

FOLIA FORESTALIA 504

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

LAURI VALSTA

ISTUTUSKUUSIKON KASVATUSTIHEYKSIEN
LIIKETALOUDELLINEN VERTAILU

PROFITABILITY COMPARISON OF GROWING
DENSITIES IN SPRUCE PLANTATIONS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtion-metsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 504

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Lauri Valsta

ISTUTUSKUUSIKON KASVATUSTIHEYKSIEN
LIKETAALOUDELLINEN VERTAILU

Profitability comparison of growing densities
in spruce plantations

VALSTA, L. 1982. Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liikeloudellinen vertailu. Summary: Profitability comparison of growing densities in spruce plantations. *Folia For.* 504:1—33.

Tutkimuksessa vertaillaan istutuskuusikon kasvatustiheyksien liikeloudellista edullisuutta metsikkökohtaisesti vaihdellen kiertoaikaa, tukki- ja kuitupuun hintasuhdetta sekä metsänhoitotöiden kustannustasoa. Koska metsälöön ja yksittäiseen metsikköön kohdistetut taloudelliset tavoitteet vaihtelevat huomattavasti metsänomistajien kesken, yhtä yleispätevää taloudellista perustetta edullisimman kasvatustiheyden valitsemiseksi ei voida esittää. Kasvatustiheyden liikeloudellista edullisuutta mitattiin reaalisilla, toisin sanoen inflaatiosta vapailla tulojen ja menojen nykyarvon erotuksilla, sisäisellä korkokannalla sekä keskimääräisellä vuotuisella nettotulolla. Laskettaessa metsikön vaihtoehtoisten käsittelyjen antamia nykyarvoja metsänomistajan kannattavuusvaatimuksen taso voidaan ottaa huomioon laskentakorkokannan suuruuden avulla.

Edullisuutta tarkasteltiin kahdella päätöksentekohetkellä: juuri ennen ensiharvennusta ja metsikön perustamista. Metsänomistajan oletettiin myyvän puun pystykauppoina. Puutavaran yksikköhinnat ja puunkasvatuksen yksikkökustannukset pidettiin ajan suhteen kiinteinä, mutta pystyleimikkojen yksikköhintaan vaikuttavat tekijät otettiin huomioon vallitsevan käytännön mukaisesti.

Koko kiertoajan kattava tuotosaineisto perustui Heinolan mlk:ssa Nynäsin metsäalueella sijaitseviin kestokokeisiin sekä tuotosennusteisiin. Metsikön kehityksestä perustui maastomittauksiin kasvupaikasta riippuen 53—57 ensimmäistä ikävuotta, joiden lisäksi tuotos ennustettiin kiertoajasta riippuen 2—28 vuoden ajanjaksolle.

Tutkitut kasvatustiheydet vaihtelivat 60 prosentista 100 prosenttiin harventamattomien metsiköiden pohjapinta-alaan verrattuna. Tutkimustulokset ovat sovellettavissa lähinnä eteläsuomalaisiin istutuskuusikoihin. Ensiharvennushetkelle lasketun 3 %:n nykyarvon mukaan edullisin kasvatustiheys oli mustikkatyypillä noin 70 % ja käenkaalimustikkatyypillä 60 % tai vähemmän. Sisäisen korkokannan perusteella kummallakin kasvupaikalla alhaisimmat tutkitut kasvatustiheydet olivat edullisempia. Paras taloudellinen tulos kiertoajan keskimääräisen vuotuisen (diskonttaamattoman) nettotulon mukaan laskettuna saatiin mustikkatyypillä 70—80 %:n ja käenkaalimustikkatyypillä 80—90 %:n kasvatustiheydellä käytetystä kiertoajasta riippuen. Tutkimuksen tulosten mukaan yksityismetsätalouden edistämisyjärjestöjen nykyisiä harvennusohjeita likimain vastaava harvennusvaihtoehto on edullisin silloin, kun metsänomistajan reaalinen korkovaatimus, siis nykyarvomenetelmän laskentakorkokanta, on suuruusluokkaa 2—3 %.

The business economic profitability of growing densities in Norway spruce plantations in southern Finland is evaluated by using partial investment criteria as real net present value and the real internal rate of return. Decision points used are the time just before the first thinning and regeneration.

The yield data, covering whole rotations, are based on permanent plots and, for the last 2—28 years of rotations, on yield predictions. The unit prices and costs are held constant over time. For single cut lots of wood the unit prices for timber and pulpwood are fixed by the mean size of the usable part of stem and by the amount of cut wood.

The optimal density varies from 85 to 60 % of the maximum (the basal area of unthinned stands) and it seems to be lowered with increasing site fertility, increasing rate of interest, increasing unit price ratio timber:pulpwood and decreasing level of costs.

ODC 651 + 232.43 + 535 + 174.7 *Picea abies*
ISBN 951-40-0556-2
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
11. Istutuskuusikon kasvatustiheys liiketaloudellisena ongelmana	4
12. Aiemmat tutkimukset	4
13. Tutkimusongelma Suomessa	5
14. Tutkimuksen tarkoitus ja tehtävät	5
2. TUTKIMUSMENETELMÄ	6
21. Menetelmän periaatteen valinta	6
22. Kantorahatulojen määrittäminen	6
23. Puunkasvatuksen kustannusten määrittäminen	8
3. TUTKIMUSAINEISTO	9
31. Tuotossarjat	9
311. Tutkimusmetsiköt	9
312. Metsiköiden kehityslaskelmat	9
313. Käsittelyohjelmien kuvaus	9
32. Tulossarjat	13
33. Kustannussarjat	15
4. TULOKSET	16
41. Edullisuus perustilanteessa	16
42. Laskentakorkokannan vaikutus	20
43. Puutavaralajien hintasuhteiden vaikutus	22
44. Kustannustason vaikutus	23
5. TARKASTELU	24
51. Tutkimusaineiston edustavuus	24
52. Tulosten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	26
53. Päätelmiä	27
KIRJALLISUUS	28
SUMMARY	30
LIITTEET	31

1. JOHDANTO

11. Istutuskuusikon kasvatustiheys liiketaloudellisena ongelmana

Ensiharvennusemetsän käsittelyä suunnittelevalle metsänomistajalle joutuu usein seuraavanlaisten kysymysten eteen: Kuinka voimakkaasti voin harventaa ensiharvennusemetsääni (tyytyttääkseni hakkuutulojen tarvetta) ilman, että kasvatustiheys laskee liikaa ja metsikön tuotto sen seurauksena alenee? Kuinka paljon minun on vähintään harvennettava (vaikka olisi hakkuumahdollisuuksia myös varttuneemmissa metsissä), jotta tulevaisuuden tuotot eivät vähene metsikön liikatiheyden vuoksi? Kuinka paljon metsikön tuotto tulevaisuudessa vähenee, jos jätän harvennukset tekemättä?

Edellä olevista kysymyksistä kuvastuu ensiharvennuksen ja metsikön muiden hakuiden kiinteä yhteys. Ensiharvennuksessa valittavalla kasvatustiheydellä on pitkäaikainen vaikutus metsikön tulevaan kehitykseen. Mikäli ensiharvennus esimerkiksi viivästyy huomattavasti, on sen oltava lievä metsänhoidollisista syistä, ja sitä seuraavien hakuiden voimakkuutta voidaan vain asteittain lisätä. Tällöin metsikön järeytyminen jatkuu hitaampana kuin normaalisti käsitellyissä metsiköissä jopa kiertoajan loppuun saakka.

Ensiharvennusemetsästä olevan istutusmetsikön käsittelymahdollisuudet riippuvat voimakkaasti metsikön perustamisvaiheen tapahtumista. Istutusmetsä, luonnontaimien määrä, taimikkotuhot sekä taimikon hoito määräävät metsikön tiheyden ja puiden laadun ensiharvennusemetsästä. Tämän vaiheen toimintavaihtoehdot riippuvat lisäksi huomattavasti siitä, mihin ajankohtaan ensiharvennus sijoitetaan.

Puustolla on metsänomistajalle taloudellinen merkitys sekä kasvavan metsän osana että myyntikelpoisena puuna. Metsikössä puusto on osa tuotantokoneistoa, ja pääsääntöisesti metsikön absoluuttinen arvokasvu on sitä suurempi, mitä enemmän puustoa on kasvamassa. Kasvavaa puustoa voidaan pitää siten tuotantoon sidottuna pääomana, jonka aiheuttama kustannus

voidaan laskea joko hankintakustannuksena tai vaihtoehtokustannuksena, joista jälkimmäinen on metsänomistajan kannalta yleensä mielekkäämpi. Vaihtoehtokustannusten suuruus määritetään sen mukaisesti, millaisen hyödyn metsänomistaja saisi jostakin puuston osasta, jos hän myisi sen ja käyttäisi näin saamansa tulon kulutukseen tai sijoittaisi sen edelleen muuhun kohteeseen (Hämäläinen 1979). Vaihtoehtoisen sijoituskohteen tuottoa voidaan kuvata esim. laskentakorkokannalla.

12. Aiemmat tutkimukset

Perustamistiheyden ja kasvatustiheyden kiinteästä yhteydestä johtuu, että niitä koskeva tutkimus on usein päällekkäistä. Yksittäinen tutkimus voi sisältää tietoa näistä molemmista metsikön kehityksen vaiheista, ja on tavallista, ettei näiden kahden tekijän vaikutuksia pystytä selvästi erottamaan toisistaan, mikä vaikeuttaa johtopäätösten tekoa tuloksista. Kasvatustiheyttä liiketaloudelliselta kannalta on tutkittu Suomessa melko vähän. Mainittakoon tässä yhteydessä Kilkin (1968 ja 1971), Kilkin ja Väisäsen (1969), Hämäläisen (1973a ja 1973b), Vuokilan (1975) ja Hyppösen (1979) tutkimukset, joista tosin vain Vuokilan tutkimus käsittelee nimenomaan kuusikoita. Aihepiiriä koskevaa tutkimusta ovat Suomessa viimeksi esitelleet Hämäläinen (1973a) tutkimuksessa puunkasvatuksen edullisuusvertailuista ja Hannelius (1978) istutuskuusikon perustamistiheyttä koskevassa tutkimuksessa. Kyseisissä tutkimuksissa käsitellyn varsin laajan kirjallisuuden lisäksi voidaan mainita seuraavia kasvatustiheyden taloudellisia kysymyksiä käsitelleitä tutkimuksia: harvennuksen voimakkuus (Henriksen 1961, Bryndum 1967, 1974), hakkaamatta jättäminen, harventaminen ja uudistaminen käsitteilyvaihtoehtoina (Randall 1977), yksittäisen puun harvennusajankohta (Find 1971), markkinatilanteen huomioon ottaminen (Møller ja Nielsen 1976), harvennus-

hakkuiden eri taloudelliset näkökohdat (Worthington ja Staebler 1961). Evert (1973) on julkaissut kirjallisuuskatsauksen perustamistiheyttä ja kasvatustiheyttä koskevista tutkimuksista vuosilta 1920—1971.

Yhtenäistä kuvaa eri kasvatustiheyksien edullisuudesta ei mainittujen julkaisujen perusteella voi muodostaa: tarkastelujaksot ovat usein lyhyempiä kuin kiertoaika, koeaineistot edustavat toisistaan poikkeavia olosuhteita eikä laajan koeolosuhteiden vaihtelun kattavia tutkimuksia ole. Lisäksi eri puulajeilla saatuja tuloksia on vaikea yhdistää puulajien suurten biologisten erojen vuoksi. Eräissä tutkimuksissa on kuitenkin todettu yhdenmukaisesti, että hakkuutulojen nykyarvon perusteella arviotuna vahvat harvennukset ovat edullisempia kuin lievät harvennukset tai harventamatta jättäminen (Henriksen 1961, Bryndum 1969, 1974, Hamilton 1976, Randall 1977). Bryndumin (1969, 1974) mukaan laskentakorkokannalla ei ollut vaikutusta eri harvennusvoimakkuuksien edullisuussuhteisiin. Kiertoaajan (Bryndum 1969, 1974, Randall 1977) ja kasvupaikan boniteetin (Buongiorno ja Teeguarden 1973) merkityksestä on lisäksi saatu yksittäisiä tuloksia.

13. Tutkimusongelma Suomessa

Kuusen viljely aloitettiin Suomessa jo 1850-luvulla, mutta vasta satakunta vuotta myöhemmin se yleistyi niin paljon, että nyt, 1980-luvulla, istutuskuusikot alkavat muodostaa yleisen metsikkötyypin, jolle on laadittava omat käsittelyohjeistonsa. Vaikka viljelykuusikoita koskevaa tutkimusta on tehty maassamme jo usean vuosikymmenen ajan (esim. Cajander 1933), niiden kasvatuksen taloudelliset kysymykset ovat vielä suurelta osin ratkaisematta.

Nuorten kasvatusmetsien pinta-ala maassamme on voimakkaassa kasvussa. Vuosien 1952—1973 välillä uudistusalojen ja ikäluokkaan 1—40 v. kuuluvien metsiköiden yhteinen pinta-ala kasvoi runsaat 3 milj. ha (Kuusela 1978). Tämä merkitsee myös harvennushakkuiden arvioidun tarpeen kasvua nykyisestä n. 200 000 hehtaarista noin 400 000—500 000 hehtaariin vuotta kohden seuraavien 20 vuoden aikana. Tästä määrästä istutuskuusikoiden osuus on arviolta runsaat 100 000 hehtaaria vuodessa.

Harvennushakkuiden määrä ja osuus metsätaloudellisista hakkuista 1970-luvulla ilmenee seuraavasta jaotelmasta (Uusitalo 1972...1981).

Vuosi	Metsätaloudelliset hakkuut, 1000 ha	Harvennushakkuiden osuus metsätaloudellisista hakkuista, 1000 ha	%
1970	666	215	32
1971	498	164	33
1972	425	120	28
1973	472	100	21
1974	393	117	30
1975	268	89	33
1976	410	109	27
1977	319	78	24
1978	383	84	22
1979	482	128	27
Keskimäärin 1970—79	432	120	28

Harvennushakkuiden määrän pysyminen lähivuosisikymmeninä 1970-luvun tasolla merkitsisi sitä, että suuri osa nykyisistä ensiharvennusvaiheessa olevista metsistä jäisi harventamatta ja seuraava hakkuu niissä olisi päätehakkuu. Tällaisen tulevaisuudenkuvan taloudelliset vaikutukset ovat suurelta osin tuntemattomat. Ei ole myöskään yksityiskohtaista tietoa siitä, minkä puulajin ja kasvupaikan metsät olisi asetettava etusijalle ohjattaessa rajoitettua harvennushakkuukapasiteettia eri tyyppisiin metsiin.

Harvennushakkuiden yksi edellytys on harvennuspuun riittävä kysyntä. Sen synty-miseksi puunjalostusteollisuuden raaka-aineen tarpeen tulisi ainakin pääpiirtein jakautua tukki- ja kuitupuun kesken hakkuumahdollisuuksien mukaisissa suhteissa. Vuonna 1980 oli havaittavissa koko maan kuitupuun hakkuusuunnitteen ylimäärä teollisuuden kuitupuun tarpeeseen verrattuna (Huovinen 1980). Maamme metsien kehitysluokkarakenteen perusteella voidaan olettaa kuitupuun osuuden suunnitteissa kasvavan tulevaisuudessa ja kuitupuulle saattaa tällöin muodostua pysyvää liikatarjontaa. Tällainen kehityskulku yhdistyneenä pieniköisen puun korjuukustannusten jatkuvaan kasvuun saattaa johtaa ajautumiseen tai jopa pyrkimykseen kasvattaa metsiköitä ilman harvennushakkuita.

14. Tutkimuksen tarkoitus ja tehtävät

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on määrittää istutuskuusikon liiketaloudelli-

sesti edullisin kasvatustiheys metsikkökoh-
taiseen tarkasteluun perustuen. Tutkimuk-
sen tehtäväksi on asetettu seuraavat:

1. Määrittää tuotোসaineistoon perustuen eri kasvatustiheyksien antamat käyttöpuun tuotokset sekä niiden kantoarvot vaihtoehtoisilla kiertoajoilla.

2. Määrittää kasvatusvaihtoehtoihin liittyvät metsikkökohtaiset kustannukset.

3. Vertailla kasvatustiheyksien liiketaloudellisia edullisuuksia.

4. Tutkia kiertoajan, laskentakorkokannan, puutaveralajin hintasuhteiden ja metsänhoitotöiden yksikkökustannusten muutoksien vaikutuksia eri kasvatusvaihtoehtojen edullisuuteen.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ

21. Menetelmän periaatteiden valinta

Metsänomistajan päätöksenteon pohjana olevan edullisuuden vertailumenetelmän harhattomuus riippuu siitä, kuinka hyvin menetelmässä ovat edustettuina päätöksentekijän tavoitteet sekä päätökseen vaikuttavat olosuhteet. Toisin sanoen kuinka totuudenmukaisesti vertailumenetelmä pystyy mittamaan päätöksentekijän hyödyn kustakin vaihtoehdosta. Metsikön eri käsittelyvaihtoehtojen liiketaloudellinen edullisuus voidaan määrittää joko kokonais- tai osittaismallin avulla. Kokonaismalli kattaa metsänomistajan taloustoiminnan koko alueen, kun taas osittaismalli pitää sisällään vain esimerkiksi yhden metsikön toimintavaihtoehtojen vertailun muusta taloustoiminnasta irrallisena. Eri tyyppisten mallien käytön edellytyksiä ja sovellettavuutta puunkasvatuksen edullisuusvertailussa on käsitellyt esim. Hämäläinen (1973a s. 46—58, 114—129). Aihepiiriin liittyviä suomalaisia tutkimuksia on esitelty Keipin (1980) katsauksessa metsätalouden liiketieteen tutkimukseen.

Puunkasvatuksen osakysymysten, kuten lannoituksen, kiertoajan pituuden, perustamistiheyden tai harvennustavan, edullisuusvertailut suoritetaan yleensä metsikkökoh-
taisina tarkasteluina, ja edullisuutta mitataan tällöin osittaismalleilla. Osittaismallien antamien tulosten yleistettävyyttä voidaan parantaa laskemalla tuloksia useilla vaihtoehtoisilla mallin parametrien arvojen yhdistelmillä ja tutkimalla saadun edullisuusjärjestyksen pysyvyyttä erilaisissa päätöksenteon olosuhteissa.

Yksittäisen metsikön kasvatuksen tulot ja menot muodostavat pitkän aikaulottuvuuden omaavan maksutapahtumasarjan. Sen liiketaloudellista edullisuutta on yleisesti tutkittu siten, että maksutapahtumien katso-

taan muodostavan investoinnin, ja kasvatusvaihtoehtoja on vertailtu käyttäen investointien edullisuuden laskentamenetelmiä (vrt. luvussa 1 mainittu kirjallisuus). Investoinnin edullisuutta kuvaavista malleista katsottiin tässä tutkimuksessa nykyarvomenetelmän ja sisäisen korkokannan menetelmän antavan metsänomistajan kannalta käyttökelpoisinta tietoa.

Investointien edullisuutta laskettaessa on valittava laskelmien nollassa hetki, joka on yleensä sama kuin päätöksentekohetki. Nollahetkeksi otettiin tässä tutkimuksessa se ajankohta, jolloin käytettävä kasvatus-
tiheys valitaan, ts. ensiharvennushetki. Tätä ajankohtaa koskeva eri vaihtoehtojen edullisuus laskettiin siten, että puuston hakkuuarvoa ennen ensiharvennusta verrattiin kaikkien tulevaisuuden maksutapahtumien nettonykyarvoon. Samalla voitiin ottaa huomioon aiemmasta käsittelystä johtuneet pienehköt erot eri kasvatustiheyksien lähtöpuustojen välillä ensiharvennushetkellä. Toiseksi päätettiin tehdä vertailu myös perustamishetkellä, minkä tuloksena saatiin eri kasvatusvaihtoehtojen antamat maan arvot käytettyjen tulo- ja menoperusteiden mukaisina. Nollahetkeä (ensiharvennushetki tai metsikön perustamishetki) edeltäneet tulot ja menot jätettiin kaikissa tilanteissa laskelmien ulkopuolelle.

22. Kantorahatulujen määrittäminen

Käsittelyvaihtoehtojen vertailemiseksi on määritettävä kunkin vaihtoehdon tuotot ja kustannukset. Tuotot selvitettiin hakkuu-
oikeuden myynnistä saatuna tuottoina eli kantorahatuloina. Menettelyä voidaan pitää epätyytyttävänä siinä suhteessa, että suuri osa harvennuspuusta myydään nykyisin han-

kintakauppana yksityismetsistä, ja metsänomistajan saama tulo poikkeaa silloin pystykaupan mukaan määritetystä tulosta. Joh-tuen siitä vaihtelevuudesta, jolla metsänomistajat arvottavat hankintamyynnillä saadun tulon hankkimiseksi uhratut työ- ja materiaalipanokset, olisi hankintakaupan mukainen puutavaran hinnoittelu tuonut tutkimukseen useita tarkasteltavia tekijöitä ja vertailtavia toimintavaihtoehtoja lisää. Tästä syystä tarkastelu rajattiin koskemaan vain pystykaupan mukaista puutavaran hinnoittelua.

Kantorahatulojen määrittäminen voitiin jakaa kahteen tehtävään: myyntiajankohdan hintatason selvittämiseen ja tietyn puu-erän arvon selvittämiseen. Tietyn ajankohdan hintataso voi perustua joko kiinteisiin tai ajan mukana vaihteleviin hintoihin. Jälkimmäisessä tapauksessa hintojen muutoksilla ajan suhteen kuvataan joko reaali- tai nimellishintojen kehitystä. Eri tutkimuksissa on tutkimustehtävästä riippuen käytetty huomattavastikin toisistaan poikkeavia ratkaisuja hintatason määrittämiseksi. Suomessa on viimeaikaisissa metsäekonomisissa tutkimuksissa tavallisimmin määritetty usean vuoden havaintojen perusteella trendiyhtälö, jonka avulla on saatu suhdannevaihteluista vapaat arvot halutuille vuosille (ks. esim. Metsänviljelykustannusten ... 1971, Hämäläinen 1973a, Hyppönen 1979, Keipi ja Laakkonen 1980). Toisinaan on käytetty tietyn vuosijakson hintojen keskiarvoa kuvaamaan suhdanneaallon keskihintaa (ks. esim. Keipi ja Kekkonen 1970, Keltikangas ja Seppälä 1973, Hyppönen 1981) tai lähimenneisyyden yksittäisten vuosien hintoja (ks. esim. Kilkki ja Pökälä 1975, Vuokila 1975, Hannelius 1978).

Tutkimuksissa on yleensä lähdetty siitä periaatteesta, että tuottojen ja kustannusten reaaliset yksikköarvot tai niiden suhteet säilyvät ennallaan tulevaisuudessa tai että muutokset ovat niin pieniä, ettei ole tarpeen ottaa niitä huomioon. Tällä perusteella on yleensä käytetty kiinteitä, lankeamisajankohdasta riippumattomia tuottojen ja kustannusten yksikköarvoja. Toisenlaisen ratkaisun esittivät esim. Hämäläinen (1973a) tai Keipi ja Laakkonen (1980) arvottaessaan tulevaisuuden hakkuutulot eri hakkuuajan-kohdille ennustettujen kantohintojen perusteella. Viimeksi mainitut määrittivät kanto-hinnat lisäksi stokastisina lukuina päin

vastoin kuin muissa mainituissa tutkimuk-sissa. Hämäläinen (1973a) on esittänyt menetelmät tulevaisuuden reaalisten kanto-hintojen määrittämiseksi lineaariseen ja sykliseen kehitykseen perustuen sekä myös pienalueiden välisten erojen huomioon ottamiseksi. Käsillä olevassa tutkimuksessa määritettiin ensin lineaaristen trendiyhtälöiden avulla kunkin puutavaralajin kanto-hinta sille hakkuuvuodelle, jonka rahan arvossa laskelmat tehtiin. Näin saatuja yhden vuoden kantohintoja käytettiin kaik-kien puuerien hinnoittelussa riippumatta hakkuun ajankohdasta. Tutkimuksen tar-koituksen kannalta pidettiin tarpeettomana ennustaa tuottojen tai kustannusten yksik-köarvojen kehitystä.

Metsikkökohtaisissa liikeloudellisissa tarkasteluissa on puutavaran pystykaupan mukaiseen hintaan vaikuttavina tekijöinä käsitelty yleensä vain runkolajien järeyttä (esim. Keipi ja Kekkonen 1970, Metsänvil-jelykustannusten ...1971, Hannelius 1978, Hyppönen 1979, Keipi ja Laakkonen 1980) ja toisinaan leimikon tiheyttä eli poistetta-vaan puumäärää pinta-alaysikköä kohden (esim. Hyppönen 1979 ja 1981). Muita pysty-kaupan mukaisia hinnoittelutekijöitä ei yksittäiseen metsikköön rajoittuvassa tar-kastelussa yleensä voida määrittää. Tässä tutkimuksessa määritettiin puuerien yksik-köhinnat runkolajien järeyden ja leimikon tiheyden perusteella Puun hintasuositusten (1978) ja määritettyjen trendihintojen mu-kaisesti, jotta eri kasvatustiheyksien vaikutus puun yksikköhintaan tulisi otettua huomioon mahdollisimman tarkasti. Tässä yhteydessä on huomattava, että mainittu-ten puun hintasuositusten mukaisessa pysty-kauppana tapahtuvassa hinnoittelussa eivät kaikki puunkorjuun kustannuksiin vaikutta-vat lukuisat leimikkokohtaiset tekijät pääse vaikuttamaan puun yksikköhintaan. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kysymystä vain pystymyyn-tejä käyttävän metsänomistajan kannalta, ja puun korjaajan näkökulma rajattiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Edullisuuskriteeriä valittaessa on rajat-tava laskelmien ajallinen ulottuvuus. Käsillä olevassa tutkimuksessa oletettiin puunkasva-tuksen olevan metsämaan pysyvä ja ainoa käyttömuoto, eikä laskelmien ajallinen ulot-tuvuus ollut siis tässä suhteessa rajoittunut. Toinen aikatekijään liittyvä tärkeä näkökoha on päätöksentekijän aikahorisontti. Se

ulottuu harvoin edes henkilön eliniän loppuun saakka ja voi jäädä metsikön kiertoaikaan nähden hyvinkin lyhyeksi. Tämä puoltaisi laskelmien rajaamista koskemaan kiertoaika lyhyempää ajanjaksoa. Tällöinkin päätöksentekijälle on merkitystä kuhunkin vaihtoehtoon liittyvän tulo-menosarjan lisäksi sillä metsäomaisuuden arvolla aikahorisontin rajalla, mihin eri vaihtoehdot johtavat. Mikäli puunkasvatus on pysyvä metsämaan käyttömuoto, voidaan tätä omaisuuden arvoa usein mitata aikahorisontin jälkeisten tulojen ja menojen diskontatulla nettoarvolla. Näin ollen se tässä tutkimuksessa valittu menettely, että laskelmat ulotettiin ikuisuuteen asti, on perusteltavissa huolimatta siitä, että metsän kunkinhetkisen omistajan aikahorisontti on metsikön kehitykseen nähden lyhyen ajanjakson päässä päätöksentekotilanteesta.

23. Puunkasvatuksen kustannusten määrittäminen

Eri metsiköiden kasvatuksessa syntyvät kustannukset vaihtelevat huomattavasti. Kasvupaikan olosuhteista ja metsikön perustamista edeltäneistä tapahtumista riippuen esimerkiksi raivauksen, maanmuokkauksen tai taimikon perkauksen tarpeessa on suuria eroja. Tämän tutkimuksen olosuhteita vastaavien keskimääräisten kustannusten määrittämiseksi metsänhoitotöiden kustannukset jaettiin kahteen osatekijään: yksikkökustannukseen ja toimenpiteen esiintymistodennäköisyyteen (vrt. Metsänviljelykustannusten ...1971, s. 30—33). Keskimääräisen kustannuserän suuruus saatiin tässä tapauksessa kertomalla yksikkökustannus esiintymistodennäköisyydellään.

Laskelmissa käytettiin sekä puun hinnoilla että kustannuksilla kiinteitä yksikköarvoja. Kustannuksien osalta oli siten vain selvitettävä mahdollisesta suhdannevaihte-

lusta vapaat puun hintatasoon nähden vertailukelpoiset arvot. Yksikkökustannusten reaaliarvojen kehityksessä ei ole kuitenkaan havaittavissa voimakasta suhdannevaihtelua niin kuin puutavaran yksikköhinnoilla. Tästä syystä ei katsottu tarpeelliseksi määrittää yksikkökustannuksille trendiyhtälöitä, vaan laskelmissa käytettiin yhden vuoden nimellisarvoja.

Tutkimuksen maastoaineistoksi valitut metsiköt on perustettu vuosina 1926 ja 1931, ja niitä on hoidettu sen jälkeen metsiköiden nuoruusaikana vallinneen metsänhoitokäytännön mukaisesti. Laskelmien kustannuserien määrittämisperusteilla oli siten seuraavat vaihtoehdot:

1. Selvitetään todellisuudessa syntyneet kustannukset ja muutetaan ne nykyiseen rahan arvoon.
2. Selvitetään todelliset panokset ja hinnoitellaan ne nykyisillä yksikkökustannuksilla.
3. Selvitetään istutuskuusikon kasvatuksen nykyiset kustannukset toimittaessa nykykäytännön mukaisesti.
4. Selvitetään nykyisten työmenetelmien vaatimat panokset käytettyä maastoaineistoa vastaavan metsän aikaan saamiseksi ja hinnoitellaan ne nykyisillä yksikkökustannuksilla.

Edellä olevien vaihtoehtojen sopivuutta tarkasteltiin nykyhetken päätöksentekijän ja tulevaisuuden toimenpiteisiin kohdistuvan suunnittelun kannalta. Metsänhoitokäytännön sekä metsänhoitotöiden kustannustason ja -rakenteen voimakas muutos viimeisen 50 vuoden aikana aiheutti sen, että vaihtoehdot 1 ja 2 eivät olleet tulevaisuuteen kohdistuvan suunnittelun kannalta mielekkäitä. Vaihtoehdon 3 heikkoutena olivat erot koemetsiköiden ja nykykäytännöllä syntyvän metsikön kehityksen ja ominaisuuksien välillä. Näitä eroja pidettiin tutkimuksen aineiston tapauksessa niin suurina, että lähtökohdaksi valittiin vaihtoehdon 4 mukainen metsänhoitotöiden kustannusten määrittäminen.

3. TUTKIMUSAINEISTO

31. Tuotossarjat

311. Tutkimusmetsiköt

Käsillä olevan tutkimuksen tuotosaineisto on saatu Vuokilan (1975 ja 1980a) julkaisemista istutuskuusikon kasvustiheyksien tutkimuksista. Yksityiskohtaiset tiedot tutkimusten pohjana olevista kokeista ilmenevät Vuokilan (1975, s. 7—11, 1980a s. 5—6) julkaisuista. Kummatkin mainitut tutkimukset perustuvat samaan maastoaineistoon Heinolan mlk:ssa. Kokeiden päätarkoituksena on ollut selvittää puustopääoman vaikutusta istutuskuusikon puuntuotoksen määrään ja rakenteeseen sekä se puustopääomataso, joka takaa korkeimman mahdollisen tilavuuskasvun hehtaaria kohden (Vuokila 1975 s. 6—7, 1980a s. 4). Koemetsiköt istutettiin vuosina 1926—36 varttuneen koivu-puuston alle, taimimäärä oli kaikissa 3100 kpl/ha. Taimistoa perattiin useaan otteeseen ja verhopuusto poistettiin runsaan 20 vuoden kuluttua kuusien istutuksesta. Koemetsiköissä tehtiin ensiharvennus 31—40 vuoden iässä neljällä eri voimakkuudella seuraavasti (suluisissa harvennuksen jälkeen metsikköön jäänyt pohjapinta-alaosuus, %):

käsittely 0, harventamaton	(100)
” 1, lievä harvennus	(90)
” 2, vahva harvennus	(75)
” 3, erittäin vahva harvennus	(60)

Koemetsiköt olivat viimeisen mittauksen ajankohdanta (vuonna 1979) 48—57 vuotiaita, ja niitä oli käsitelty alaharvennuksin edellä mainituilla periaatteilla kolme kertaa 17 vuoden kuluessa.

Tämän tutkimuksen aineistoksi valittiin kokeet nimeltään Evätmäki ja Tähtiniemi 3, joista edellinen oli boniteetiltaan hyvää mustikkatyyppiä ja jälkimmäinen hyvää käenkaalimustikkatyyppiä. Vastaavat pituusboniteetit (H_{100}) Vuokilan (1980b s. 83) mukaan olivat viimeisen mittauksen perusteella 28 ja 32 m. Evätmäen kokeessa on kullakin mainitulla neljällä eri harvennuskäsittelyllä kolme toistoa ja Tähtiniemen kokeessa kaksi toistoa.

312. Metsiköiden kehityslaskelmat

Koko kiertoajan tuotostietojen selvittämiseksi oli tarpeen ennustaa eri tavoin käsiteltyjen metsiköiden kehitys päätehakkuuseen saakka. Jotta kiertoajan merkitys eri kasvustiheyksien edullisuuksille voitaisiin ottaa huomioon, valittiin kummallekin boniteetille kolme vaihtoehtoista päätehakkuun ajankohtaa: MT:llä 65, 75 ja 85 vuotta sekä OMT:llä 55, 65 ja 75 vuotta. Mainitut kiertoajat valittiin ennen muuta metsiköiden keskiläpimitan kehityksen perusteella. Niillä pyrittiin kattamaan se vaihtelualue, minkä eri tiheyksillä kasvattaminen synnyttää keskiläpimitan kehitykseen.

Tutkimusmetsiköt on harvennettu viimeiseen mittaukseen mennessä kolme kertaa harvennusvälien

ollessa viisi ja seitsemän vuotta. Poistumat ovat olleet kahdella jälkimmäisellä kerralla normaaliin talousmetsien käsittelyyn verrattuna pieniä eivätkä taloudellisesti kannattavia. Tämän vuoksi päätettiin laatia lisäksi sellaiset kehityslaskelmat kahdelle väljimmälle kasvustiheydelle, joissa toinen ja kolmas harvennus yhdistettiin ja ajoitettiin todellisten hakkuiden puoliväliin. Näin saatuja käsittelyjä kutsutaan muunnetuiksi käsittelyiksi.

Metsikön kehityksen laskentamenetelmälle asetettiin seuraavat vaatimukset:

1. Menetelmän tulee soveltaa istutuskuusikkoon.
2. Ennustusjakson pituus ja puuston lähtötila tulee voida valita vapaasti ja toisistaan riippumatta
3. Hakkuiden ajankohta ja voimakkuus tulee voida valita vapaasti
4. Poistumatietojen tulee sisältää puutavaralajien määrät valittujen hinnoitteluperiaatteiden mukaan apteerattuina sekä käyttöosan keskimääräiset koot runkolajeittain.

Mainitut vaatimukset täytti Vuokilan ja Väliahon (1980) esittämä viljelykuusikon kasvumalli pienin, runkolajien käyttöosan koon määrittästä koskevin lisäyksin. Tällä mallilla ennustettiin metsiköiden kehitys eri kasvustiheyksillä viimeisestä mittauksesta halutun mittaisen kiertoajan loppuun sekä laskettiin metsiköiden kehitys em. muunnetuissa käsitteilyissä, joissa toinen ja kolmas harvennus yhdistettiin yhdeksi harvennukseksi.

313. Käsittelyohjelmien kuvaus

Kummallakin boniteetilla erikseen oli kaikilla harvennuskäsittelyillä likimain samanlainen lähtöpuusto ennen ensimmäistä harvennusta (Vuokila 1975, s. 9). Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunnalta saadut tiedot ja toisaalta viljelykuusikon kasvumallilla lasketut tulokset yhdistettiin käsittelyohjelmia kuvaaviksi kehitys- ja poistumasarjoiksi. Ne esitetään taulukossa 1 hakkuiden ajankohdan ja poistetun puuston tilavuusosuuden avulla sekä taulukossa 2 kiertoajan keskimääräisen suhteellisen pohjapinta-alan mukaan.

Viimeinen mittausta on tehty mustikkatyyppiä edustavissa metsiköissä 57 vuoden iällä ja käenkaalimustikkatyyppiä edustavissa metsiköissä 53 vuoden iällä. Näiden iänkohtien jälkeiset osat kasvatusohjelmista perustuivat laskelmiin. Niiden poistumaprosentit ja harvennusväli valittiin siten, että harvennettujen metsiköiden puuston pääomataso pysyi keskimäärin samassa suhteessa harventamattomaan metsikköön kuin kiertoajan alkuosassa. Harventamattomien metsiköiden luonnonpoistuman arvioimiseksi viljelykuusikon kasvumalli ei antanut tietoja. Esitetyt poistumaprosentit harventamattomissa metsiköissä perus-

Taulukko 1. Käsittelyvaihtoehdot hakkuuajankohdan ja tilavuuden poistoprosentin mukaan. Muunnetut käsittelyt 2 ja 3 = M2 ja M3, päätehakkuu = P.

Table 1. Treatment schedules according to cutting age and removal percentage from volume. Modified treatments 2 and 3 = M2 and M3, final cutting = P.

MT — *Myrtillus type*¹⁾

Käsittely Treatment	Kiertoaika Rotation	Hakkuuajankohta — Cutting age									
		40	45	50	52	55	60	65	70	75	85
		Poistoprosentti — Removal percent									
0	65	—	0,4	—	1,6	—	—	2,8+P	.	.	.
0	75	—	0,4	—	1,6	—	—	2,8	—	5,0+P	.
0	85	—	0,4	—	1,6	—	—	2,8	—	5,0	6,5+P
1	65	9,0	3,0	—	9,9	—	—	P	.	.	.
1	75	9,0	3,0	—	9,9	—	10,0	—	—	P	.
1	85	9,0	3,0	—	9,9	—	10,0	—	10,0	—	P
2	65	22,7	8,3	—	11,7	—	—	P	.	.	.
2	75	22,7	8,3	—	11,7	—	17,5	—	—	P	.
2	85	22,7	8,3	—	11,7	—	17,5	—	17,5	—	P
M2	65	22,7	—	20,0	—	—	—	P	.	.	.
M2	75	22,7	—	20,0	—	—	20,0	—	—	P	.
M2	85	22,7	—	20,0	—	—	20,0	—	20,0	—	P
3	65	36,1	12,2	—	14,5	—	—	P	.	.	.
3	75	36,1	12,2	—	14,5	—	25,0	—	—	P	.
M3	65	36,1	—	30,0	—	—	—	P	.	.	.
M3	75	36,1	—	—	—	35,0	—	—	—	P	.

OMT — *Oxalis-Myrtillus type*¹⁾

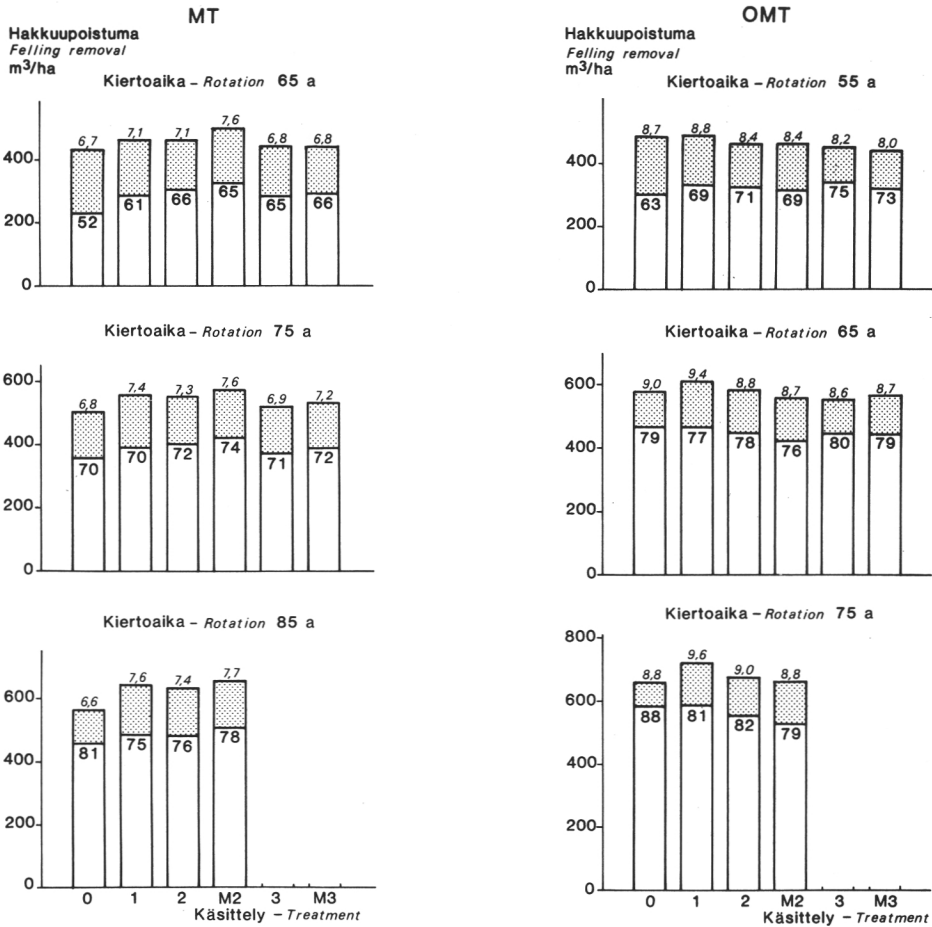
Käsittely Treatment	Kiertoaika Rotation	Hakkuuajankohta — Cutting age						
		36	41	45	48	55	65	75
		Poistoprosentti — Removal percent						
0	55	—	0,7	—	2,0	3,0+P	.	.
0	65	—	0,7	—	2,0	3,0	4,5+P	.
0	75	—	0,7	—	2,0	3,0	4,5	6,5+P
1	55	7,0	6,2	—	3,2	P	.	.
1	65	7,0	6,2	—	3,2	10,0	P	.
1	75	7,0	6,2	—	3,2	10,0	10,0	P
2	55	25,3	3,6	—	6,5	P	.	.
2	65	25,3	3,6	—	6,5	17,5	P	.
2	75	25,3	3,6	—	6,5	17,5	17,5	P
M2	55	25,3	—	20,0	—	P	.	.
M2	65	25,3	—	20,0	—	20,0	P	.
M2	75	25,3	—	20,0	—	20,0	20,0	P
3	55	34,8	13,5	—	12,8	P	.	.
3	65	34,8	13,5	—	12,8	25,0	P	.
M3	55	34,8	—	30,0	—	P	.	.
M3	65	34,8	—	—	35,0	—	P	.

¹⁾ Site types according to Cajander (1949).

tehtiin Eriksonin (1976) esittämiin lukuihin eri voimakkuuksilla harvennetuista ruotsalaisista kuusikoista sekä koemetsiköiden tähänastisiin luonnonpoistuman mittaustuloksiin.

Käsittelyohjelmia kuvataan seuraavassa eri puustotunnuksilla, joskin kasvatustiheyden vaihtoehtoja vertaillaan taloudelliselta kannalta varsinaisesti tutkimuksen tuloksia esiteltäessä. Metsikön tilavuuden kehitys iän suhteen eri käsittelyissä ilmenee liitteessä

2 olevista kuvista. Käyttöpuun kokonaistuotos kiertoajan kuluessa puutavaralajeittain on esitetty kuvassa 1. Harventamattomia metsiköitä kuvaavat luvut eivät sisällä kuolleita puita, vaan ainoastaan päätehakkuussa poistettavan elävän puuston. Muunnetut käsittelyohjelmat antoivat mustikkatyyppille hieman suurempia tuotoksia kuin vastaavat alkuperäiset käsittelyt. Viljelykuusikon kasvumallin antama tuotos on hieman suurempi kuin koemetsiköiden todellinen kasvu käsittelyn



Kuva 1. Kokonaishakkuupoistuma kiertoaajan kuluessa eri käsittelyillä. Kuitupuun osuus (varjostettu) erotettu tukki-puun osuudesta (varjostamaton), joka on ilmaistu myös prosentteina. Käyttöpuun keskituotos kiertoaikana on esitetty kursivoituin numeroin. M2 ja M3 = muunnetut käsittelyt 2 ja 3.

Figure 1. Total removals during the rotation, by treatments. The share of pulpwood (hatched) is distinguished from the share of timber (unhatched, given also in percentage). The numbers shown in italics refer to the mean annual yield of merchantable wood. The symbols M2 and M3 refer to modified treatments 2 and 3.

2 kohdalla. Käenkaalimustikkatyypillä ei vastaavan laatuista eroa voitu havaita. Jakamalla kokonaistuotokset vastaavien kiertoaikojen vuosimäärillä saatiin samassa kuvassa esitetyt kiertoaajan keskituotokset käyttöpuuta. Näin olivat eri kiertoaikavaihtoehdot vertailukelpoisia keskenään, ja voitiin tarkastella myös eri kasvatusvaihtoehtojen kykyä hyödyntää kasvupaikan tuotospotentiaalia. Harvennusten ja kiertoaajan eri yhdistelmien käyttöpuun keskituotoksen välillä on selviä, joskaan ei kovin suuria eroja. Mustikkatyypin käsittelyissä alhaisin arvo oli 86 prosenttia korkeimmasta, ja käenkaalimustikkatyypillä vastaava luku oli 83 prosenttia. Pisin kiertoaikavaihtoehto antoi korkeimman keskituotoksen kaikkialla paitsi harventamattomissa metsikoissa, joissa keskikiertoaika merkitsi korkeinta käyttöpuun keskituotosta.

Metsiköiden keskiläpimitat pätehakkuu-
toissa on esitetty kuvassa 2. Voidaan havaita, että käsittelyjen välillä oli huomattavia eroja, jotka suurensivat kiertoaikojen pidentyessä. Eri kiertoaikojen lopussa esiintyviä keskiläpimittoja verrattiin Keskusmetsälautakunta Tapion ohjeisiin uudistuskypsyysmäärittämisestä. Nykyisten, lähinnä luontaisesti syntyneitä kuusikoita varten laadittujen ohjeiden mukaan (ks. esim. Tapion taskukirja 1978) tuoreen kankaan kuusikko voidaan uudistaa metsikön keskiläpimitan ylittäessä selvästi 25 cm, kuitenkin aikaisintaan 80 vuoden iässä ja lehtomaisen kankaan kuusikko metsikön keskiläpimitan ylittäessä selvästi 26 cm, ei kuitenkaan 70 vuotta nuoremmalla iällä. Likimääräiset iänkohdat, joilla tämän tutkimuksen kunkin käsittelyn antama keskiläpimita ylittäisi annetun rajan, olivat seuraavat:

Taulukko 2. Suhteellinen pohjapinta-ala eri käsittelyissä keskimäärin ensiharvennuksen ja päätehakuun välisenä aikana.

Table 2. Mean relative basal area of treatments over the period between the first thinning and the final cutting. For explanations see Table 1.

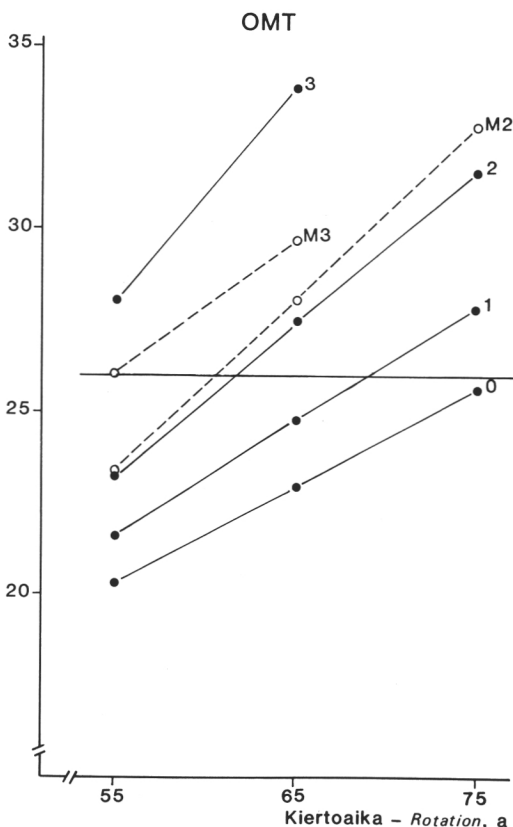
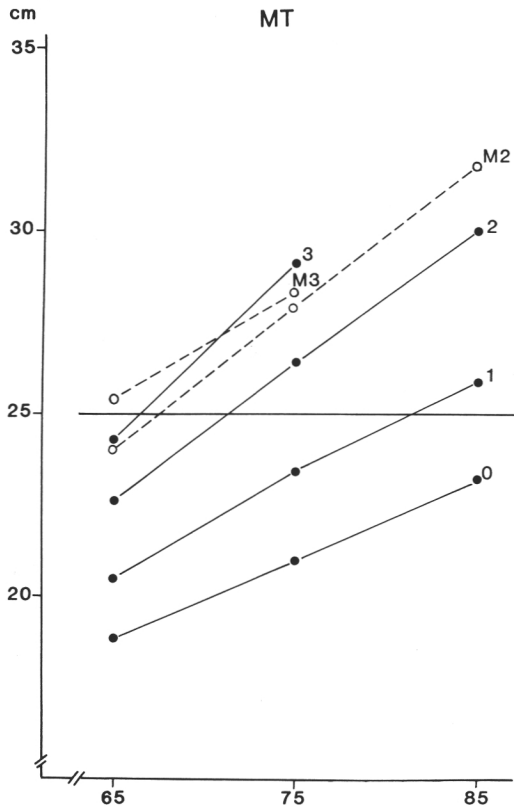
Kasvu- paikka Site	Kierto- aika Rotation	Käsittely — Treatment					
		0	1	2	M2	3	M3
Suhteellinen pohjapinta-ala Relative basal area							
MT	65	100	89	77	78	63	62
”	75	100	86	72	72	58	63
”	85	100	83	68	68	—	—
OMT	55	100	88	72	66	60	56
”	65	100	87	70	63	56	56
”	75	100	86	68	60	—	—

Taulukko 3. Runkojen keskikoko päätehakuu-
toissa.

Table 3. Mean size of stems at the final cutting. For explanations see Table 1.

Käsittely Treatment	Kasvu- paikka — Site					
	MT			OMT		
Käsittely Treatment	Kiertoaika — Rotation, a					
	65	75	85	55	65	75
Runkojen keskikoko Mean size of stems, dm ³						
0	272	370	487	335	474	645
1	284	423	631	381	569	782
2	363	567	896	457	721	1045
M2	494	733	1038	482	782	1177
3	494	798	—	696	1159	—
M3	562	761	—	616	904	—

Keskiläpimitta
Mean diameter
cm



Kuva 2. Keskiläpimitta päätehakuu-
uustoissa eri käsittelyillä. Keskus-
metsälautakunta Tapion soveltama
uudistus-
kypsyyden rajaläpimitta osoitettu
vaakaviivalla.

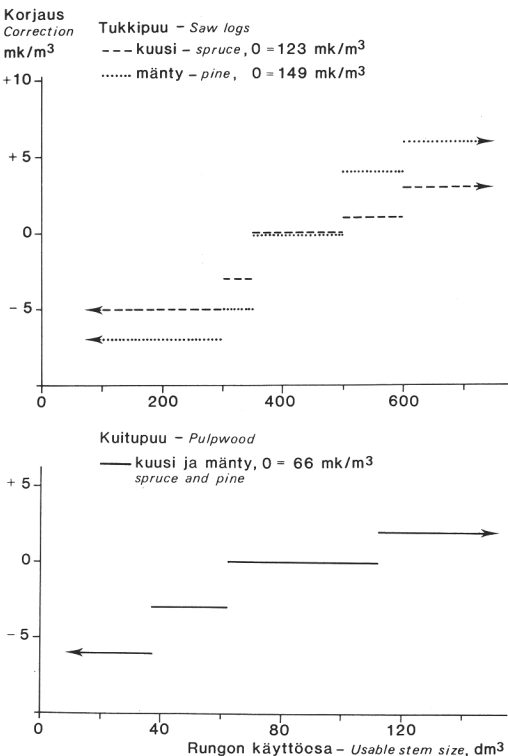
Figure 2. Mean diameter (b.h.) of the final crop, by treatments. The minimum diameter (b.h.) allowing regeneration, presupposed by the Central Forestry Board in Finland, is shown by a horizontal line.

Käsittely	Likimääräinen ikä, v.	
	MT	OMT
0	93	77
1	81	69
2	71	62
Muunnettu 2	68	61
3	67	52
Muunnettu 3	64	55

Sama keskiläpimitta saavutettiin mustikkatyypillä muunnettua käsittelyä 3 sovellettaessa 29 vuotta aiemmin kuin käsittelyllä 0. Käenkaalimustikkatyypillä vastaava ero käsittelyiden 3 ja 0 välillä oli 25 vuotta. Taulukon 3 perusteella voitiin lisäksi todeta, että runkojen keskikoot päätehakuussa lyhyimmänkin kiertoaikavaihtoehdon kohdalla olivat kaksinkertaiset väljimmällä kasvatuustiheydellä tiheimpään verrattuna.

32. Tulosarjat

Puutavaran arvon määrittämisessä tarvittavana yksikköhintojen aineistona käytettiin Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueen keskimääräisiä hakkuuvuosittaisia kantohintoja ajanjaksona 1955/56—1978/79. Alueellisen rajauksen perustana oli maastokokeiden sijainti mainitulla alueella. Mustikkatyypin koemetsiköissä esiintyi sekapuuna jonkin verran



Kuva 3. Yksikköhinnan korjaus rungon käyttöosan keskikoon perusteella tukki- ja kuitupuulla.
Figure 3. Correction to the unit price of timber and pulpwood according to the mean size of the usable part of stem.

mäntyjä, joten kantohinnat tarvittiin sekä männyn että kuusen tukki- ja kuitupuulle. Havutukkipuun sekä mänty- ja kuusikuitupuun yksikköhintojen hakkuuvuosittaiset arvot saatiin Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisen osaston tilastosta. Vuotuiset nimellisarvot muunnettiin hakkuuvuoden 1978/79 rahan arvoon tukkihintaindeksin kokonaisindeksin hakkuuvuosittaisilla arvoilla, jotka määritettiin kuhunkin hakkuuvuoteen kuuluvien kuukausiarvojen aritmeettisina keskiarvoina. Inflatoidut vuosi-arvot ja niille lasketut trendisuorat on esitetty puutavaralajeittain liitteessä 1. Mänty- ja kuusitukkipuun yksikköhintojen suhde havutukkipuun yksikköhintaan saatiin myös edellä mainitun tilaston pohjalta alkuvuoden 1978 tilanteen mukaan. Kertoimeksi tuli mäntytukkipuulla 1,132 ja kuusitukkipuulla 0,932.

Trendisuurien antamat yksikköhinnat hakkuuvuodelle 1978/79 ilmenevät seuraavasta jaotelmasta:

Puutavaralaji	Yksikköhinta, mk/m³
Havutukkipuu	132
josta kuusitukkipuu	123
mäntytukkipuu	149
Kuusikuitupuun	66
Mäntykuitupuun	66

Vastaavat tukki- ja kuitupuun hintasuhteet olivat siten kuusella 100:54 ja männyllä 100:44.

Käsittelyvaihtoehtojen edullisuusjärjestyksen pysyvyyden tutkimiseksi hintasuhteita vaihdeltiin kertomalla yksikköhinnat eri kertoimilla seuraavasti:

Hintasuhteen tunnus	Tukkipuun yksikköhinnan kerroin	Kuitupuun yksikköhinnan kerroin
N	1,00	1,00
A	1,25	0,75
B	0,75	1,25

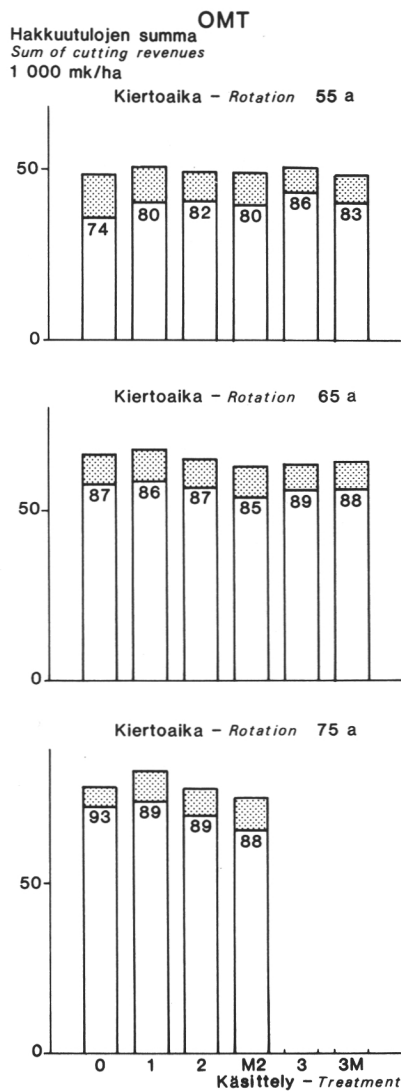
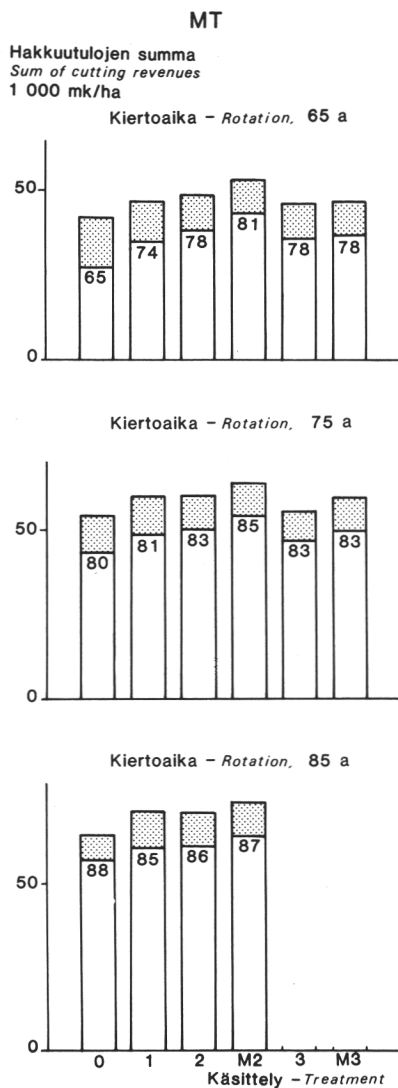
Tukki- ja kuitupuun hintasuhteiksi tulivat siis seuraavat:

	Hintasuhte kuusella	Hintasuhte männyllä
N	100:54	100:44
A	100:32	100:27
B	100:89	100:74

Runkojen järeyden vaikutus yksikköhintaan otettiin huomioon Puun hintasuositusten (1978) pystymyyntien mukaisesti. Kyseinen hintaporrastus on esitetty kaavion muodossa kuvassa 3. Kuvasta havaitaan, että kuusitukkipuulla hintaporrastus oli hieman loivempi kuin mäntytukkipuulla. Kuitupuulla porrastus oli loivempi kuin tukkipuulla, mutta ottaen huomioon kuitupuun alhaisemman kantohinnan porrastus oli suhteellisesti jyrkempi kuin tukkipuulla.

Leimikon tiheydellä tarkoitetaan yhdellä hakkuukerralla poistettavaa puumäärää hehtaaria kohden. Sen vaikutus yksikköhintaan perustui myös edellä mainittuun hintasuositussopimukseen. Käytetyt tiheysluokat ja niitä vastanneet korjaukset yksikköhintaan olivat seuraavat:

Tiheysluokka, m³/ha	Yksikköhinnan korjaus, mk/m³
— 20	— 5
21— 40	— 2
41—100	0
100—	+ 2



Kuva 4. Kiertoaajan hakkuutulojen summa sekä tukkipuun (varjostamaton osa ja prosenttiluku) ja kuitupuun (varjostettu osa) osuus summasta eri käsittelyillä.

Figure 4. Sum of cutting revenues during the rotation and the share of timber (unhatched, given also in percentage) and pulpwood (hatched), by treatments.

Kertomalla poistumasarjat yksikköhinnoilla korjauksineen muodostettiin hakkuutulosarjat kullekin käsittelyvaihtoehdolle. Eri käsittelyjen hakkuutulojen summat kiertoajalta ovat nähtävissä kuvassa 4. Myös tukkipuun ja kuitupuun osuus hakkuutuloista ilmenee samasta kuvasta.

Suurimman hakkuutulojen summan antoi kaikilla kiertoajoilla mustikkatyypillä muunneltu käsittely 2 (M2) ja käenkaalimustikkatyypillä käsittely 1. Kiertoaika vaikutti eri kasvatusiheyksien välisiin suhteisiin siten, että väljen metsiköiden hakkuutulot kasvoivat hitaasti suhteessa tiheisiin metsiköihin kiertoajan pidentyessä. Samalla eri käsittelyjen väliset erot pienenevät MT:llä mutta suurenevät OMT:llä. Hämäläinen (1978) on esittänyt samoihin OMT:n koaloihin perus-

tuvia laskelmia ja todennut arvokasvun alkavan hidastua alhaisemman kasvatusiheyden tapauksessa n. 40 ikävuoden jälkeen. Tapahtumaan hän esitti sen todennäköiseltä vaikuttavan selityksen, että voimakkaimmassa harvennuksessa on poistettu sellaisia kuiturunkoja, jotka metsään jätettyinä lievemässä harvennuksessa olisivat kasvaneet tukkirungoiksi. Tukkipuun osuus hakkuutulojen summasta vaihteli kiertoajasta ja kasvatusiheydestä riippuen MT:llä 65 prosentista 88 prosenttiin ja OMT:llä 74 prosentista 93 prosenttiin. Keskimäärin sanottu osuus oli MT:llä hieman yli 80 prosenttia ja OMT:llä vajaat 90 prosenttia.

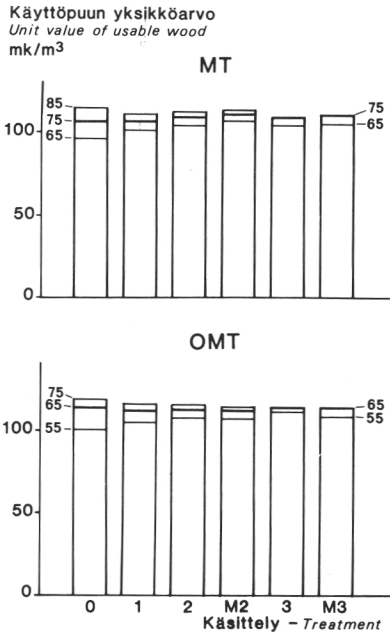
Jakamalla kiertoajan hakkuutulojen summa käyttöpuun kokonaistuotoksella saadaan tuotetun käyttöpuukuutiometrin keskimääräinen arvo. Nämä arvot on

esitetty kuvassa 5 eri käsittelyohjelmille. Kuvasta havaitaan, että eri käsittelyjen väliset erot olivat yleensä pieniä. Mustikkatyypillä käsittelet 2 ja 3 merkitsivät hieman korkeampaa yksikköarvoa kuin muut käsittelyt, ainoastaan pitkän kiertoajan tapauksessa käsittely 0 antoi korkeimman yksikköarvon. Lehtomaisella kankaalla tilanne oli samanlainen lukuun ottamatta sitä, että käsittelyllä 3 oli hieman korkeampi yksikköarvo kuin käsittelyllä 2.

Tämän tutkimuksen aineiston koealojen välillä oli koetta perustettaessa ympäristökierroista ja koealojen historiasta johtuvia puustollisia eroja, jotka aiheuttivat satunnaisvaihtelua tuloksiin. Vaikka kunkin käsittelyn puustotiedot saatiin MT:llä kolmen koealan ja OMT:llä kahden koealan keskiarvoina, käsittelyjen välille jäi tutkimuksessa huomioon otettavia eroja. Eri kasvatustiheyksiä vastaavat puuston arvot ennen ensiharvennusta on esitetty kuvassa 6. Mustikkatyypillä em. puuston arvojen väliset erot (± 8 prosenttia) olivat suuremmat kuin käenkaalimustikkatyypillä (± 3 prosenttia).

33. Kustannussarjat

Kustannusten määrittäminen jakaantui tutkimusmenetelmän mukaisesti kahteen osaan: yksikkökustannusten ja toimenpiteen todennäköisyyden määrittämiseen. Koemetsiköiden aukottomuus ja tasaisuus tuli erityisesti ottaa huomioon, ja siksi metsänhoitotöiden työ- ja materiaalipanokset mitoitettiin sellaisiksi, että tuotosaineistoa vastaavien metsiköiden syntyminen keskimääräisissä metsänviljelyolosuhteissa olisi todennäköistä.



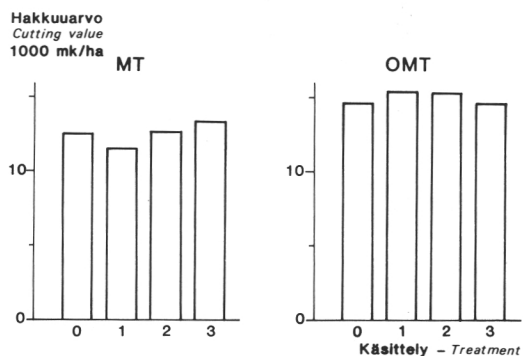
Kuva 5. Käyttöpuun keskimääräinen yksikköarvo eri käsittelyillä. Kiertoajat ilmaistu numeroin.
Figure 5. Mean unit value of usable wood, by treatments. Rotations are given in numbers.

Seuraavassa esitettävät metsänhoitotöiden kustannukset sisälsivät työ-, tarvike-, sosiaali- ja työnjohtokustannukset. Kustannusten arvot perustuivat siihen oletukseen, että kyseiset työt tehdään vieraalla työvoimalla. Milloin käytetyssä lähteessä mainittu kustannus oli ilmaistu ilman sosiaali- tai työnjohtokustannuksia, niiden arvoina käytettiin sosiaalikusannuksilla 42 prosenttia työkustannuksista ja työnjohtokustannuksilla 12–19 prosenttia muiden kustannusten summasta. Viimeksi mainittuna prosenttilukuna käytettiin Keskusmetsälautakunta Tapion käytäntöön nojautuen hakkuualan raivaukselle 12, maanvalmistukselle 15, taimikon hoidolle 16 ja istutukselle 19 prosenttia. Kaikki kustannukset ilmaistiin vuoden 1979 rahassa, ja ne määritettiin kuvaamaan mahdollisuuksien mukaan Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueen kuusiköiden olosuhteita.

Maanpinnan valmistamisen yksikkökustannus saatiin Keskusmetsälautakunta Tapion tilastoista, ja se oli 420 mk/ha Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueella keskimäärin vuonna 1979. Työlajin todennäköisyydeksi valittiin 0,6 joka vastasi maanpinnan valmistuksen määrää Hämeen piirimetsälautakuntien alueen viljelyaloilla vuonna 1979 Tapion vuosikirjan ... (1980) mukaan. Laskelmiin sisällytettäväksi kustannukseksi muodostui siten 252 mk/ha.

Hakkuualan raivauksen yksikkökustannus (250 mk/ha) saatiin myös Keskusmetsälautakunta Tapion vuoden 1979 tilastoista Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueelle. Tämän työlajin todennäköisyydeksi oletettiin 1,0 ja vastaava kustannus oli siis 250 mk/ha.

Istutuksen kustannuksia määritettäessä oli otettava huomioon koemetsiköiden suuri istutusstiheys: istutusväli oli ollut $1,8 \times 1,8$ metriä, mikä vastaa noin 3100 tainta hehtaaria kohden. Työkustannus laskettiin istutuksen urakkipalkkasuosituksen mukaan (Metsätyöntajien ... 1979), jolloin se voitiin valita halutun hehtaarikohtaisen taimimäärän mukaisena. Urakkipalkkaan vaikuttavat työvaikeustekijät määritettiin rehevän moreenimaan ja maanvalmistuksen 60 prosentin todennäköisyyden mukaan. Taimien hintana käytettiin keskusmetsälautakunta Tapion vuodelle 1979 määräämä 1M+2A kuusen taimen hintaa (Metsäpuiden ... 1979). Hehtaarikohtaiseksi kustannukseksi



Kuva 6. Ensiharvennushetken puuston hakkuuarvo eri käsittelyillä. Muunnetuilla käsittelyillä 2 ja 3 käytettiin käsittelyjen 2 ja 3 arvoja.

Figure 6. The cutting value of the growing stock at the first thinning, by treatments. For the modified treatments M2 and M3 the values of treatments 2 and 3 were used.

saatiin täten 2 412 markkaa perustamistiheydellä 3100 tainta hehtaarilla. Suuresta istutustiheydestä johtuen täydennysviljelyn todennäköisyydeksi oletettiin 0.

Taimikonhoidon yksikkökustannukseksi saatiin Keskusmetsälautakunta Tapion tilastoista Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueelle vuonna 1979 483 mk/ha. Taimikonhoidon todennäköisyydeksi valittiin 1,0 + 0,75, ja sen kokonaiskustannukset olivat siten 845 mk/ha.

Puunkasvatuksen *yleiskustannuksiin* sisällytettiin seuraavat erät: puun myynnin, hallinnon ja metsäteiden kunnossapidon kustannukset sekä metsänhoitomaksu (vrt. esim. Metsänviljelykustannusten ... 1971 s. 29). Yleiskustannusten arvot perustuvat Uusitalon (1976b ja 1976c) tutkimuksiin sekä Metsätalostollisen vuosikirjan vuoden 1978 (Uusitalo 1980) tietoihin. Puunmyynti- ja hallintokustannusten summa Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueella vuonna 1974 laskettiin ensin metsämaan hehtaaria kohden ja muutettiin sen jälkeen vuoden 1978 tasolle koko maan kyseisten kustannusten nousun suhteessa. Metsäteiden kunnossapidon hehtaarikohtainen kustannus Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueella vuonna 1972 muutettiin samalla periaatteella vuoden 1978 kustannustasoa vastaavaksi. Näiden kustannusten summa täsmennettiin metsätuotantokohtaiseksi Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietinnön (Metsänviljelykustannusten ... 1971 s. 45) mukaisilla suhdeluvuilla ja muutettiin vuoden 1979 rahan arvoon tukkuhinta-indeksin kokonaisindeksillä. Metsänhoitomaksun sadannes oli Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueella vuonna 1979 3,3 (Tapion vuosikirja 1979). Metsänhoitomaksun perustana oleva verokuutiometrin bruttoarvo määritettiin trendihintojen mukaisten kanto-

hintojen avulla. Tätä tarkoitusta varten laskettiin myös lehtitukkupuulle ja -kuitupuulle trendihinnat samalla tavoin kuin kuusen ja männyn puutavara-lajeille.

Vuotuiset hehtaarikohtaiset yleiskustannukset saatiin kasvupaikoittain seuraaviksi:

Kustannuserä	Kasvupaikka	
	MT	OMT
	mk/ha/v	
metsänhoitomaksu	16,90	17,19
muut yleiskustannukset	9,42	11,04
yhteensä	26,32	28,23

Metsänhoitotöiden tapahtuma-ajankohdat ja samalla kustannusten lankeamisen ajankohdat valittiin harkintaan perustuen, koska tutkimuksiin perustuvaa tietoa niistä ei ollut käytettävissä. Tässä yhteydessä on mainittava, että kantohinnat määritettiin hakkuuvuoden 1978/79 rahassa ja kustannukset vuoden 1979 rahassa, joten kustannuksiin sisältyy yliarvio, jonka suuruus vastaa näiden ajanjaksojen rahan arvojen erotusta.

Seuraavaan jaotelmaan on koottu tiedot kustannuserien suuruuksista (yksikkökustannuksen ja todennäköisyyden tulona) ja ajoittumisesta.

Kustannuserä	ajankohta, v	määrä, mk/ha
maanvalmistus	1	252
hakkuualan raivaus	1	250
istutus	2	2412
taimikonhoito	5	483
taimikonhoito	10	362
yleiskustannus, MT	vuosittain	26,32
yleiskustannus, OMT	"	28,23

4. TULOKSET

4.1. Edullisuus perustilanteessa

Seuraavassa esitetään tuloksia kahta eri päätöksentekohetkeä, nimittäin ensiharvennushetkeä ja metsikön perustamishetkeä, varten. Laskelman nollahetki on näissä tilanteissa asetettu samaksi kuin päätöksentekohetki. Metsikön perustamishetkelle laskettu nykyarvo vastaa kulloinkin käytetyllä korkoprosentilla laskettua maanarvoa kyseistä käsittelyohjelmaa toteutettaessa.

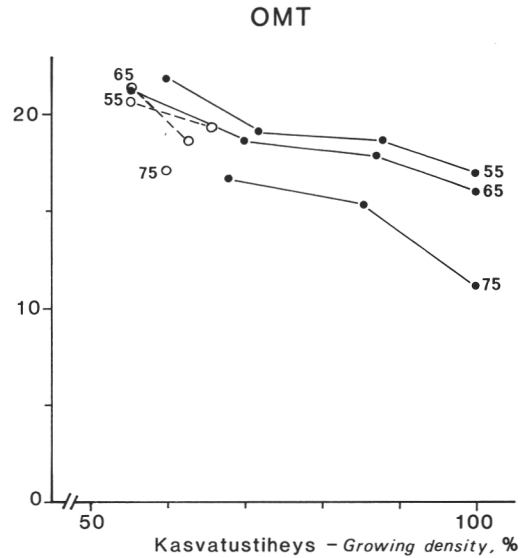
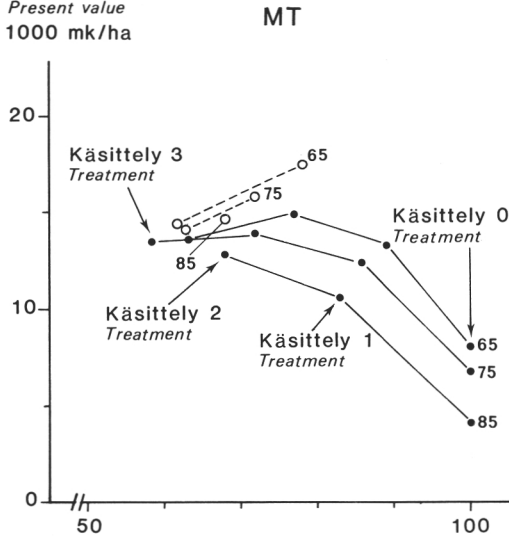
Ensiharvennushetken edullisuustunnusten tarkastelu aloitetaan nettotulojen nykyarvosta kolmen prosentin mukaan lasketuna. Eri kasvatustiheyksien antamat nykyarvot kolmen eri kiertoaikavaihtoehdon mukaan on esitetty kuvassa 7. Kummallekin kasvupaikkatyyppille yhteistä oli suurien kasvatustiheyksien epäedullisuus. MT:llä muunnettu käsittely 2 oli edullisin, OMT:llä sen sijaan käsittely 3. Edullisin kasvatus-

tiheys näyttäisi MT:llä olevan n. 70 % ja OMT:llä 60 % tai alle suurimmasta mahdollisesta eli harventamattoman metsikön kasvatustiheydestä. Eri kiertoajoista lyhin vaihtoehto oli edullisin, paitsi OMT:n muunnetuilla käsittelyillä. Kiertoaikojen väliset erot olivat sitä suurempia, mitä suuremmista kasvatustiheyksistä oli kyse.

Sisäisen koron avulla ilmaistut eri kasvatustiheyksien ja kiertoaikojen edullisuudet on esitetty kuvassa 8. Eri kasvatustiheyksien suhteet olivat samanlaiset kuin kolmen prosentin nykyarvon perusteella, paitsi että MT:llä käsittely 3 oli käsittelyä 2 edullisempi ja edullisin kasvatustiheys noin 60 %.

On syytä myös tarkastella, poikkeseko muunnettujen käsittelyjen edullisuus kaikista muista käsittelyistä. Sekä nettonykyarvon että sisäisen koron perusteella muunnetut käsittelyt eivät OMT:llä eronneet selvästi alkuperäisistä käsittelyistä. MT:llä sen sijaan

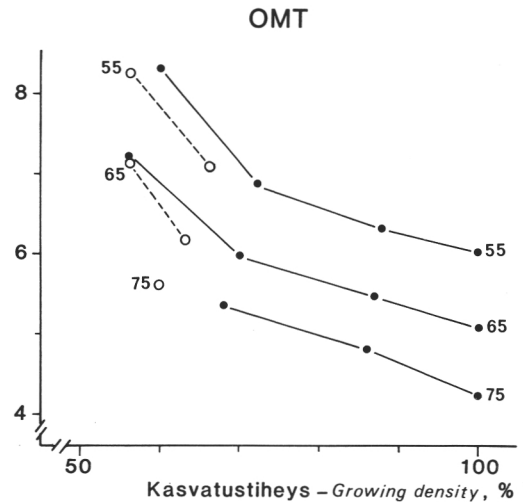
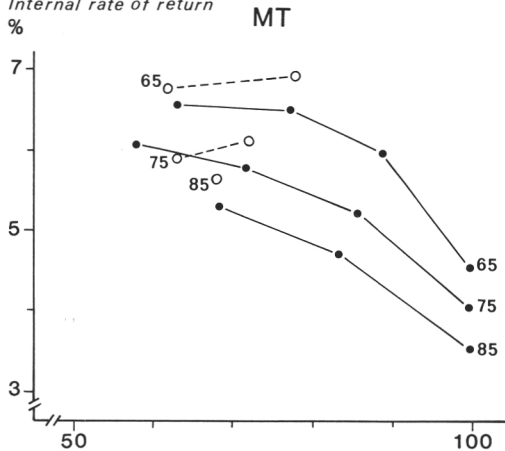
Nykyarvo
Present value
1000 mk/ha



Kuva 7. Kasvatustiheyden vaikutus nettotulojen nykyarvoon ensiharvennushetkellä korkokannalla 3 %. Kasvatustiheyden arvot perustuvat taulukon 2 lukuihin. Kiertoaikavaihtoehdot on osoitettu numeroin. Muunnetut käsittelyt on merkitty katkoviivalla ja ympyrällä.

Figure 7. Net present value at the first thinning discounted at 3 percent in relation to growing density. The values of growing densities for each treatment are adopted from Table 2. Rotation alternatives are shown in numbers. Modified treatments are shown in broken lines and circles.

Sisäinen korko
Internal rate of return
%



Kuva 8. Kasvatustiheyden vaikutus sisäiseen korkoon ensiharvennushetkellä. Merkinntät kuten kuvassa 7.

Figure 8. Internal rate of return at the first thinning in relation to growing density. For explanations see Fig. 7.

käsittelyssä 2 muunnetun käsittelyn edullisuus oli alkuperäisen käsittelyn edullisuutta suurempi.

Metsikön perustamishetki on asetettu toiseksi edullisuuden vertailuhetkeksi. Nettotuloja perustamishetkellä vertaillaan aluksi 0 ja 3 prosentin korkokannoilla. Käsittelyjen edullisuutta 0 prosentin korolla, toisin

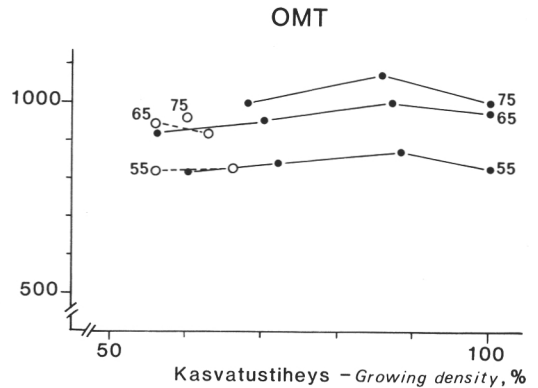
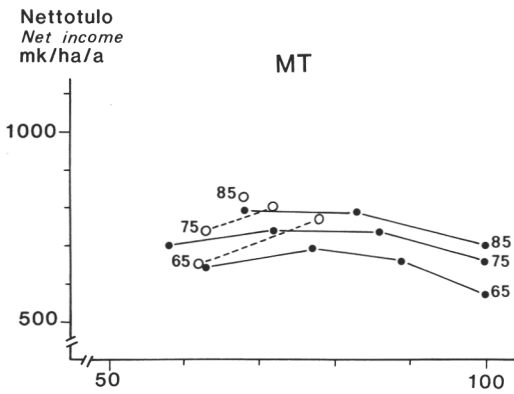
sanoen ilman aikatekijän vaikutusta, kuvaa keskimääräinen vuotuinen nettotulo kiertoajan kuluessa. Se on esitetty kuvassa 9. MT:llä korkein vuotuinen nettotulo saatiin käsittelyllä 2, n. 75 %:n kasvatustiheydellä, jolla puolestaan muunnetun käsittelyn nettotulo oli hieman suurempi kuin alkuperäisen käsittelyn. Alhaisin nettotulo saatiin käsitte-

lyllä 0. OMT:llä suuret kasvatustiheydet merkitsivät harvoin kasvatustiheyksiin verrattuna suhteellisesti suurempia nettotuloja kuin MT:llä. Korkeimman nettotulon antoi tällä viljavammalla kasvupaikalla käsittely 1 vastaten lähes 90 %:n kasvatustiheyttä ja alhaisimman käsittely 3.

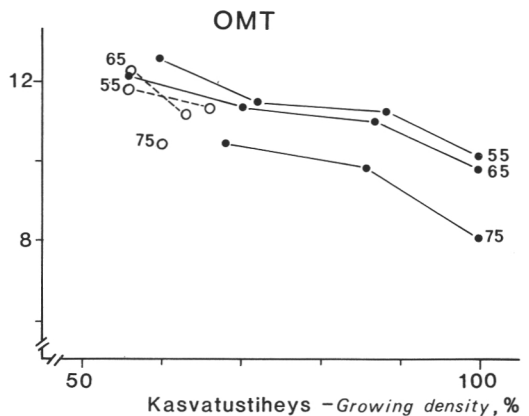
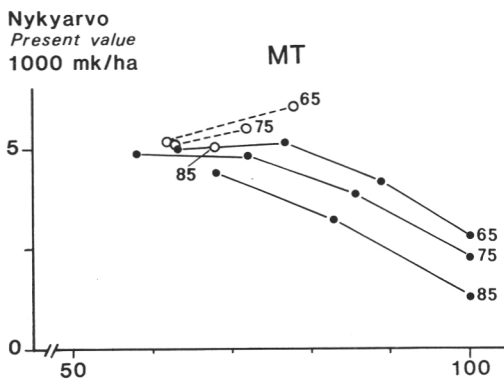
Kiertoajan pidentäminen lyhimmästä vaihtoehdosta 10 vuodella nosti vuotuista nettotuloa selvästi kaikissa käsittelyissä — nousu oli yleensä sitä suurempi mitä tiheimmästä metsiköstä oli kyse. Kiertoajan pidentäminen toisella 10-vuotisjaksolla kasvatti nettotuloa myös, mutta vähemmän kuin edellinen 10 vuoden muutos. MT:llä kasvatustiheyksien väliset erot pienenevät jonkin verran kiertoaikojen pidentyessä, OMT:llä

sen sijaan yhdenmukaista vaikutusta ei voitu havaita.

Perustamishetkelle laskettu 3 %:n nykyarvo (kuva 10) antoi seuraavia tuloksia: MT:llä korkeinta nykyarvoa merkitsivät alkuperäisistä käsittelyt 2 ja 3, joiden keskinäinen järjestys vaihteli kiertoajasta riippuen. Kiertoaika vaikutti yhdensuuntaisesti kaikkien käsittelyjen edullisuuteen: mitä lyhyempi kiertoaika, sitä korkeampi nykyarvo. On kuitenkin huomattava, että eri kiertoajat käsittivät tässä tutkimuksessa vain 20 vuoden vaihteluvälin. Kiertoajan vaikutus edullisuuteen oli suurin tiheimmissä metsiköissä ja pienin harvimmissa metsiköissä. Nykyarvojen lukuarvot eli maanarvot vaihtelivat 1 300 markasta 6 100 mark-

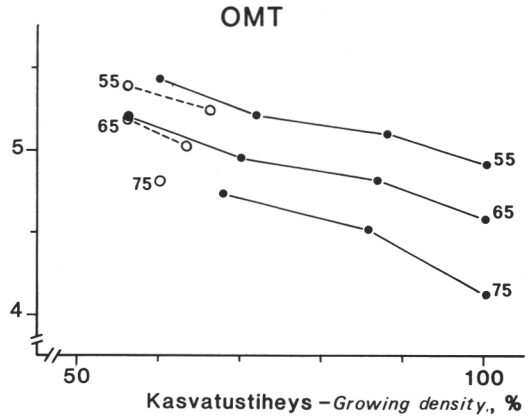
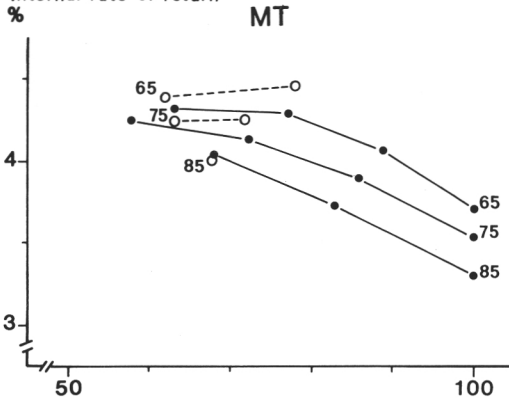


Kuva 9. Kasvatustiheyden vaikutus keskimääräiseen vuotuisen nettotuloon. Merkinntä kuten kuvassa 7.
Figure 9. Mean annual net revenue (undiscounted) in relation to growing density. For explanations see Fig. 7.



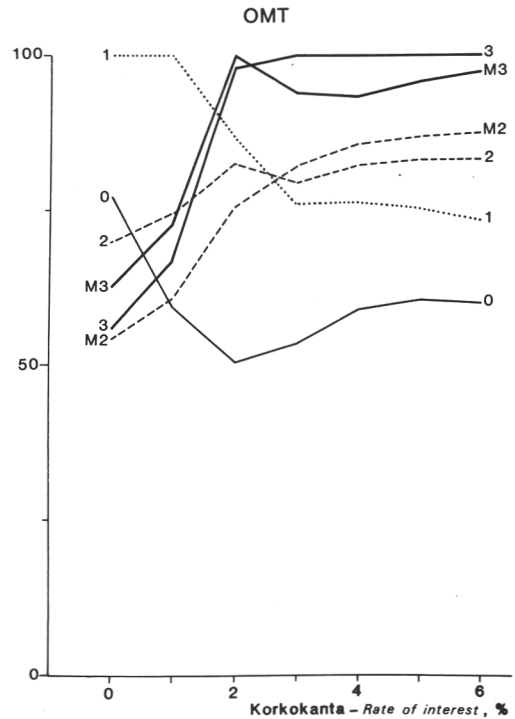
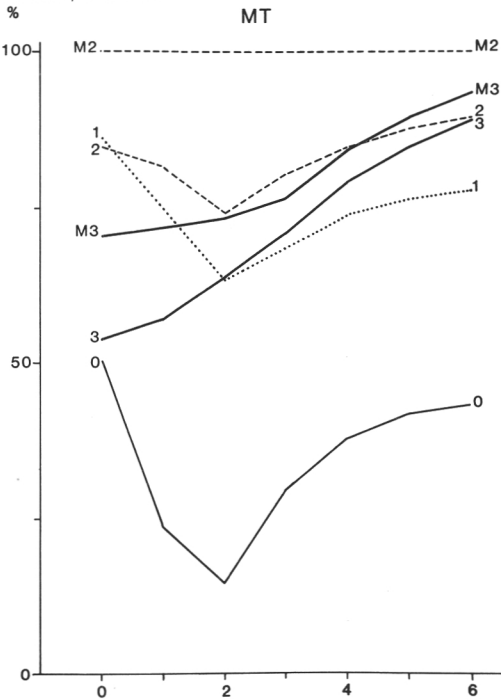
Kuva 10. Kasvatustiheyden vaikutus nettotulojen nykyarvoon korkokannalla 3 % metsikön perustamishetkellä. Merkinntä kuten kuvassa 7.
Figure 10. Present net value at regeneration discounted at 3 percent in relation to growing density. For explanations see Fig. 7.

Sisäinen korko
Internal rate of return
%



Kuva 11. Kasvatustiheyden vaikutus sisäiseen korkoon metsikön perustamishetkellä. Merkinät kuten kuvassa 7.
Figure 11. The internal rate of return at regeneration in relation to growing density. For explanations see Fig. 7.

Suhteellinen nykyarvo
Relative present value
%



Kuva 12. Korkokannan vaikutus ensiharvennushetken nykyarvoon, kun kunkin korkoprosentin sisällä edullisinta kasvatustiheyden ja kiertoajan yhdistelmää merkitään arvolla 100 ja epäedullisinta arvolla 0.
Figure 12. The influence of interest rate on net present value at the first thinning. The relative values of net present value are calculated so, that the most profitable combination of growing density and rotation against each interest rate attains the value 100 and the most unprofitable attains the value 0.

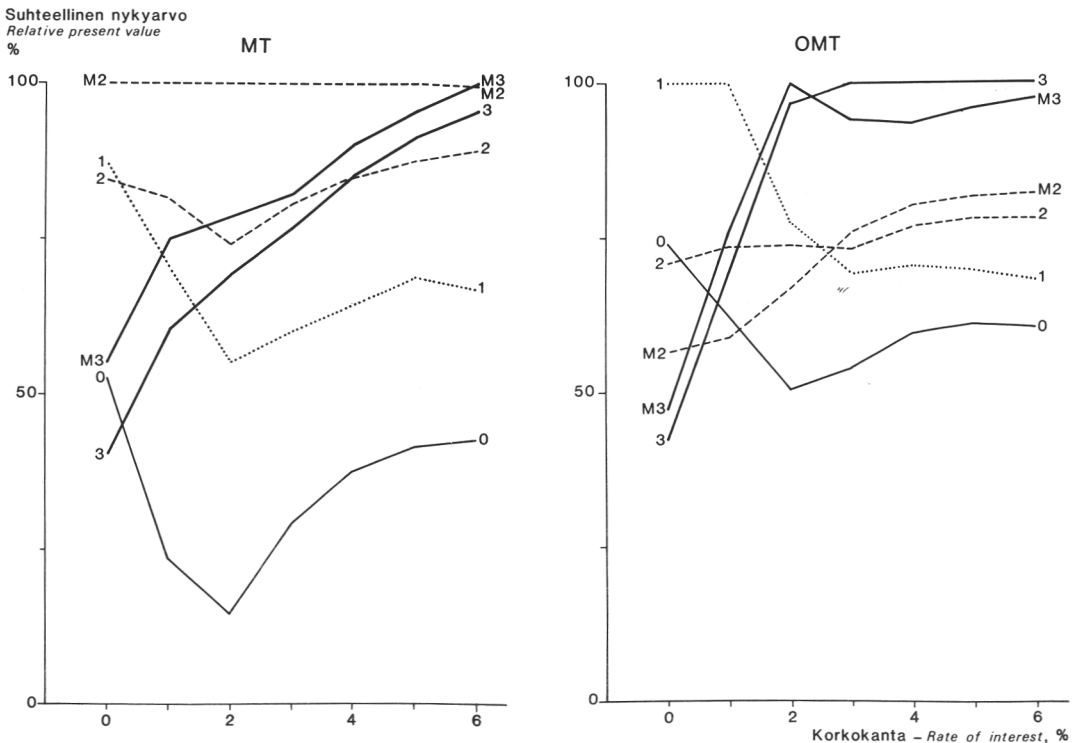
kaan hehtaaria kohden. OMT:llä 3 prosentin nykyarvo oli aina sitä suurempi, mitä harvemmasta kasvatusiheydestä oli kyse. Huomattavaa oli käsittelyjen 1 ja 2 välisen eron vähäisyys muiden käsittelyjen välisiin eroihin verrattuna, kuten myös vähäinen ero 55 ja 65 vuoden kiertoaikojen välillä. Yleensä kiertoajan lyhentyessä nykyarvo suureni; vain muunnatus käsittelyssä 3 merkitsi 65 vuoden kiertoaika suurempaa nykyarvoa kuin 55 vuoden kiertoaika. Nykyarvot sijoittuivat välille 5 700—10 100 markkaa hehtaaria kohden.

Perustamishetkelle lasketut sisäiset korot eri käsittelyohjelmilla on esitetty kuvassa 11. Sisäisen koron lukuarvot MT:llä vaihtelivat 3,3 ja 4,5 prosentin välillä, ja sen antamat tulokset olivat hyvin samankaltaisia kuin 3 prosentin nykyarvon perusteella saadut tulokset. OMT:llä oli myös pääosin sama tilanne — eroina 3 prosentin nykyarvoon nähden olivat selvempi ero käsittelyn 1 ja 2 välillä ja toisaalta lyhimmän ja keskikiertoajan

välillä. Sisäisen koron arvot olivat OMT:llä 4,1 prosentista 5,4 prosenttiin.

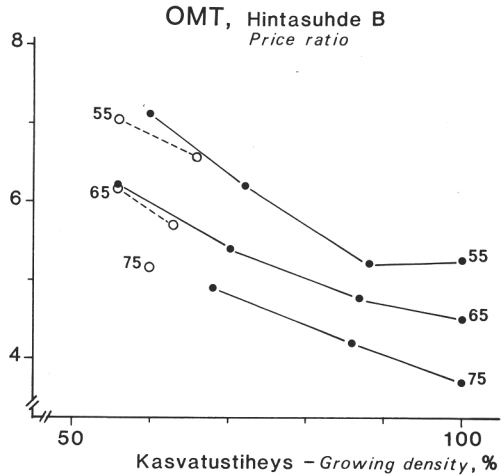
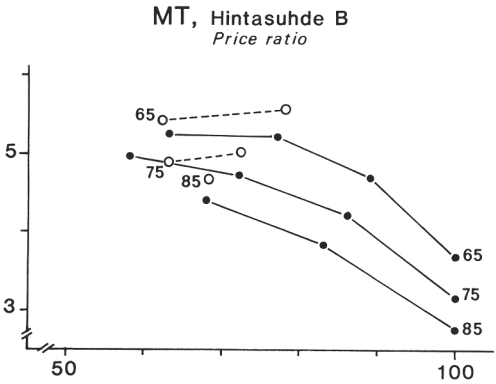
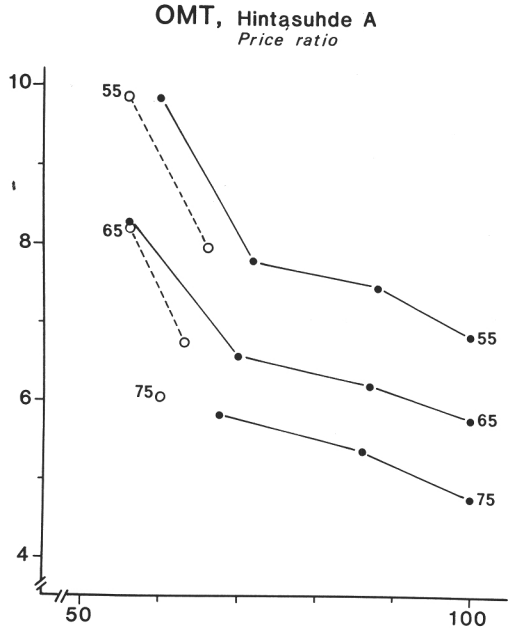
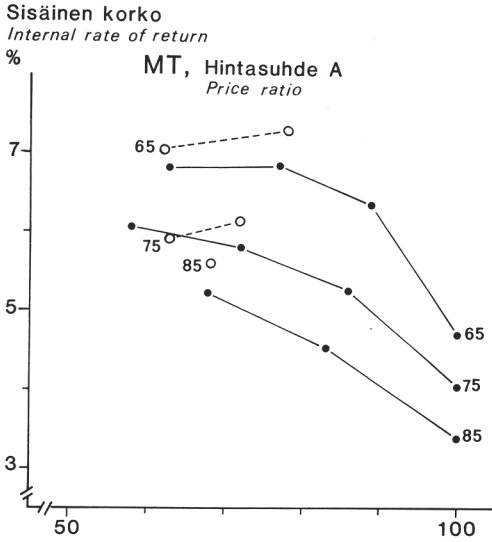
42. Laskentakorkokannan vaikutus

Laskentakorkokannan merkitystä eri kasvatusiheyksien edullisuussuhteille tarkastellaan seuraavassa siten, että kunkin kasvatusiheyden eri kiertoajoista otetaan huomioon vain edullisin vaihtoehto kullakin korkokannalla. Päätöksentekijän oletetaan ottavan huomioon vain edullisimmat kiertoaikavaihtoehdot vertaillessaan eri korkokannoilla kasvatusiheyksien edullisuutta. Tässä yhteydessä on huomattava, että käytettävissä olleita kiertoaikoja lyhyemmät tai pidemmät kiertoajat olisivat saattaneet olla tässä vertailussa mukana olleita kiertoaikoja edullisempia etenkin korkeita (yli 4 %) tai matalia (alle 1 %) korkokantoja käytettäessä. Koska nykyarvojen suuruusluokka eri korkokannoilla vaihteli hyvin



Kuva 13. Korkokannan vaikutus metsikön perustamishetken nykyarvon suhdelukuihin eri käsittelyillä. Nykyarvojen suhdeluvut on määritetty kuten kuvassa 12.

Table 13. The influence of interest rate on the relative values of net present value at regeneration. For explanations see Fig. 12.



Kuva 14. Tukki- ja kuitupuun hintasuhteen vaikutus ensiharvennushetken sisäiseen korkoon eri kasvatustiheyksillä. Hintasuhteet on selostettu alaluvussa 32. Muut merkinnät kuten kuvassa 7.
 Figure 14. Internal rate of return at the first thinning in relation to the price ratio timber:pulpwood. Normal price ratio (N) 100:54 (in Fig. 8), high price ratio (A) 100:32 and low price ratio (B) 100:89. For other explanations see Fig. 7.

paljon, nykyarvot päätettiin suhteuttaa toisiinsa kunkin korkoprosentin sisällä vertailun helpottamiseksi. Lukuarvojen muuntamiseen käytettiin seuraavaa kaavaa:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i,\min}}{x_{i,\max} - x_{i,\min}} \times 100$$

jossa

a_{ij} = nykyarvon suhdeluku käsittelyllä j ja korkoprosentilla i.

x_{ij} = nykyarvo käsittelyllä j ja korkoprosentilla i.

$x_{i,\max}$ = suurin nykyarvo korkoprosentilla i.

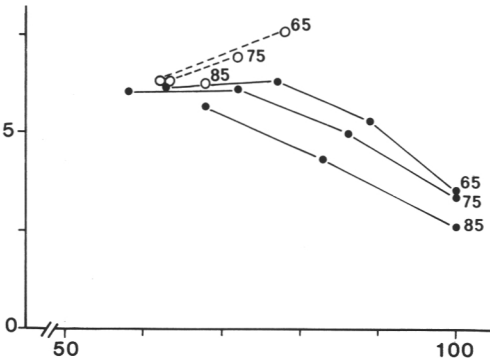
$x_{i,\min}$ = pienin nykyarvo korkoprosentilla i.

Kunkin korkoprosentin sisällä kasvatus-tiheyden ja kiertoajan eri kombinaatioiden suurin nykyarvo sai siten arvon 100 ja pienin arvon 0.

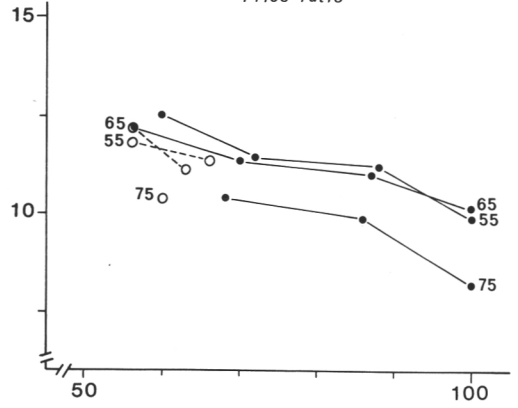
Nykyarvojen suhdeluvut korkoprosentin funktiona ensiharvennushetkellä esitetään kuvassa 12. MT:llä muunnettu käsittely 2 oli edullisin vaihtoehto kaikilla tarkasteltavina olleilla korkokannoilla. Myös alkupe-räisistä käsittelyohjelmista käsittely 2 oli edullisin, paitsi korkoprosentilla 0, jolloin

Nykyarvo
Present value
1000 mk/ha

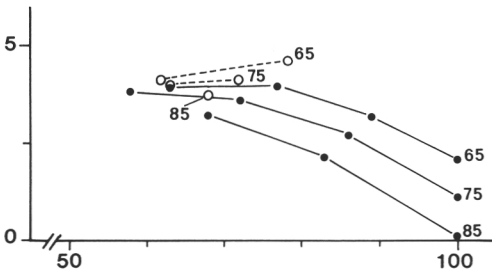
MT, Hintasuhte A
Price ratio



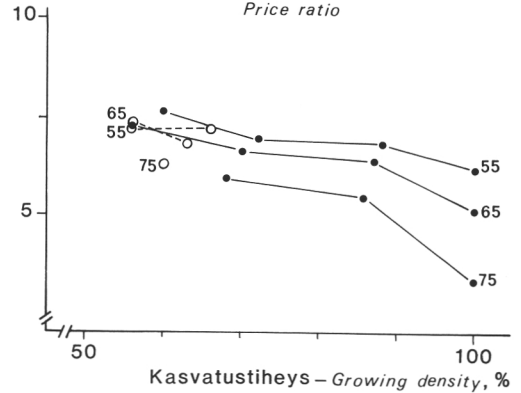
OMT, Hintasuhte A
Price ratio



MT, Hintasuhte B
Price ratio



OMT, Hintasuhte B
Price ratio



Kuva 15. Tukki- ja kuitupuun hintasuhteen vaikutus metsikön perustamishetken nettotulojen nykyarvoon korkokannalla 3 % eri kasvatustiheyksillä. Hintasuhteet on selostettu alaluvussa 32. Muut merkinnät kuten kuvassa 7.
Figure 15. Net present value (3 percent) at regeneration in relation to the price ratio timber:pulpwood. For explanations see Fig. 14.

käsittely 1 antoi sitä korkeamman nykyarvon. Käsittely 0 oli epäedullisin korkokannan koko vaihtelualueella, korkoprosentilla 0 sen edullisuus oli tosin lähellä käsittelyn 3 edullisuutta. OMT:llä korkeinta nykyarvoa merkittiin prosentteilla 0 ja 1 käsittely 1 sekä laskentakorolla 2 % ja sitä suuremmilla koroilla käsittely 3. Huomattavaa oli käsittelyn 0 nousu toiseksi edullisimmaksi korkokannalla 0 % ja sijainti epäedullisimpana korkokannoilla 1—6 %.

Perustamishetken mukaiset eri kasvatustiheyksien suhteet ilmenevät kuvasta 13. Tilanne oli hyvin samankaltainen kuin ensiharvennushetken yhteydessä. Selvin ero havaittiin käsittelyn 3 kohdalla: sen nykyarvo kohosi voimakkaammin korkokannan suuretessa perustamishetken mukaisessa tilanteessa kuin ensiharvennushetken perusteella.

43. Puutavaralajien hintasuhteiden vaikutus

Tukki- ja kuitupuun yksikköhintojen suhteen vaikutus eri kasvatustiheyksien edullisuuksiin ilmenee kuvasta 14 ensiharvennushetkellä ja kuvasta 15 perustamishetkellä. Kuvissa käytetyt hintasuhteiden vaihtoehdot on selostettu luvussa 32. Yleistäen voidaan todeta, että hintasuhteisiin perustuvat muutokset eivät olleet suuria. Edullisuusjärjestys kasvatustiheyden eri vaihtoehtojen välillä muuttui vain niissä tilanteissa, joissa kahden käsittelyn välinen ero oli pieni.

Siirryttäessä perushintasuhteesta (100:54) (kuva 8) hintasuhteeseen A (100:32) (kuva 14), jossa tukkipuun arvoa nostettiin kuitupuun arvoon nähden, ensiharvennushetkelle laskettujen sisäisten korkojen suhteissa ei MT:llä voitu havita selviä eroja. OMT:llä

sitä vastoin käsittelyn 3 ja lyhimmillä kiertoajalla myös käsittelyn 1 edullisuus parani muihin käsittelyihin verrattuna. Siirryttäessä hintasuhteeseen B (100:89), jossa tukkipuun arvoa alennettiin kuitupuun arvoon nähden, muutokset olivat vastakkaisia.

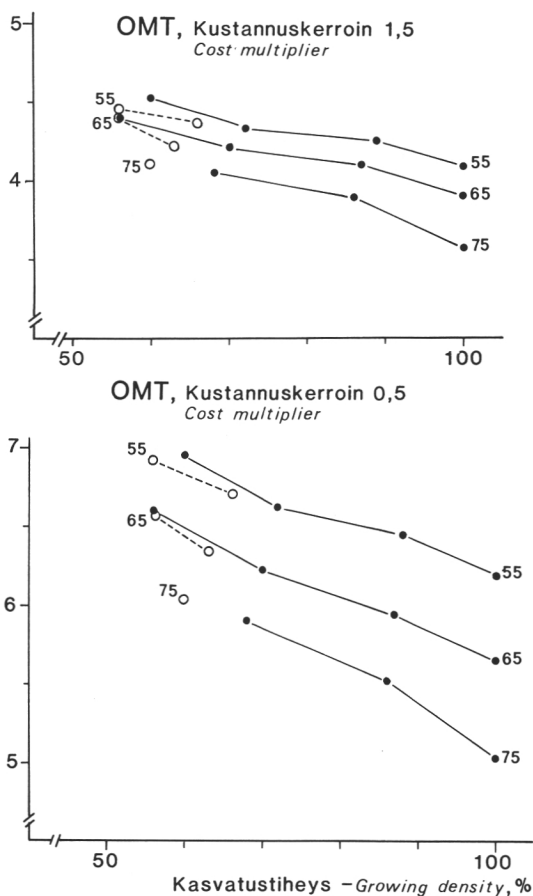
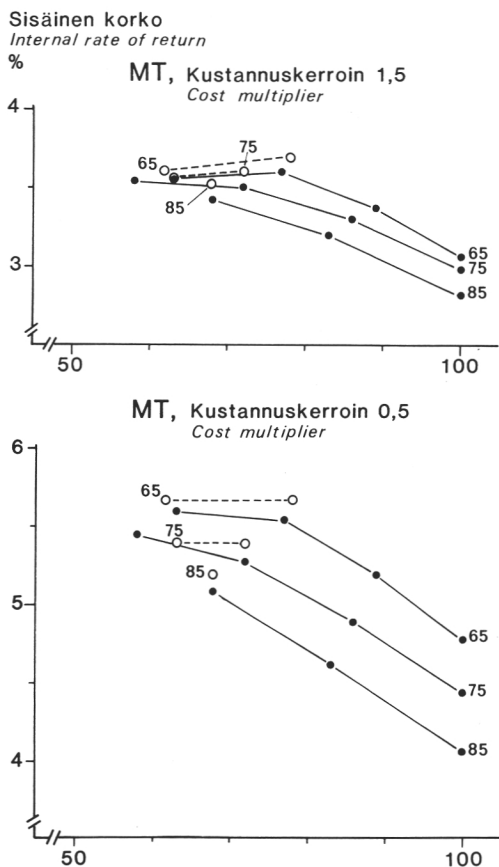
Perustamishetkelle lasketuissa 3 prosentin nykyarvoissa (kuvat 10 ja 15) siirtyminen hintasuhteeseen A alensi hieman käsittelyn 3 edullisuutta MT:llä muihin käsittelyihin verrattuna. OMT:llä ei samanlaista muutosta esiintynyt.

Kiertoaikojen välisissä edullisuussuhteissa siirtyminen hintasuhteeseen A aiheutti ensiharvennushetken sisäisen koron yhteydessä (kuvat 8 ja 14) lyhimmän kiertoajan edullisuuden nousun verrattuna muihin kiertoaikoihin. Perustamishetkelle lasketun nykyarvon yhteydessä (kuvat 10 ja 15) siirtymi-

nen hintasuhteeseen A synnytti vastakkaisen muutoksen, joka ilmeni voimakkaimpana suurimmalla kasvatustiheydellä.

44. Kustannustason vaikutus

Metsänhoitotöiden kustannustason muutokset vaikuttavat tässä tutkimuksessa eri kasvatustiheyksien nykyarvoihin korkoprosentista riippuvalla mutta kasvatustiheydestä riippumattomalla summalla. Ne eivät siis voi muuttaa kasvatustiheyksien edullisuusjärjestystä nykyarvolla mitattuna, mikäli kiertoaika on sama eri kasvatustiheyksillä. Sisäisen koron perusteella arvioituna edullisuusjärjestyksen muutokset ovat sen sijaan mahdollisia. Kustannustason 50 prosentin nousun ja laskun vaikutus eri käsittelyjen



Kuva 16. Metsänhoitotöiden kustannustason vaikutus metsikön perustamishetken sisäiseen korkoon eri kasvatustiheyksillä. Merkinnot kuten kuvassa 7.

Figure 16. Internal rate of return at regeneration in relation to the level of silvicultural costs. For explanations see Fig. 7.

sisäisiin korkoihin perustamishetkellä ilmenee kuvasta 16. Kustannustason nousu merkitti kummallakin kasvupaikalla väljin kasvatustiheyksien edullisuuden pientä nousua verrattuna suuriin kasvatustihey-

siin. Samalla kiertoaikojen väliset erot pienenivät. Kustannusten lasku aiheutti samantapaiset mutta vastakkaisuuntaiset muutokset.

5. TARKASTELU

51. Tutkimusaineiston edustavuus

Eri kasvatustiheyksien edullisuussuhteet riippuvat voimakkaasti laskelmien pohjana olevista tuotostiedoista. Mahdolliset virheellisuudet viime mainituissa siirtyvät edullisuustunnuksiin ja vaikuttavat myös eri käsittelyjen edullisuusjärjestykseen, ellei kyseessä ole kaikille tuotosluvuille yhteinen absoluuttisen tason virhe. Poistuman järeyden ja tiheyden perusteella tehtävää puutavaran hinnan korjausta lukuunottamatta ovat hinta- ja kustannustekijät tämän tutkimuksen mukaisessa tilanteessa kasvatustiheyden suhteen kiinteitä. Mahdolliset virheellisuudet hinta- ja kustannustekijöissä aiheuttavat aina virhettä edullisuustunnusten absoluuttisiin arvoihin, mutta eivät välttämättä eri käsittelyjen edullisuusjärjestykseen. Edellä olevasta johtuu, että tuotostiedot muodostavat tämän tapaisissa tarkasteluissa merkittävimmän virhelähteen.

Tämän tutkimuksen tuotosaineisto perustui sekä kestokokeista saatuihin mittaus-tuloksiin että viljelykuusikoiden kasvumallilla (Vuokila ja Väliaho 1980) ennustettuun kehitykseen. Alkuperäisillä käsittelyohjelmilla ennustetun jakson pituus oli kiertoajasta riippuen mustikkatyypillä 8—28 vuotta ja käenkaalimustikkatyypillä 2—22 vuotta kiertoajan lopusta. Ennustemenetelystä johtuvat mahdolliset virheet koskevat siten lyhimmillä kiertoajoilla lähinnä poistuman rakennetta. Pidemmällä kiertoajoilla myös kasvun ennustamisesta johtuvat virhemahdollisuudet muodostuvat varteen otettaviksi merkiten epävarmuutta myös poistuman määrässä. Maastomittauksiin perustunut osuus runkokuun kokonaistuotoksesta kiertoajan kuluessa oli MT:llä 60—84 % ja OMT:llä 63—95 % päätehakkuaikakohdasta riippuen. Diskonttausmenettely lisää vielä huomattavasti maastomittauksiin perustuvien hakkuutulosten osuutta tulojen

nykyarvosummasta ja pienentää siis kasvun ennustamisen mahdollisen virheen merkitystä. Suurimmat virhemahdollisuudet liittyvät epäilemättä harventamattomien metsiköiden päätehakkupuustojen puutavaralajirakenteeseen. Sen määrittämisessä jouduttiin käyttämään yhtälöä, jota ei ollut tarkoitettu sanotunlaisille metsiköille. Etenkin pisimpien kiertoaikojen yhteydessä saadut tukki-puuprosentit voivat siten olla yliarvioita.

Muunnetuilla käsittelyillä maastomittauksiin perustui pienempi osa metsiköiden kehityksestä kuin alkuperäisillä käsittelyillä. Tuotostietojen virheettömyys riippuikin muunnetuilla käsittelyillä pääosin kasvumallin antamista tuloksista, joiden yhteensopivuus maastomittauksien tuloksiin on eri kasvatustiheyksien vertailun kannalta myös tärkeää. Mustikkatyypillä tässä yhteensopivuudessa oli puutteita, mikä on pidettävä mielessä tuloksia tarkasteltaessa.

Eri käsittelyjen toistojen lukumäärää tutkimuksen aineistossa on pidettävä verrattain pienenä, mutta toisaalta koemetsiköt olivat koetta perustettaessa tasaisia ja vaihtelu yksittäisten koealojen välillä oli vähäistä (ks. Vuokila 1975, s. 9). Metsätyypiltään tutkimusaineisto edustaa hyvää mustikkatyyppeä ja hyvää käenkaalimustikkatyyppeä. Karua mustikkatyyppeä vastaaville kasvupaikoille tämän tutkimuksen tuloksia on käytettävä vain suuntaa antavina, sillä tuloksissa on havaittavissa huomattavia eroja aineiston MT- ja OMT-metsiköidenkin välillä. Karuilla MT-mailla istutuskuusikoita on kuitenkin vähemmän kuin luontaisia kuusikoita, sillä suurin osa tällaisista kasvupaikoista lienee istutettu männylle. Koeaineistoa selvästi rehevämpiä kasvupaikkoja ei sen sijaan merkittävässä määrin esiinny.

Tutkimusaineiston maantieteellinen sijainti on myös otettava huomioon tulosten sovellutusalueetta pohdittaessa. Tutkimus-

metsiköt sijaitsevat Heinolan mlk:n alueella, joten ne edustavat lähinnä vain eteläisintä Suomea. Tuloksia voidaan kuitenkin soveltaa myös Keski-Suomen puuntuotoskyvyllään vastaaville kasvupaikoille. Tätä vastaavuutta voidaan arvioida riittävällä tarkkuudella valtapituusboniteetin avulla (ks. Vuokila 1980b, s. 81—88).

Puuston tilaan on tämän tutkimuksen tuloksia sovellettaessa kiinnitettävä erityistä huomiota. Tähän ovat syynä koemetsiköiden erityispiirteet, kuten suuri perustamistiheys, jonka seurauksena runkoluku oli esiharvennusvaiheessa MT:llä 2 100 ja OMT:llä 2 300 kpl hehtaarilla, sekä metsiköiden tasaisuus ja aukottomuus — koealoilla ei myöskään ollut ajouria. Verrattaessa koemetsiköiden kasvatustiheyksiä normaaleihin talousmetsiin on edellä mainitut näkökohdat otettava huomioon. Sama koskee myös vertailua luontaisesti syntyneisiin kuusikoihin, joiden kannalta tutkimuksen tuloksia on pidettävä suuntaa antavina ja sovellutuskelpoisina vain hyvin hoidettuihin, puuston rakenteen puolesta istutuskuusikoita vastaaviin metsiköihin. Istutuskuusikoiden luonnonkuusikoita nopeampi kehitys nuorella iällä voidaan tällaisissa vertailuissa ottaa joustavasti huomioon valtapituuden kehitystä tarkastelemalla.

Tuotostietojen ohella toisen edullisuussuhteisiin vaikuttavan tekijän muodostavat käytetyt puutavaran yksikköhinnat, joiden epävarmuustekijöitä ovat yleinen hintataso, tukkipuun ja kuitupuun hintasuhteet sekä yksittäisten puuerien hinnoittelu. Puutavaran hintataso on käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksen kannalta merkityksellinen vain suhteessa kustannustasoon. Tuottojen ja kustannusten vaihtelua tässä suhteessa tutkittiin muuttamalla metsähoitotöiden kustannuksia 50 prosentilla suuremmiksi tai pienemmiksi pitäen samalla puun hinnat kiinteinä. Tämän suuruista kustannusten vaihtelua voidaan verrata puutavaran reaalihintojen vaihteluun tämän tutkimuksen hinta-aineistossa (ks. liite 1). Puutavaralajien hakkuuvuosittaiset reaali hinnat vaihtelivat ääri vuosina kunkin hakkuuvuoden reaali hintaan verrattuna havutukkipuulla +53 prosentista (1973/74) —22 prosenttiin (1967/68) ja kuusikuitupuulla +47 prosentista (1974/75) —23 prosenttiin (1978/79). Käytetty metsänhoito-

töiden kustannustason vaihtelu 0,5 -kertaisesta 1,5 -kertaiseen ei vastaa aivan niin suurta kantohintatason muutosta kuin —33 % — +100 %, sillä yleiskustannukset pidettiin kiinteinä. Mainittu kustannustason vaihtelu kattaa kuitenkin kantohinnoissa tarkasteltuna ajanjaksona edellä todetun vaihtelun.

Mikäli puunkasvatuksen kustannusten reaaliarvojen nousu on tulevaisuudessa puutavaran reaalihintojen nousua nopeampaa johtuen mm. ihmistyön voimakkaasta kallistumisesta, voidaan käytetyn kustannustason vaihtelun avulla myös hahmottaa edullisuustunnusten kehitystä tulevaisuudessa.

Puutavaralajien keskinäisellä hintasuhteella on huomattava vaikutus eri kasvustiheyksien edullisuussuhteisiin — onhan tuotoksen rakenne olennaisesti kasvustiheydestä riippuvainen. Kuusen puutavaralajien perushintasuhteen 100:54 lisäksi tulokset laskettiin hintasuhteilla 100:32 ja 100:89. Näitä vaihtoehtoja voidaan verrata hinta-aineistoon kuuluvan vuosijakson hintasuhteen ääriarvoihin, jotka olivat 100:32 (hakkuuvuonna 1973/74) ja 100:82 (hakkuuvuonna 1961/62). Laskelmissa käytetyt hintasuhteet edustavat siten likimäärin niitä ääriarvoja, joita kuusitukkipuun ja kuusikuitupuun hintasuhteissa on esiintynyt 25 viime vuoden aikana Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueen hakkuuvuosittaisissa keskiarvoissa.

Puutavaran laatua ei otettu huomioon hinnoiteltaessa puueriä, sillä laadun määrittämiseen tarvittavia mittauksia ei sisällynyt käytettävissä olevaan tuotosaineistoon. Lisäksi tutkitut käsittelyvaihtoehdot eivät olisi antaneet kattavaa kuvaa kasvustiheyden ja puun laadun välisestä yhteydestä. Kaikki koemetsiköt oli nimittäin istutettu samaan tiheyteen, ja ne olivat saaneet kasvaa ilman kuusijakson harvennuksia esiharvennusvaiheeseen, 13—16 metrin valtapituuteen saakka, jolloin etenkin tyvitukin oksaisuus oli jo pääosin määräytynyt. Ruotsalaisessa tutkimuksessa, jossa kuusikko oli harvennettu ensimmäisen kerran 35-vuotiaana (käsillä olevassa tutkimuksessa vastaavat iät olivat 32 ja 36 vuotta), todettiin elävän latvuksen rajan olleen esiharvennushetkellä 5 metrin korkeudella ja harvennusten vaikutuksen näkyvän selvimmin 2. tukin oksaisuudessa (Carbonnier 1974). Tämän tutki-

mustuloksen perusteella on todettava, että oksaisuuteen huomattavasti vaikuttavasta metsikön nuoruusvaiheen tiheydestä ei ollut selkeitä vertailtavia vaihtoehtoja. Puun laadulla ei lisäksi ole ollut huomattavaa merkitystä kuusitukin kauppahintaan Etelä-Suomen alueella.

52. Tulosten vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Hanneliuksen (1978) tutkimus istutuskuusikon kasvatusiheyksistä sisältää koemetsiköiden kehityksen 46 vuoden ikään asti. Perustamistiheyden synnyttämiä kasvatusiheyden eroja oli tasattu harvennuksilla metsiköiden varttuessa niin paljon, että 46 vuoden iällä pohjapinta-alat olivat likimain riippumattomia istutustiheydestä. Kasvatusiheyden vaihtoehtojen vertailua koskevia tuloksia ei siten em. tutkimuksessa esitetty. Vuokila (1975) on esittänyt myös eräitä liiketaloudellisia laskelmia, jotka koskivat samaa metsikköaineistoa kuin käsillä oleva tutkimus. Mainitut laskelmat käsittivät 12 vuoden pituisen jakson ensiharvennuksen jälkeisestä metsiköiden kehityksestä.

Edellä esitetystä johtuen käsillä olevan tutkimuksen tuloksia oli koko kiertoajan osalta mahdollista verrata vain toista puulajia tai maantieteellistä aluetta koskeviin tutkimuksiin. Eri puulajien reagointi kasvatusiheyteen on voimakkaasti yhteydessä niiden valonvaatimuksiin. Tässä suhteessa mäntylajit valopuina poikkeavat selvästi kuusilajeista (tässä *Picea* ja *Douglas*-suvut), jotka luokitellaan puolivarjopuiksi. Näin ollen mänty- ja kuusilajeihin perustuvien tulosten vertailu tarkasteltavana olevan tutkimusaiheen kannalta ei yleensä ole mielekästä. Poikkeamat kasvuolosuhteissa ja metsien hoidon käytännössä vaikeuttavat vertailua ulkomaisiin tutkimustuloksiin. Esimerkiksi kuusiköiden tiheydet runkoluvulla mitattuina voivat poiketa huomattavasti suomalaisesta käytännöstä: eräissä tanskalaisissa kuusikoissa runkoluvut olivat kokeita perustettaessa 27 ja 35 vuoden iällä edellisessä 7 900 ja jälkimmäisessä 7 000 runkoa hehtaarilla (Bryndum 1969 ja 1974). Ensiharvennus, jossa poistetaan vaikkapa 30 % puustopääomasta, merkitsee hyvin erilaista lopputulosta edellä mainittujen

tapaisissa metsiköissä verrattuna tavalliseen suomalaiseen kuusikkoon, jossa runkoluku ennen ensiharvennusta on esim. 1 500 kpl hehtaarilla.

Tämän tutkimuksen tuloksia verrataan seuraavassa aiemmin esitettyihin tuloksiin pyrkien valitsemaan sellainen edullisuuteen vaikuttavien tekijöiden yhdistelmä, joka vastaa kunkin kirjallisuudessa käsitellyn tutkimuksen olosuhteita. Vuokilan (1975) esittämien tuloksien mukaan 3 prosentin korkovaatimuksella ja 12 ensiharvennuksen jälkeisen vuoden kehityksen perusteella voimakkain harvennus oli edullisin. Tämä tulos oli saatu molempien kasvupaikkojen (MT ja OMT) tulokset yhdistämällä, ja se vaikuttaa yhtenevältä käsillä olevassa tutkimuksessa saatujen tuloksien kanssa (ks. esim. kuva 7). Selvä eroavuus on sen sijaan havaittavissa harventamattoman käsittelyn kohdalla. Se oli 12 vuoden tarkastelun perusteella likimain yhtä edullinen kuin lievä harvennus, kun ero näiden käsittelyjen välillä koko kiertoaikaan perustuvan tarkastelun mukaan oli suuri. Tutkimusten välillä todettua eroa on epäilemättä synnyttänyt ensiksikin liikatiheyden haittojen suureneminen metsiköiden ikääntyessä ja toiseksi harvennustulojen merkityksen lisääntyminen diskonttausajan pidentyessä.

Tanskalaisista harvennuskokeista on parhaiten vertailtavissa olevia tuloksia esitellyt Bryndum. Varhaisimmassa tutkimuksessa (Bryndum 1967) tulokset on esitetty niin nuorista metsistä, ettei niitä voida suoraan verrata tämän tutkimuksen tuloksiin. Mainittakoon kuitenkin, että voimakas harvennus (60 %:n kasvatusiheys) oli parantanut metsikön nettotuottoa viimeiseen mittaukseen (30 vuoden ikään) mennessä 33 % harventamattomaan verrattuna. Toisen tutkimuksen (Bryndum 1969) metsiköiden kasvupaikka vastasi arviolta mustikkatyyppiä hieman karumpaa kasvupaikkaa (H_{100} noin 25), ja kasvatusiheyden vaihtelu oli hieman laajempaa kuin käsillä olevan tutkimuksen aineistossa. Kolmannen tutkimuksen (Bryndum 1974) kasvupaikka oli puolestaan hieman viljavampi (H_{100} noin 34) kuin tämän tutkimuksen käenkaalimustikkatyyppi, ja kasvatusiheyden vaihtoehdot olivat vertailukelpoisia. Seuraavassa jaotelmassa vertaillaan eri käsittelyjen edullisuusjärjestyksiä perustamishetken nykyarvon avulla. Bryndumin käsittelyistä on valittu ne, jot-

Tutkimusaineisto	Korkokanta			
	0 %	2,5 %	5 %	7,5 %
	Edullisuusjärjestys			
MT (kiertoaika 75 v)	2,1,3,0	2,3,1,0	3,2,1,0	
Bryndum (1969, kiertoaika 74 v)	3,2,1,0	3,2,1,0	3,2,1,0	
OMT (kiertoaika 55 v)	1,3,2,0	3,2,1,0	3,2,1,0	3,2,1,0
Bryndum (1974, kiertoaika 55 v)	3,2,1	3,2,1	3,2,1	3,2,1

ka vastaavat parhaiten tämän tutkimuksen käsittelyjä, ja niiden järjestys on ilmaistu käyttäen tämän tutkimuksen käsittelytunnuksia. Käsittelyt on esitetty järjestyksessä edullisimmasta epäedullisimpaan.

Korkokannoilla 5 % ja 7,5 % tanskalaiset ja suomalaiset tulokset ovat identtisiä. Korkokannalla 2,5 % tulosten voidaan todeta edelleen olevan yhdensuuntaisia, varsinkin kun otetaan huomioon käsittelyjen 2 ja 3 nykyarvojen vähäinen ero MT:n tapauksessa. Korkokannalla 0 % havaittavat selvät eroavuudet johtuvat paitsi eroista tuotoksen määrässä ja rakenteessa myös hinnoitteluperiaatteiden erilaisuudesta etenkin puutavaran järeyden merkityksen suhteen. Järeyden vaikutus puutavaran arvoon oli Bryndumin (1969 ja 1974) tutkimuksissa voimakkaampi kuin tässä tutkimuksessa, minkä vuoksi alhaiset kasvatusiheydet

olivat ensin mainituissa tutkimuksissa edullisimpia myös korkokannalla 0 %.

Skotlantilaisia istutuskuusikoita koskenut tutkimus (Hamilton 1976) antoi samanlaiset tulokset ensiharvennushetkelle lasketun 5 %:n nykyarvon mukaan: käsittelyjen edullisuus heikkeni kasvatusiheyden noustessa. Alhaisin kasvatusiheys vastasi tämän tutkimuksen käsittelyä 3, joka puolestaan oli myös edullisin kasvatusiheys ensiharvennushetken 5 %:n nykyarvon perusteella.

53. Päätelmiä

Tutkimustulosten perusteella voitiin selvästi todeta, että liiketaloudellisesti edullisin kasvatusiheys riippuu sekä päätöksentekijän käyttämistä edullisuuskriteereistä että vallitsevista hinta- ja kustannusolosuhteista

Taulukko 4. Edullisin käsittely ensiharvennushetken nykyarvon mukaan eri kiertoajoilla, korkokannoilla ja tukki- ja kuitupuun hintasuhteilla. Edullisinta kiertoaikaa vastaava käsittely kullakin korkokannalla ja hintasuhteella on alleviivattu. Käsittelyä 3 ei esiinny pisimmällä kiertoajalla, muunnetut käsittelyt on jätetty pois.

Table 4. The most profitable treatment according to the net present value at the first thinning based on the rate of interest, rotation and price ratio timber:pulpwood. The treatment corresponding the most profitable rotation at each rate of interest and each price ratio is underlined. Treatment 3 does not exist in the longest rotation, modified treatments are excluded.

Kiertoaika, a Rotation	Korkokanta — Interest rate, %					Sisäinen korko Internal rate of return
	0	2	4	6	8	
Käsittely — Treatment						
Hintasuhte — Price ratio						
N = 100:54						
65	2	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
75	2	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
85	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
Hintasuhte — Price ratio						
A = 100:32						
65	2	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>2</u>
75	2	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
85	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
Hintasuhte — Price ratio						
B = 100:89						
65	2	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
75	1	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
85	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>

Kiertoaika, a Rotation	Korkokanta — Interest rate, %					Sisäinen korko Internal rate of return
	0	2	4	6	8	
Käsittely — Treatment						
Hintasuhte — Price ratio						
N = 100:54						
55	1	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
65	1	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
75	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
Hintasuhte — Price ratio						
A = 100:32						
55	3	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
65	1	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
75	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
Hintasuhte — Price ratio						
B = 100:89						
55	1	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
65	1	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
75	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>

eikä yleispätevää optimitiheyttä voida määrittää. Taulukkoon 4 on koottu yhdistelmä tärkeimmistä tuloksista ja sen perusteella voidaan määrittää edullisin käsittelyvaihtoehto valitun edullisuuskriteerin ja päätöksentekioolosuhteiden mukaan. Kustannustason muutoksia ei sisällytetty tähän taulukkoon, sillä niiden vaikutus ilmeni edullisuusjärjestyksen muutoksina ainoastaan perustamishetkelle lasketuissa sisäisissä koroissa.

Johdannon alussa esitettyihin kysymyksiin voidaan vastata tämän tutkimuksen tulosten perusteella seuraavasti: (Tässä yhteydessä on muistutettava tavanomaista suuremmasta perustamistiheydestä koeaineistossa.)

1. Mustikkatyyppin istutuskuusikon kasvatustiheys voidaan alentaa 60 prosenttiin harventamattoman metsikön tiheydestä ilman taloudellisia tappioita. Mikäli päätöksentekijän korkovaatimus on alhainen (esim. 0 tai 2 %), saadaan jonkin verran edullisempi tulos 75—80 prosentin kasvatustiheydellä. Näin saavutettu hyöty jää kuitenkin ilmeisesti alle 10 prosenttiin nettotuloina mitaten. Käenkaalimustikkatyyppin suhteen tilanne on pääpiirtein samankaltainen. Korkokannalla 0 % edullisin kasvatustiheys on hieman suurempi kuin MT:llä, nimittäin 85—90 %. Kahta

prosenttia suuremmilla korkokannoilla saattaa lisäksi alhaisempikin kasvatustiheys kuin 60 prosenttia olla taloudellisesti perusteltavissa, mutta sen tutkiminen ei kuitenkaan ollut mahdollista tämän tutkimuksen aineiston perusteella.

2. Silloin kun metsänomistaja pitää harvennushakuita tarpeettomina runsaiden muiden hakkuumahdollisuuksien tai toisten tulolähteiden vuoksi, vaihtoehtoiset sijoituskohteet ratkaisevat hänen korkovaatimuksensa, joka puolestaan määrää edullisimman kasvatustiheyden. Edellä taulukossa 4 esitetyt käsittelyt ilmaisevat tarvittavat harvennusvoimakkuudet edullisimpaan tulokseen pyrittäessä.

3. Harventamatta jättäminen aiheuttaa vuotuisen keskimääräisen nettotulon perusteella arvioituna MT:llä noin 11—17 % ja OMT:llä noin 3—7 %:n tappion kiertoajasta riippuen. Mitä suuremman korkovaatimuksen päätöksentekijä asettaa, sitä enemmän edellä mainittuja lukuja suuremmaksi kasvaa harventamatta jättämisen synnyttämä tappio. Esimerkiksi korkokannalla 3 % vastaava tappio ensiharvennushetkellä tarkasteltuna on MT:llä noin 46—68 % ja OMT:llä noin 22—33 % kiertoajasta riippuen.

Tutkimusten tulosten mukaan yksityismetsätalouden edistämisjärjestöjen nykyisiä harvennusohjeita likimain vastaava harvennusvaihtoehto on edullisin silloin, kun metsänomistajan reaalin korkovaatimus, siis nykyarvomenetelmän laskentakorkokanta, on suuruusluokkaa 2—3 %.

KIRJALLISUUS

- BRYNDUM, H. 1967. Udhugningsforsøg i ung rødgran. Summary: Thinning experiments in young Norway spruce. Medd. Norske Skogsforsøksv. Bd. XXII, H. 84, s. 49—64.
- 1969. Rødgranhugstforsøget i Gludsted plantage. Summary: A thinning experiment in Norway spruce in Gludsted plantation. Forstl. Forsøgsv. Danm. Bd. XXXII, H. 1, s. 1—156.
- 1974. Rødgranhugstforsøget på Ravnholt. Summary: A thinning experiment in Norway spruce at Ravnholt Forest Estate. Forstl. Forsøgsv. Danm. Bd. XXXIV, H.1, s. 1—159.
- BUONGIORNO, J. & TEEGUARDEN, D.E. 1973. An economic model for selecting Douglas-fir reforestation projects. Hilgardia, vol. 42, No. 3. University of California, Division of Agricultural Sciences.
- CAJANDER, A.K. 1949. Forest types and their significance. Acta For. Fenn. 56.5.
- CAJANDER, E.K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Deutsches referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kultur-Fichtenbestände in Süd-Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 19.3.
- CARBONNIER, C. 1974. Preliminära resultat från ett gallringsförsök i planterad granskog. Summary: Preliminary results from a thinning experiment in a Norway spruce plantation. Inst. Skogsprod. Skogshögsk. Rapp. Upps. 29.
- ERIKSSON, H. 1976. Granens produktion i Sverige. Summary: Yield of Norway spruce in Sweden. Inst. Skogsprod., Skogshögsk. Rapp. Upps. 41.
- EVERT, F. 1973. Annotated bibliography on initial tree spacing. Forest Management Institute, Ottawa. Information report FMR-X-50. Canadian Forestry Service, Department of Environment.
- FIND, N. 1971. Rangordningsmetoden — ett kalkylinstrument för beslut om ekonomiskt optimalt gallringsalternativ tillämpligt även för olikåldriga blandbestånd. Summary: Economic ranking of individual trees — an instrument of decision for thinning, applicable also in even-aged stands. Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift. H.6, 1971.
- HAMILTON, G.J. 1976. The Bowmont Norway spruce thinning experiment 1930—1974. Forestry 49.2.
- HANNELIUS, S. 1978. Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua. Summary: Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability. Folia For. 359:1—51.
- HENRIKSEN, H.A. 1961. A thinning experiment with Sitka spruce in Nystrup dune forest. Forstl. Forsøgsv. Danm. 27.
- HUOVINEN, A. 1980. Nuorten metsien tuotto sekä ensiharvennusten korjuu- ja kuljetuspoliittiset vaikutukset. Puumies 1980:11.

- HYPPÖNEN, M. 1979. Harvennuksen voimakkuuden vaikutus kasvatuksen liiketaloudelliseen edullisuuteen peräpohjalaisessa männikössä. Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusaseman tiedonantaja 19.
- 1981. Eräiden metsikönkasvatustavoitteiden edullisuus metsähallituksen Pohjois-Suomen metsissä. Summary: Profitability of some stand growing alternatives in the State forests of northern Finland. *Folia For.* 463:1—34.
- HÄMÄLÄINEN, J. 1973a. Profitability comparisons in timber growing: underlying models and empirical applications. *Commun. Inst. For. Fenn.* 77:4
- 1973b. Contribution profit analysis for a fully regulated forest and its empirical application. *Seloste: Normaalmetsän katetuottoanalyysi ja sen empiirinen sovellutus.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 80:1.
- 1978. Käsitteilyn vaikutus järetyvän puuston tuottoon ja liiketaloudelliseen hakkuukypsyysikään. Puuntuotannon nykyhetken ongelmia. Metsäntutkimuslaitoksen 60-vuotisjuhlaletkely 12—13.6.1978. s. 63—67. Helsinki.
- 1979. Harvennusten liiketaloudelliset ongelmat. Kasvatustaloudelliset ongelmat. *Kasvatustaloudelliset ongelmat.* Aulanko 12.—13.09.1979.
- KEIPI, K. 1980. Business economics in forestry research in Finland. *Seloste: Metsätalouden liiketieteen tutkimus Suomessa.* *Silva Fenn.* 14. 3:305—318.
- & KEKKONEN, O. 1970. Calculations concerning the profitability of forest fertilization. *Seloste: Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta.* *Folia For.* 84:1—23.
- & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420:1—35.
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1973. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: Variations in the profitability of forest fertilization. *Silva Fenn.* 7. 3:192—235.
- KILKKI, P. 1968. Income-oriented cutting budget. *Seloste: Tulotavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma.* *Acta For. Fenn.* 91.
- 1971. Optimization of stand treatment based on the marginal productivity of land and growing stock. *Seloste: Maan ja puuston rajatuottavuuksiin perustuva metsikön käsitteily optimointi.* *Acta For. Fenn.* 122.
- & PÖKÄLÄ, R. 1975. A long-term timber production model and its application to a large forest area. *Seloste: Pitkän ajan puuntuotantomalli ja sen sovellutus Keski-Suomen ja Pohjois-Savon piirimetsälautakuntien alueelle.* *Acta For. Fenn.* 143.
- & VÄISÄNEN, U. 1969. Determination of the optimum cutting policy for the forest stand by means of dynamic programming. *Seloste: Metsikön optimihakkuuohjelman määrittäminen dynaamisen ohjelmoinnin avulla.* *Acta For. Fenn.* 102.
- KUUSELA, K. 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971—1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971—1976. *Commun. Inst. For. Fenn.* 93(6):1—107.
- Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. 1971. Summary: Report of the Committee on the Costs of Forest Planting and Seeding. *Folia For.* 109:1—160.
- Metsäpuiden siementen ja taimien hinnat 1979. Keskusmetsälautakunta Tapio. Helsinki.
- Metsätyöntantajien suositus istutuksen urakkapalkkauksesta 1979. Metsähallitus, Metsäteollisuuden työnantajaliitto, Maaseudun työnantajaliitto. Helsinki.
- MØLLER, C.M. & NIELSEN, L. 1976. Konjunkturbestemt tynding? Et udhgningsforsøg. Summary: Thinning according to market tendency? *Dansk. Skovforen. Tidsskr. LXI årgang, 4.,* 263—276.
- Puun hintasuositus 1.7.1978—30.6.1979. 1978. Maataloustuottajien Keskusliiton metsävaltuuskunta ja Teollisuuden Puu yhdistys. Espoo.
- RANDALL, R.M. 1977. Financial consequences of commercial thinning regimes in young-growth Douglas-fir. *USDA For. Serv. Res. Note PNW-293.* Tapion taskukirja. 1978. 18., uudistettu painos. Helsinki.
- Tapion vuosikirja 1979. 1980. Summary: Tapio's Yearbook 1979. Keskusmetsälautakunta Tapio. Helsinki.
- UUSITALO, M. (toim.) 1972...1981. Metsätalostilastollinen vuosikirja 1971...1980. Yearbook of Forest Statistics 1971...1980. *Folia For.* 165, 195, 225, 255, 295, 345, 375, 430, 460. Suomen virallinen tilasto XVII A:4...XVII A:12. Official Statistics of Finland XVII A:4...XVII A:12.
- 1976b. Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973. Summary: Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. *Folia For.* 259:1—46.
- 1976c. Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—1974. Summary: Costs of timber production in Finland in 1972—74. *Folia For.* 291:1—27.
- WORTHINGTON, N.P. & STAEBLER, G.R. 1961. Commercial thinnings of Douglas-fir in the Pacific Northwest. *USDA. For. Serv. Techn. Bull.* 1230.
- VUOKILA, Y. 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. *Folia For.* 247:1—24.
- 1980a. Kasvatustiheyden vaikutus istutuskuusikon kasvuun ja tuotokseen. Summary: The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland. *Folia For.* 448:1—15.
- 1980b. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. Porvoo. 256 s.
- & VÄLIAHO, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatustaloudellisuus. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 99(2):1—271.

SUMMARY

The profitability of growing densities in Norway spruce plantations is evaluated by using partial investment criteria as real net present value and the real internal rate of return. The business economic comparison is based on single stands and only interest rates are included to represent the forest enterprise as a whole. The compared treatment schedules consist of six thinning and tree rotation alternatives. Two different decision points, the time just before the first thinning and regeneration, are used. The calculations are extended from the decision points until eternity.

The study material represents two mineral sites described according to Cajander (1949) as Myrtillus-type (MT) and Oxalis-Myrtillus-type (OMT). The corresponding dominant heights at the age of 100 yrs. are 28 and 32 m, respectively. The yield data are based on permanent experiments located in Southern Finland (61° N. lat.), and for the last 2–28 years of each rotation, on the growth and yield model for conifer cultures in Finland (Vuokila & Väliaho 1980). The portion of total production obtained from field measurements amounted to 60–95 percent depending on rotation length (cf. App. 2). Results from field measurements have been presented by Vuokila (1975, 1980a).

In the field experiments four different treatments were formed at the first thinning: no thinning (code = 0), light thinning (1), heavy thinning (2) and very heavy thinning (3). Two additional thinning programmes were obtained through calculations, where, in treatments 2 and 3, the second and third thinning were combined. These additional treatments are called modified treatments 2 and 3 (M2 and M3). All treatments are described with reference to the time of cutting and the removal percent (Table 1), and to the relative basal area per hectare (Table 2). Total felling removals resulting from each treatment can be seen in Fig. 1, where the shares of timber and pulpwood and mean annual drain during rotation are also given. On the moderate site (MT), the yield of treatment M2 is greater than that of treatments 2 and 3. The reason for this is that the yield in treatment M2, based mainly on the growth model is somewhat greater than in treatment 2, based mainly on field data. The mean diameters (b.h.) of the final crops are presented in Fig. 2.

The unit prices of timber and pulpwood are held constant over time. The fixed real prices for cutting year 1978/79, with business cycles eliminated, are obtained from linear trends (App. 1). For sensitivity analysis the price ratio timber:pulpwood has been varied as follows: normal price ratio (N) = 100:54, high price ratio (A) = 100:32, low price ratio (B) = 100:89. For single cut lots of wood the unit prices for timber and pulpwood have been fixed by the mean size of the usable part of stem (Fig. 3) and by the amount of cut wood.

The sum of cutting revenues for each treatment over one rotation can be seen in Fig. 4. The share of timber from total revenues varies from 65 to 88

percent on the moderate site (MT) and from 74 to 93 percent on the fertile site (OMT). The total revenues show greater differences between treatments than are found among the total yield (Fig. 1). Differences between treatments in the mean unit values of usable wood are slight except in connection with the shortest rotations (Fig. 5).

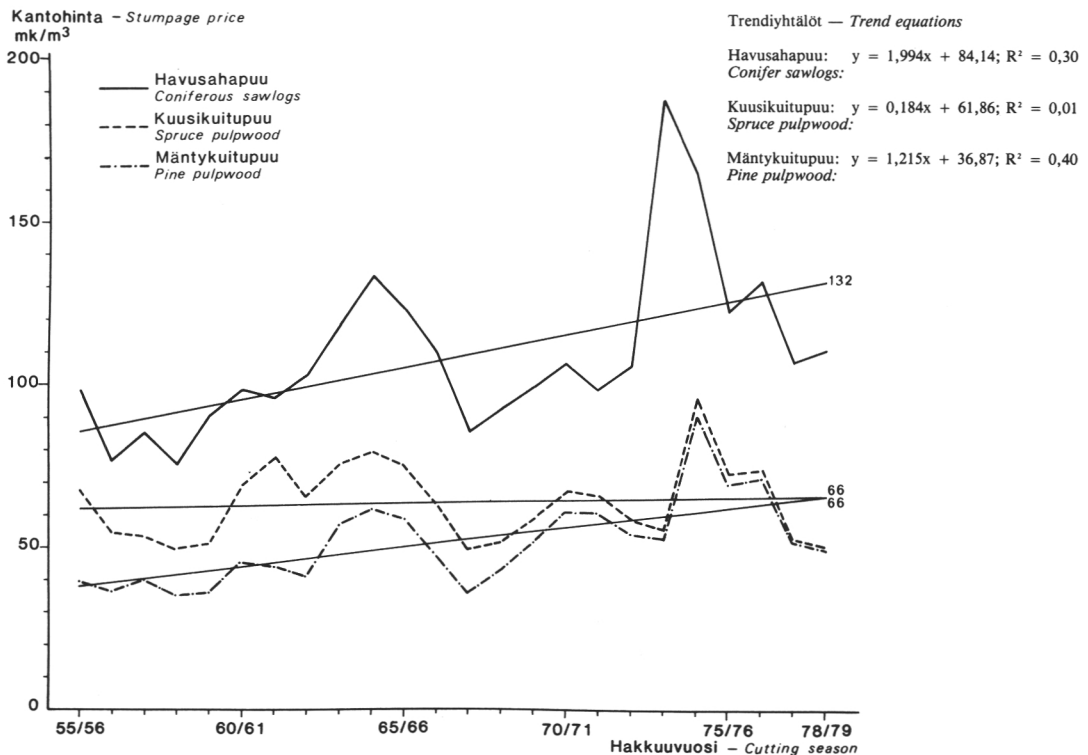
When the time just before the first thinning has been regarded as the decision point, the net revenues of future have been compared with the cutting value of standing volume before the first thinning for each treatment. The variation among these cutting values is ± 8 percent on the moderate site (MT) and ± 3 percent on the fertile site (OMT) (Fig. 6).

For determining the silvicultural costs the unit costs per hectare were first calculated. Secondly, they were multiplied by the probability at which each silvicultural measure would be needed varying by site conditions. Mean overheads, except taxes, were also included.

The results are presented for two decision points: the first thinning and regeneration. At the first thinning according to the net present value of three percent the most profitable growing density is about 70 percent from the maximum (i.e. unthinned) on the moderate site (MT) and 60 percent or below on the fertile site (OMT) (Fig. 7). When judged by the internal rate of return the lowest growing density proves to be most profitable on both sites (Fig. 8). However, restrictions in the field material prevented the determination of the absolute optimum in the growing density. In terms of mean annual net revenue (undiscounted) the optimal growing density is 70–80 percent of the maximum on the moderate site and 80–90 percent on the fertile site (Fig. 9). When taking the time for regeneration as the decision-making point the results obtained by net present value (Fig. 10) and by the internal rate of return (Fig. 11), are, in general, similar to those for the first thinning. To reveal the influence of discounting rate on the results, the net present values have been transformed to relative numbers in the manner in Fig. 12. At the first thinning on the moderate site the modified treatment M2 is financially optimal at all the given rates of interest (0–6 percent). On the fertile site the most profitable ones are treatment 1 at the rate of 0 to 1 percent, modified treatment 3 at the rate of 2 percent and treatment 3 at rates greater than 2 percent. The results are generally similar to those based on calculations at regeneration (Fig. 13). Heavy thinnings are also found to be most profitable by Bryndum (1969, 1974) and Hamilton (1976) (based on five percent net present value). According to Bryndum (1969, 1974) the financial order is independent on the rate of interest, and e.g. the interest rate of 0 percent yields equal results. This does not agree with the present study. The main reason for this disagreement lies on the influence of the size of stems on the unit price of wood. This influence is greater in Bryndum's studies than in the present study, and low growing densities are most profitable even when leaving out the time factor, i.e. without discounting.

Varying the price ratio timber:pulpwood does not bring about major changes in the profitability relations by the internal rate of return (Fig. 14). This is especially true on the moderate site. On the fertile site some alternations can be detected, but they do not cause changes in the financial order of treatments, except with 55 yrs. rotation. On the basis of the net present value (3 percent) the changes were also minor (Fig. 15). Raising the level of silvicultural costs makes the low growing densities somewhat less profitable compared with other growing densities on both sites (Fig. 16).

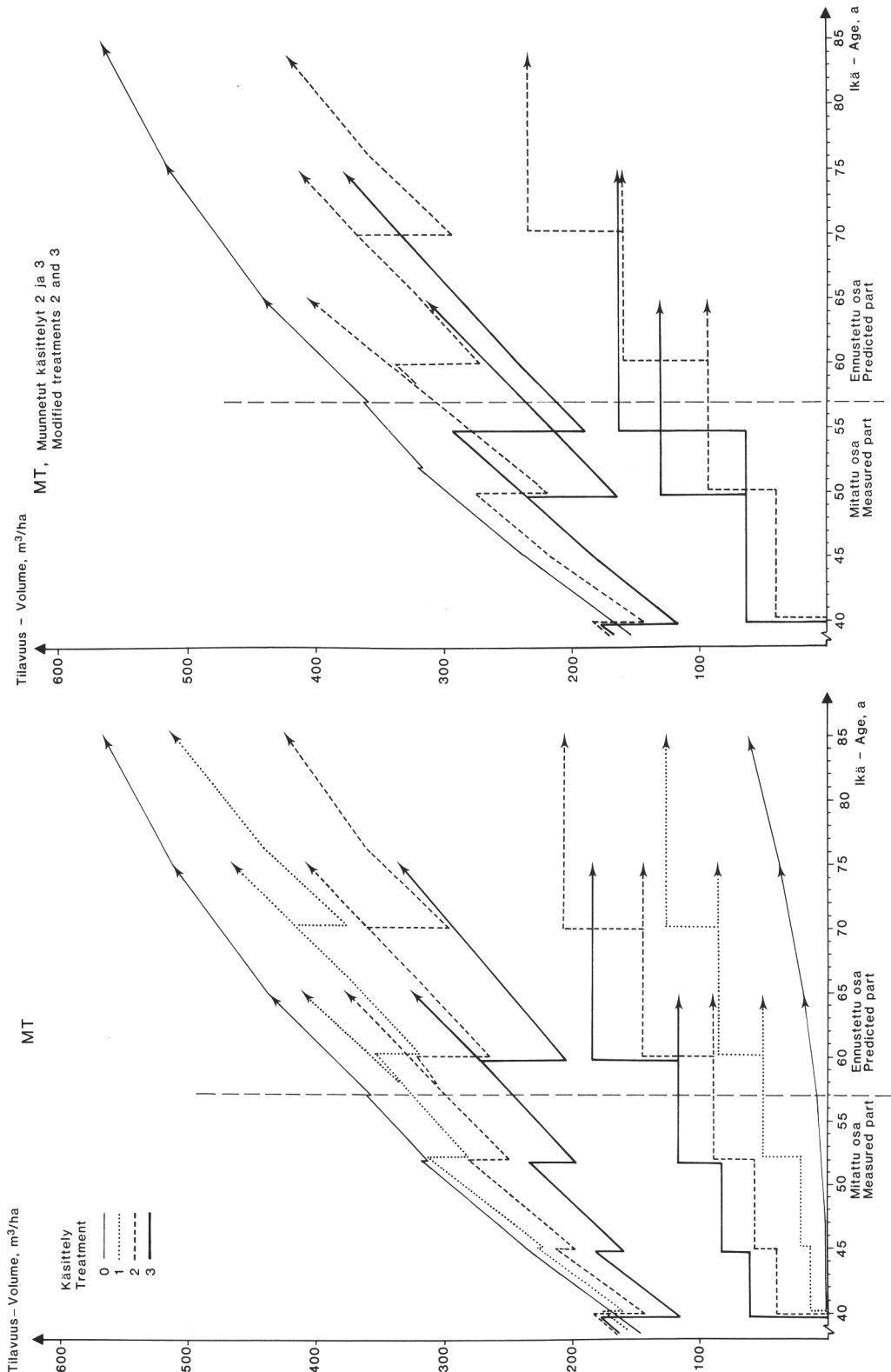
Some of the main results are assembled in Table 4. From this table the most profitable treatment can be determined based on the given rate of interest, rotation and price ratio timber:pulpwood.

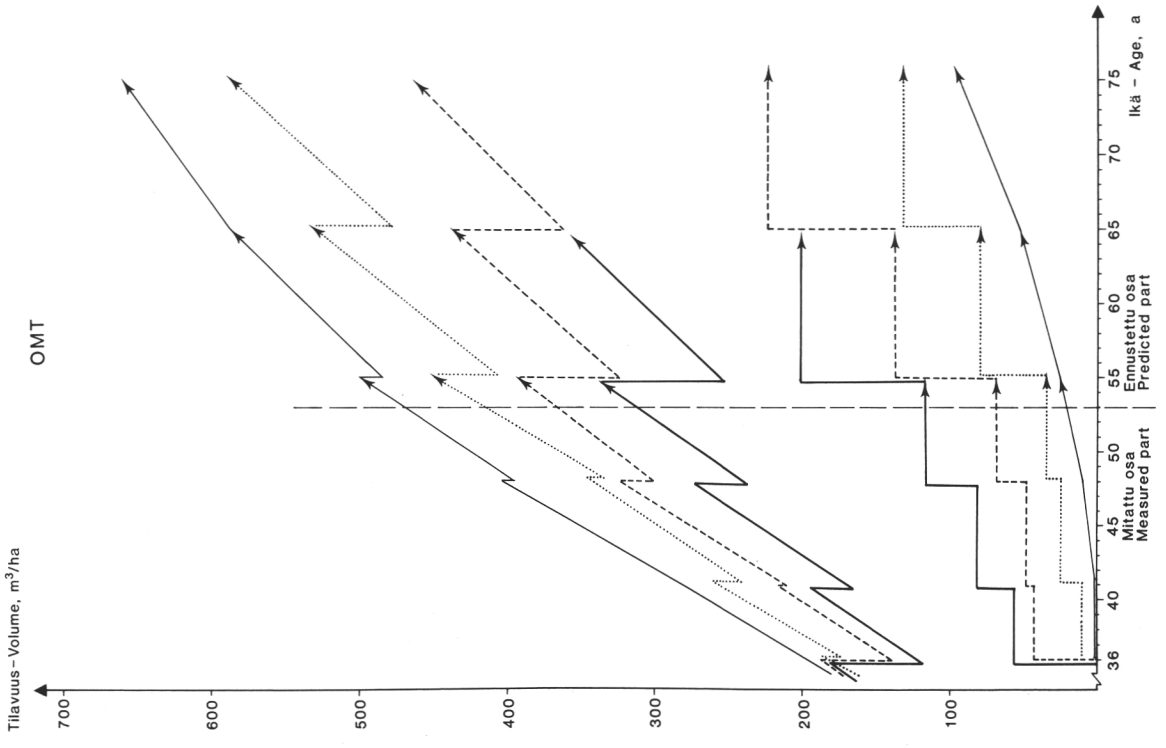
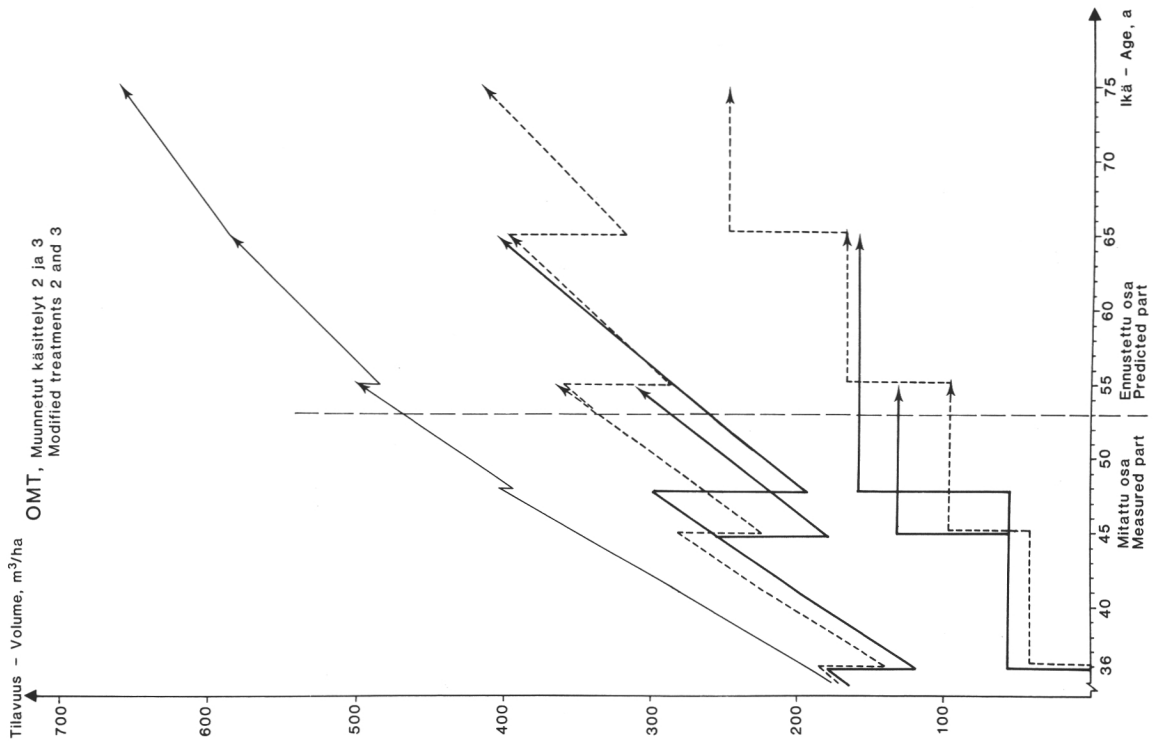


LIITE 1. Itä-Hämeen piirimetsälautakunnan alueen keskimääräiset vuotuiset reaaliset kantohinnat hakkuuvuoden 1978/79 rahan arvossa sekä suoraviivaiset trendit vuosiarvoista.

APPENDIX 1. Mean real stumpage prices by cutting years in the money value of cutting year 1978/79 for Itä-Häme Forestry Board District and the linear trends based on annual values.

LIITE 2. Metsikön runkotilavuuden ja kokonaispoistuman kehitys iän suhteen eri käsittelyillä.
 APPENDIX 2. Standing volume and total drain in relation to age by treatments.





ODC 651 + 232.43 + 535 + 174.7 *Picea abies*
ISBN 951-40-0556-2
ISSN 0015-5543

VALSTA, L. 1982. Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liikeloudellinen vertailu. Summary: Profitability comparison of growing densities in spruce plantations. *Folia For.* 504:1—33.

The business economic profitability of growing densities in Norway spruce plantations in southern Finland is evaluated by using partial investment criteria as real net present value and the real internal rate of return. The yield data, covering whole rotations, are based on permanent plots and yield predictions. The unit prices and costs are held constant over time. The optimal density varied from 85 to 60 % of the maximum (the basal area of unthinned stands) and it seems to be lowered with increasing site fertility, increasing rate of interest, increasing unit price ratio timber:pulpwood and decreasing cost level.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland

ODC 651 + 232.43 + 535 + 174.7 *Picea abies*
ISBN 951-40-0556-2
ISSN 0015-5543

VALSTA, L. 1982. Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liikeloudellinen vertailu. Summary: Profitability comparison of growing densities in spruce plantations. *Folia For.* 504:1—33.

The business economic profitability of growing densities in Norway spruce plantations in southern Finland is evaluated by using partial investment criteria as real net present value and the real internal rate of return. The yield data, covering whole rotations, are based on permanent plots and yield predictions. The unit prices and costs are held constant over time. The optimal density varied from 85 to 60 % of the maximum (the basal area of unthinned stands) and it seems to be lowered with increasing site fertility, increasing rate of interest, increasing unit price ratio timber:pulpwood and decreasing cost level.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

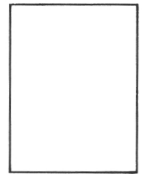
Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi

Name _____

Osoite

Address _____



Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema
Kannus Energy Forestry Experiment Station
Os. — *Address:* Valtakatu 18
69100 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

1981

- No 483 Salminen, Sakari: Vuosien 1971—75 valtakunnallisia metsävaratietoja karttamuodossa. A cartographic presentation of forest resources in Finland 1971—75.
- No 484 Aarne, Martti: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat 1979. Removals and flows of commercial roundwood in Finland in 1979 by districts.
- No 485 Kurkela, Timo: Versosyöpä (*Gremmeniella abietina*) riukuasteen männiköissä. Canker and die-back of Scots pine at precommercial stage caused by *Gremmeniella abietina*.
- No 486 Oikarinen, Matti & Pyykkönen, Juhani: Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla. The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtilus spruce swamp in Ostrobothnia.
- No 487 Löytyniemi, Kari: Typpilannoituksen ja neulasten ravinnepitoisuuden vaikutus hirven mäntyraivonnon valintaan. Nitrogen fertilization and nutrient contents in Scots pine in relation to the browsing preference by moose (*Alces alces*).
- No 488 Juslin, Heikki, Leinonen, Matti & Lonkila, Markku: Omät myyntikonttorit mekaanisen metsäteollisuuden vientimarkkinointikanavien kehitysvaihtoehtona. Sales offices as an alternative of developing the export marketing channels of Finnish mechanical wood industry.
- No 489 Kellomäki, Seppo: Mäntysahatukien laadun ja sydänpuosuuden yhteys tukin ulkoisiin tunnuksiin. Quality of pine logs and proportion of heartwood as related to properties of the logs.
- No 490 Hyppönen, Mikko: Kantohintojen alueittaiset muutokset Pohjois-Suomessa. Stumpage price changes in northern Finland by districts.
- No 491 Salo, Esko & Vuorivirta, Juha: Yksityismetsien raakapuun hakkuu-, luovutusmittaus- ja toimitustavat vuosina 1974—76. Cutting, delivery and measurement methods of roundwood in private forests in Finland in 1974—76.
- No 492 Teivainen, Terttu, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Vesimyrrän aiheuttamat tuhot männyn siemenviljelmillä Keski-Suomessa vuonna 1979/80. Water vole (*Arvicola terrestris*) damage in Scots pine seed orchards in Central Finland during 1979/80.
- No 493 Ferm, Ari & Sepponen, Pentti: Aurusjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana. Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years.
- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980. Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö. Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa. Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamäki, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla. Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsäillä. Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

1982

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokoussitelmät. Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölkyittäinen kuitupuun mittaaminen. Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus. Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Merklin).
- No 503 Löytyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa. Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu. Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla. Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa. Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa. Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaleilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341

ISBN 951-40-0556-2
ISSN 0015-5543