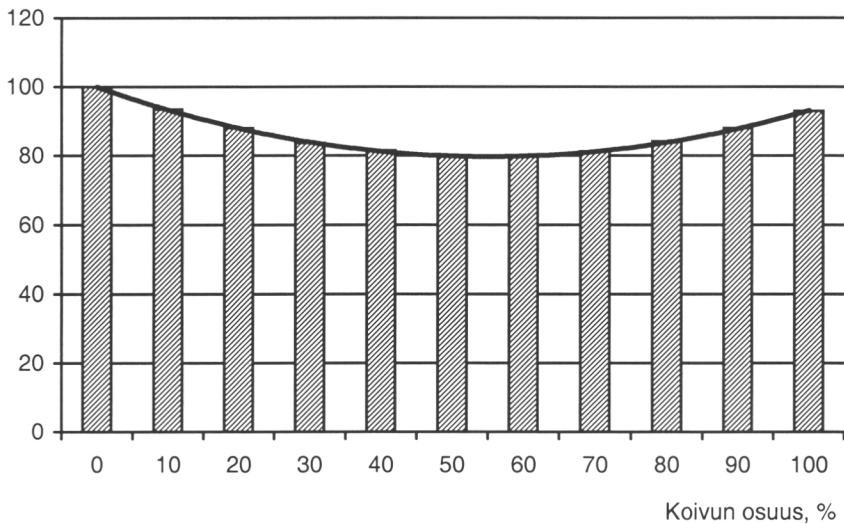
Koivun osuuden lisääntyessä yhdistelmäkonen tuotos väheni aluksi selvästi, mutta kun koivun osuus ylitti 50 % tuotos alkoi jälleen lisääntyä (kuva 26). Pääsyy tähän oli puutavaralajien työläs lajittelu. Puhtaassa koivikossa puunkorjuun tuotos oli 7 % alhaisempi kuin puhtaassa männikössä (kuva 26).

Suhteellinen käyttötuntuotos, %



Kuva 25. Yksioteharvesteriketjun käyttötuntuotos harvennuskannikossa ja -koivikossa. Vertailutasona (100 %) 100 dm³:n mäntyrunko.

Suhteellinen käyttötuntuotos



Kuva 26. Koivun osuuden vaikutus harvennuspuiden korjuun käyttötuntuotokseen yhdistelmäkonella.

5.2 Koivun vaikutus puunkorjuun kustannuksiin

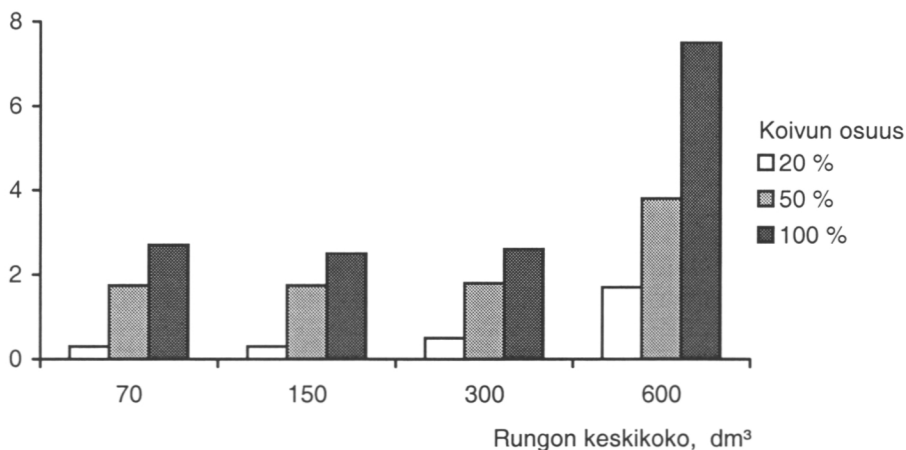
Koivun vaikutuksia puunkorjuun kustannuksiin tarkasteltiin korjuukustannusmallilla. Herkkyyksianalyysillä tarkasteltiin 20, 50 ja 100 %:n koivuosuuden vaikutusta puunkorjuun kustannuksiin. Tulokset koskevat kaikkea korjattavaa puutavaraa. Laskelmat tehtiin erikseen koneelliselle hakkuulle, metsäkuljetukselle ja puunkorjuulle päätehakuissa ja harvennuksissa. Laskelmissa perusvaihtoehtona oli puhdas männikkö tai kuusikko.

Koivu lisäsi pienikokoisessa puustossa koneellisen hakkuun kustannuksia vain muutaman prosentin (kuva 27). Sekametsien korjuuseen nähden puhtaiden koivikoiden hakkuut merkitsivät kustannuslisää jo hakkuuvaiheessa. Päätehakuukoivikoissa hakkuukustannus oli yli 5 % korkeampi kuin puhtaassa männikössä tai kuusikossa.

Koivusekapuusto vaikutti metsäkuljetuskustannuksiin enemmän kuin hakkuukustannuksiin (kuva 28). Kustannusten nousu aiheutui lisääntyneestä lajiteltutarpeesta, koivun hitaammasta kuormauksesta ja pienemmästä kuorman koosta. Puhtaissa koivikoissa metsäkuljetus oli yli 15 % kalliimpaa kuin sekametsissä.

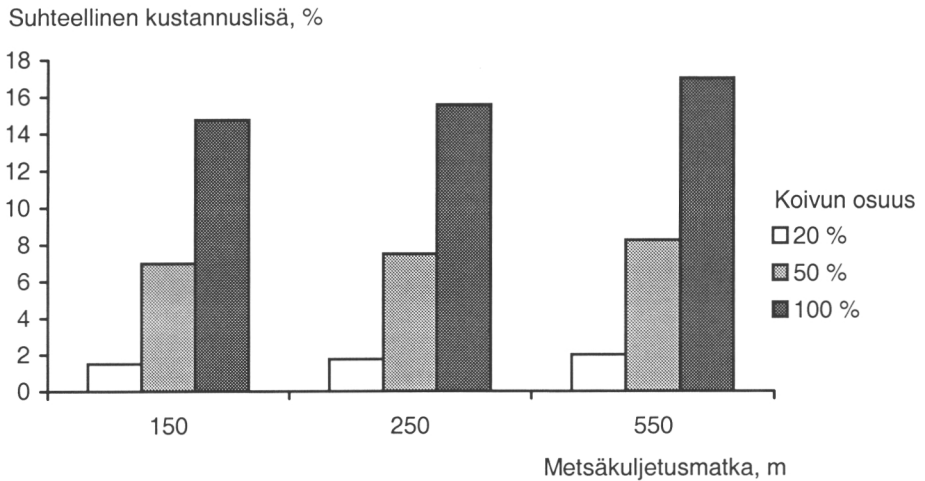
Harvennushakuissa koivun osuuden lisääntyminen lisäsi korjuukustannuksia (kuva 29). Harvennusleimikoissa, joissa hakkuukertymän keskikoko oli pieni, kustannuslisäys oli vain muutaman prosentin luokkaa. Järeämpien sekametsien harvennuksissakin kustannuslisäys jäi selvästi alle 5 %:n tason. Puhtaissa koivikoissa korjuukustannus oli 6–10 %:a korkeampi kuin havupuuvältaisissä metsiköissä.

Suhteellinen kustannuslisä, %

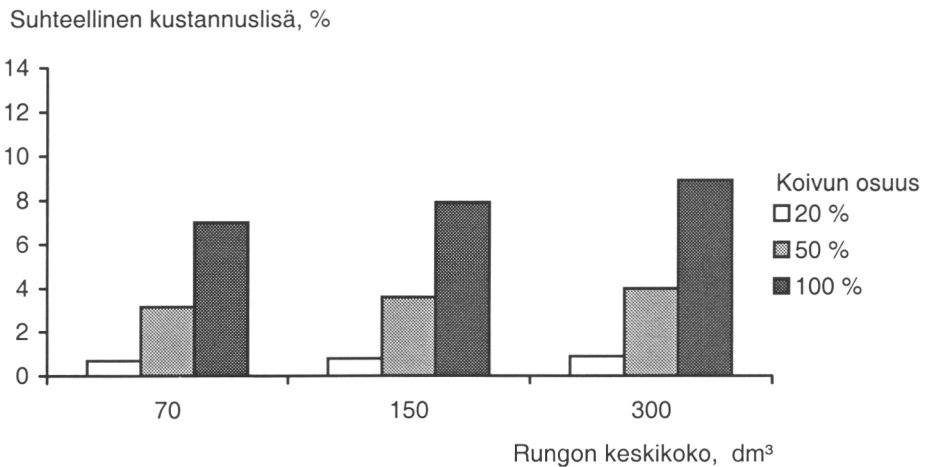


Kuva 27. Koivun osuuden vaikutus koneellisen hakkuun kustannuksiin. Tarkastelussa yhdistetty pääte- ja harvennushakkuut.

Myös päätehakuissa koivusekapuuston lisääntyminen lisäsi puunkorjuun kustannuksia (kuva 30). Puhtaiden koivikoiden päätehakkuun korjuukustannukset sen sijaan olivat selvästi korkeammat (6–15 %) kuin havupuuvältaisten metsien päätehakkuun.

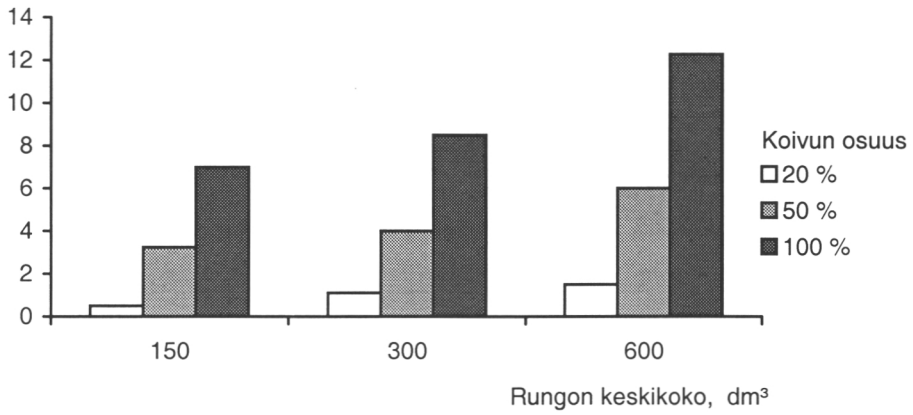


Kuva 28. Koivun osuuden vaikutus metsäkuljetuskustannuksiin. Tarkastelussa on yhdistetty pääte- ja harvennushakkuut.



Kuva 29. Koivun osuuden vaikutus puunkorjuun kustannuksiin harvennushakkuussa rungon keskikoon funktiona.

Suhteellinen kustannuslisä, %



Kuva 30. Koivun osuuden vaikutus puunkorjuun kustannuksiin päätehakkussa rungon keskikoon funktiona.

6 Päätelmät

6.1 Laskelmia koskevat varaukset

Laskelmien taustalla ovat koko maan kattaviin mittausaineistoihin perustuvilla malleilla tuotetut metsiköiden kehitysennusteet. Mallien on todettu toimivan kohtuullisen luotettavasti tasaikäisissä, yhden puulajin vallitsemissa metsiköissä. Mallien luotettavuustarkastelu tasaikäisistä sekametsiköistä kerätyn mittausaineiston avulla osoitti niiden toimivan tyydyttävästi myös tasaikäisissä sekametsissä. Mallien avulla ennustettiin myös kaksijaksoisten kuusi-koivu-metsien kehitystä. Mallien toimivuutta kaksijaksoisissa metsiköissä ei voitu testata, koska tähän soveltuvaa mittausaineistoa ei ole ollut saatavilla.

Esitetyt tulokset perustuvat seuraaviin oletuksiin koko laskentakaudesta:

- puuntuotantoon käytettävissä oleva pinta-ala ei muutu
- puuston kasvuun vaikuttavat tekijät ja kasvun reagointi niihin eivät muutu
- metsien käsittelytavat, niissä käytetty teknologia ja kustannukset eivät muutu
- puutavaralajien hinnat ja hintasuhteet eivät muutu.

Esitetyille tuloksille ei voi esittää tilastollisia luotettavuusarvioita. Ensimmäiselle kymmenvuotiskaudelle lasketut arviot ovat luotettavimmat, koska kyseisen laskentajakson lähtötietoina käytetään joko mitattua tai ajantasaistettua metsikkötietoa⁶. Ennustejakson loppua kohti luotettavuus heikkenee, koska myöhäisempiä kausia koskevat laskelmat perustuvat aikaisempien kausien mallilla ennustettuun metsän kehitykseen.

Alueellisissa laskelmissa ei ole otettu huomioon metsänomistajien hakkuukäyttäytymistä. Todellisuudessa hakattava puumäärä, metsien hoito ja niiden tuleva kehitys ratkeavat myyjien ja ostajien kesken puumarkkinoilla. Näin ollen esitetyt tulokset eivät ole puutarjonnan ennusteita, vaan tiettyjen oletusten varassa laskettuja arvioita metsien kehityksestä tulevaisuudessa⁶.

6.2 Alueelliset laskelmat

Koivun käyttö puumassateollisuudessa on lisännyt koivun kysyntää merkittävästi viimeisen parinkymmenen vuoden aikana. Tämä ei ole kuitenkaan johtanut kotimaisen koivun hakkuiden lisääntymiseen, vaan kysynnän kasvu on kohdistunut lähes yksinomaan tuontipuuhun. Viime vuosina on koivua tuotu noin 6–7 milj. kuutiometriä vuodessa. Noin puolet teollisuuden käyttämästä koivusta on tuontipuuta (kuva 9).

Kotimaisen koivun hakkuukertymät ovat viime vuosina pysyneet noin 9 milj. m³ tasolla. Etelä-Suomessa vuosittaiset hakkuut ovat olleet lähellä suurimman kestävän ohjelman tasoa eli reilut 7 milj. m³. Kotimaisen koivun käytön lisäämisen mahdollisuudet ovat tällä hetkellä varsin rajalliset verrattuna koivun nykyiseen käyttömäärään (n. 14 milj. m³). Kymen ja Pohjois-Karjalan

metsäkeskusten alueella koivun käyttö ylittää jo nyt selvästi vuotuisen kasvun (taulukko 1).

Tässä tutkimuksessa tehtyjen puutuotanto-ohjelmien (v. 1996–2036) mukaiset koivun vuosittaiset hakkuukertymät olivat 4,8 milj. m³ (*Toteutuneet hakkuut 1987-96*), 6,6 milj. m³ (*Suurin kestävä*) ja 7,9 milj. m³ (*Koivuohjelma*). *Koivuohjelmaa* toteuttamalla koivun hakkuukertymää on mahdollista kasvattaa 15 %:a *Suurin kestävä* -ohjelman tasosta, mikä tarkoittaa kotimaisen koivun hakkuumäärien lisäystä vuosittain noin 1,3 milj. kuutiometrillä. Nykyisen tuontikoivun määrästä se vastaa vain alle 20 %:a. Tarkastelun perusteella koivun tuonti tulee olemaan jatkossakin välttämätöntä nykyisillä koivun käyttömäärillä.

Koivun suosiminen metsänhoidossa vähentää havupuuston määrää. Nykyisillä hintasuhteilla tämä merkitsee nettotulojen alenemista. *Koivuohjelman* mukainen koivun hakkuiden lisäys 15 %:lla *Suurin kestävä* -ohjelman tasosta merkitsisi kolmen prosentin menetystä nettotulojen nykyarvosta. *Koivuohjelmaa* toteuttamalla koivun tilavuus säilyisi vakiotasolla, n. 180 milj. kuutiometrissä. Sen sijaan puuston kokonaistilavuus olisi 5 % alemmalla tasolla. Tuostappiosta 2/3 lankeaisi männyn ja 1/3 kuusen osalle.

Koivun hakkuumahdollisuuksien lisääminen sekametsiä suosimalla vaatisi myös hakkuupinta-alojen kasvattamista. *Koivuohjelman* harvennuspinta-ala oli yli kaksinkertainen *Toteutuneet hakkuut 1987-96* -ohjelmaan verrattuna ja noin 9 % suurempi kuin *Suurin kestävä* -ohjelmassa.

Laskelmissa ei ole voitu ottaa huomioon suunnittelematonta koivun kasvatustalan lisääntymistä. Metsänuudistamisen jättäminen kokonaan tekemättä tai uudistaminen kasvupaikalle sopimattomin tai riittämättömin menetelmin johtaa automaattisesti lehtipuuvältaisten taimikoiden yleistymiseen. Hoitamattomuuden vaikutus koivuvaroihin saattaa tulevaisuudessa olla suurempi kuin hallittu koivun suosiminen metsänkasvatuksessa.

Laskelmat osoittavat selvästi, että kotimaisen koivun saatavuuden merkittävä lisääminen vaatisi koivun kasvatustalan lisäämistä. Nopeimman keinon tähän tarjoaisi pellonmetsitys. Viime vuosina peltoja on kuitenkin metsitetty vain 7 400 ha vuodessa⁵. Mäntyä, kuusta ja koivua on pellonmetsityksessä viljelty lähes yhtä paljon 1980-luvulta lähtien². Jos pellonmetsitysala pysyy viime vuosien tasolla ja rauduskoivun osuus siitä oletetaan kolmasosaksi, pellonmetsityksistä saatava lisäys koivuvaroihin 30–40 vuoden kuluttua olisi ainoastaan 5 % ja lisäys vuotuisiin hakkuisiin 3 %.

Koivun uudistusalojen lisääminen metsämaalla havupuiden kustannuksella ei ole nykyisillä puun hinnoilla taloudellisesti kannattavaa. Tässä tutkimuksessa sovelletuilla malleilla on aikaisemmin tehty kannattavuusvertailuja eri puulajien kasvatuksesta puhtaina metsikköinä¹. Vertailujen mukaan puhtaan kuusikon kasvatusta on nykyhinnoilla ja kustannuksilla puhtaan rauduskoivikon kasvatusta kannattavampaa mitattiinpa tulosta sitten markkoina tai kuutiometreinä. Puhtaassa kuusikossa kiertoajan keskimääräinen vuotuinen tuotos oli 7 % suurempi kuin koivikossa. Neljän prosentin laskentakorkokantaa sovel-

lettaessa kuusikon kasvatus tuotti 20 % suuremmat nettotulot kuin rauduskoivikon kasvatus.

6.3 Päätelmät metsikkötason laskelmista

Metsikkötason laskelmien mukaan tasaikäisessä mänty-koivumetsikössä vähäinen koivusekoitus ei vaikuttanut mainittavasti metsikön tuotokseen eikä tuottoon, mutta jo 30 %:n koivusekoitus alensi sekä puun tuotosta että kannattavuutta. Kuusikossa pieni rauduskoivusekoitus lisäsi hieman puuntuotosta ja paransi metsänkasvatuksen kannattavuutta. Runsaampi koivusekoitus alensi kokonaistuotosta myös kuusikossa, mutta vähemmän kuin männikössä. Taloudellista tulosta 30 %:n koivusekoitus kuusikossa ei alentanut lainkaan. Saadut tulokset koivusekapuuston vaikutuksesta ovat saman suuntaisia Mielikäisen (1980³, 1985⁴) tutkimustulosten kanssa.

Mäntyjen tekninen laatu on heikoimmillaan viljavilla kasvupaikoilla, mikä otettiin laskelmissa huomioon. Koivusekoituksen vaikutusta männyn laatuun ja kasvuun taimikkovaiheessa ei otettu huomioon. Koivusekoituksen on todettu kilpailullaan vähentävän männyn oksikkuutta ja nopeuttavan oksien karsiutumista (Mielikäinen 1980³, Saksa ja Valkonen 2000⁷, Valkonen ja Ruuska 2001⁸).

Rauduskoivun kasvattaminen tukkipuun mittoihin kuusikon ylispuustona osoittautui taloudellisesti kannattavaksi. Kaksijaksoisena kasvatettavan metsän puuntuotos oli 7 % suurempi kuin ylispuista vapautetun kuusikon. Vaikka koivun kasvatus ylispuustona pidensi kuusikon kiertoaikaa noin 15 vuodella, sen kasvattaminen oli silti taloudellisesti kannattavampaa kuin koivun poisto ensiharvennusvaiheessa, kun laskelmissa sovellettiin alle viiden prosentin korkokantaa. Jos korkoa ei oteta lainkaan huomioon, tuotti rauduskoivun kasvattaminen ylispuuna tukkipuumittoihin n. 40 % enemmän myyntituloja kuin vapautetun kuusikon kasvattaminen. Samansuuntaisia tuloksia kaksijaksoisen kuusi-rauduskoivun kasvattamisesta ovat esittäneet Valkonen ja Valsta (2001⁹). Heidän laskelmiensa mukaan kaksijaksoisen metsikön kasvattamisesta saatava lisätuotto on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin tässä tutkimuksessa.

Hieskoivun kasvattaminen ylispuustona edes kuitupuun mittoihin ei tämän tutkimuksen mukaan ole taloudellisesti kannattavaa. Sen kasvattaminen kuusikon päällä aiheutti n. 10 %:n tuottotappion verrattuna kuusikon vapauttamiseen. Saatu tulos on hieskoivun kasvattamisen kannattavuuden osalta kriittisempi kuin Valkosen ja Valstan (2001⁹) tutkimustulos, jonka mukaan hieskoivun kasvattaminen ylispuuna sai aikaan 13 %:n tuottolisäyksen. Tutkimustulosten eron taustalla ovat erilaiset tuotosmallit ja laskentaperusteet.

Kaksijaksoisen metsikön kasvatuksen kannattavuuteen vaikuttaa myös koi-vuylispuuston käsittelystä aiheutuvien korjuuvaurioiden määrä. Laskelmissa oletettiin, että alikasvoskuusista tuhoutuu koivun harvennuksissa 30 % ja koivun päätehakkuussa 20 %. Jos alikasvoskuusten vaurioita pystytään vähentä-

mään koivun harvennuksissa viidellä %-yksiköllä (esim. 20:sta 15 %:iin), paranee kaksijaksoisen rauduskoivu-kuusisekametsän kasvatuksen kannattavuus 2–3 prosenttiyksiköllä laskentakorkokannasta riippuen. Varovaiset korjuumenetelmät vaikuttavat toisaalta suotuisasti puuston kehitykseen, mutta toisaalta ne lisäävät korjuukustannuksia.

6.4 Puunkorjuun kustannukset sekametsissä

Koivusekoitus havupuuvaltaisessa metsikössä lisäsi puunkorjuun kustannuksia 0,5–6 %. Päätehakuissa kustannusten lisäys oli suurempi kuin harvennushakuissa. Kustannuslisä oli alle 2 %, jos koivua oli sekapuuna alle 30 prosenttia.

Koivun osuuden vaikutus hakkuukustannuksiin oli vähäinen. Koivusekoitus havupuuvaltaisessa metsikössä lisäsi hakkuukustannuksia 0,5–4 prosenttia puhtaaseen männikköön tai kuusikkoon verrattuna. Sen sijaan metsäkuljetuskustannuksiin koivusekoituksen vaikutus oli suurempi. Tämä johtui osittain lisääntyvästä puutavaralajien lajittelusta. Painava ja mutkaisempi koivu pienentää myös kuorman kokoa. Metsäkuljetuskustannukset ovat kaikkein korkeimmat puhtaassa koivikossa.

Koivun käyttäjän kannalta sekametsien heikkoutena ovat pienet koivukertymät. Pienten erien kerääminen lisää kaukokuljetuskustannuksia ja näin myös raaka-aineen hintaa tehtaalle toimitettuna.

Yhteenveto

Saadut tulokset antavat aiheen seuraaviin päätelmiin sekametsien mahdollisuuksista kotimaisen koivun saatavuuden lisäämisessä:

- Nykyisillä koivun käyttömäärillä koivun tuonti on välttämätöntä
- Koivun hakkuumäärien lisäys on mahdollista vain havupuiden kustannuksella.
- Nykyisillä puulajien ja puutavaralajien hintasuhteilla koivun suosiminen sekapuuna ei ole taloudellisesti kannattavaa
- Runsas koivusekoitus männikössä heikentää metsikön tuotosta ja nettotuloja
- Rauduskoivun kasvattaminen sekapuuna kuusikossa on kannattavaa sekä yksi- että kaksijaksoisissa metsiköissä
- Koivusekoitus havupuuvaltaisessa metsikössä lisää lievästi puunkorjuun kustannuksia.

Kirjallisuus

- ¹ Holm, S. 2000. Haavan kasvatusta ja käyttöä. Pihlaja-sarja. Metsälehti kustannus. 123 s.
- ² Hynönen, T. & Hytönen, J. 1997. Pellosta metsäksi. Pihlaja-sarja nro 1. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 152 s.
- ³ Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 99(3). 82 s.
- ⁴ — 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 133: 1–79.
- ⁵ Metsätaloustilastollinen vuosikirja 2000. Metsätutkimuslaitos. SVT. Maa-, metsä- ja kalatalous 2000: 14. 366 s. ISBN 951-40-1752-8.
- ⁶ Nuutinen, T., Hirvelä, H., Hynönen, J., Härkönen, K., Hökkä, H., Korhonen, K. T., Salminen, O. 2000. The Role of Peatlands in Finnish Wood Production – an Analysis Based on Large-Scale Forest Scenario Modelling. *Silva Fennica* 34(2). s. 131–153.
- ⁷ Saksa, T. & Valkonen, S. 2000. Birch as an admixture in a young pine stand. In: Jandl, R., Devall, M., Khorchidi, M., Schimpf, E., Wolfrum, G. & Krishnapillay, B. *Forests and society: The role of research. XXI IUFRO World Congress, 7–12 August 2000, Kuala Lumpur, Malaysia. Volume III, Poster abstracts. IUFRO and Forest Research Institute Malaysia.* s. 135–136. ISBN 983-2181-01-0.
- ⁸ Valkonen, S. & Ruuska, J. 2001. Koivusekoituksella laatupuuta istutusmänniköihin? *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2001: 60–64.
- ⁹ — & Valsta, L. 2001. Productivity and economics of mixed two-storied spruce and birch stands in Southern Finland simulated with empirical models. *Forest Ecology and Management* 140(2–3): 133–149.

ISBN 951-40-1820-6
ISSN 0358-4283
Hakapaino 2002