



FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1993

802

Mauno Pesonen, Jari Jämsä & Hannu Hirvelä

HARVENNUSHAKKUIDEN EDULLISUUSVERTAILU METSÄLÖTASOLLA
Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level

FOLIA FORESTALIA

Julkaisija — *Publisher*

Metsäntutkimuslaitos
The Finnish Forest Research Institute

Toimitus — *Editors*

Päätoimittaja — <i>Editor in chief:</i>	Erkki Annila
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Seppo Oja
Toimittaja — <i>Editor:</i>	Tommi Salonen

Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland
tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308

Toimituskunta — *Editorial Board*

Erkki Annila (pj. — *chairman*), Pentti Hakkila, Seppo Kaunisto, Jari Kuuluvainen, Juha Lappi, Eino Mälkönen

Tavoitteet ja tarkoitus — *Aim and Scope*

Sarjassa julkaistaan tutkimuksia, tilastoja ja kirjallisuuskatsauksia, joilla on ensisijaisesti kotimaista merkitystä. Julkaisukielenä on kotimainen kieli, mutta julkaisut sisältävät englanninkielisen selosteen tärkeimmistä tutkimustuloksista.

Folia Forestalia publishes research reports, statistics and literature reviews relevant to Finnish forestry.

Tilaukset — *Subscriptions*

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan Metsäntutkimuslaitoksen kirjastolle. *Subscriptions and orders for back issues should be addressed to the Library of the Institute.*

FOLIA FORESTALIA 802

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1993

Mauno Pesonen, Jari Jämsä & Hannu Hirvelä

HARVENNUSHAKKUIDEN EDULLISUUSVERTAILU METSÄLÖTASOLLA

Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level

Approved on 5.2.1993

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	3
1.1	Harvennushakkuut liiketaloudellisena ongelmana	3
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	3
2	AINEISTO JA SEN KÄSITTELY	4
2.1	Metsälöiden valinta	4
2.2	Aineiston esikäsittely	6
3	HINTA- JA KUSTANNUSTIEDOT	7
3.1	Kanto- ja hankintahinnat	7
3.2	Vertailuhinnat	7
3.3	Järeys- ja leimikkotiheyskorjaukset	9
3.4	Kustannukset	9
4	LASKENTAMENETELMÄ	11
4.1	Harvennusohjelmat	11
4.2	Puuntuotanto-ohjelman valinta	11
5	TULOKSET	12
5.1	Alkutuottoarvon maksimointi	12
5.2	Lopputuottoarvon maksimointi	16
6	TULOSTEN TARKASTELU	18
6.1	Harvennushakkuiden edullisuus metsälötasolla	18
6.2	Hintamuutosten vaikutus harvennushakkuiden edullisuuteen	19
6.3	Tutkimusmenetelmän arviointi	19
	KIRJALLISUUS – REFERENCES	21
	SUMMARY	23

Pesonen, M., Jämsä, J. & Hirvelä, H. 1993. Harvennushakkuiden edullisuusvertailu metsälötasolla. Summary: Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level. *Folia Forestalia* 802. 23 p.

Tutkimuksessa tarkastellaan harvennushakkuiden liike-taloudellista edullisuutta metsälötasolla. Vertailut tehdään MELA-järjestelmällä seuraavien harvennusohjelmien suhteen: 1) Metsäkeskus Tapiion harvennusmallit, 2) ei harvennuksia, 3) ensiharvennuksen siirtäminen 13 metrin keskipituudelle (myöhemmät harvennuksat Tapiion harvennusmallien mukaan) sekä 4) kolmen ja 5) viiden prosentin korkokannan mukaiset harvennusmallit.

Tutkimuksen perusaineiston muodostivat Satakunnan, Pohjois-Karjalan ja Keski-Pohjanmaan metsälautakuntien metsälöt, jotka poimittiin metsälautakuntien TASO-suunnittelujärjestelmästä. Aineistona olivat kaikki yli viiden hehtaarin metsälöt, joille oli tehty metsätaloussuunnitelma vuosina 1987–1989 (5266 tilaa). Lopulliseksi aineistoksi valittiin 115 tilaa jokaisesta tarkasteluun valitusta metsälautakunnasta (345 tilaa).

Tuloksia tarkasteltiin tuottoarvojen, nettotulojen ja muiden keskeisten puustotunnusten suhteen. Harventamatta jättäminen aiheutti selkeät tuottoarvotappiot kaikissa vertailuissa. Harvennusten laiminlyönnistä seurasi myös luonnonpoistuman jyrkkä kasvu, joka johti tulevaisuuden tuottomahdollisuuksien heikkenemiseen. Tapiion harvennusmallit osoittautuivat tukkipuun tuotosta maksimoivaksi ohjelmaksi. Niiden aikaisesta ensiharvennuksesta ja pienistä harvennuskertymistä aiheutui tuottotappioita kolmen prosentin malleihin ja ensiharvennuksen myöhentämiseen verrattuna. Tilan koolla ja alueella ei ollut edullisuusjärjestykseen vaikutusta.

Pyrittäessä mahdollisimman hyvään taloudelliseen lopputulokseen metsälötasolla harvennushakkuut ovat välttämättömiä. Ensimmäisen harvennuksen siirtäminen aikaisintaan 13 metrin keskipituudelle parantaa taloudellista lopputulosta olennaisesti, vaikka myöhemmät harvennuksat tehtäisiinkin Tapiion harvennusmallien mukaan. Parhaaseen taloudelliseen tulokseen päästään kolmen prosentin harvennusmalleilla.

Keywords: thinnings, profitability, thinning models, net present value, optimization.
FDC 242 + 64

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Resources, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

The aim of this study is to analyze the profitability of thinnings at the forest holding level. Analysis is carried out using MELA-software with the following thinning treatments: 1) thinning models of Forestry Center Tapio, 2) no thinnings, 3) postponement of the first thinning to the mean height of 13 m (following thinnings according to Tapio's thinning models), 4) thinning models based on interest rates of three % and 5) five %.

The data were based on forests of the districts of Satakunta, Pohjois-Karjala and Keski-Pohjanmaa. Selection was based on the TASO-planning system used by forestry board districts. Basic data consisted of all forest holdings over 5 hectares with forestry plan for 1987–1989, summing up to 5266 forest holdings. The final data contained 115 forest holdings from each selected district, altogether 345 forest holdings.

The results were considered in relation to net present value, net incomes and other essential stand characteristics. The unthinned alternative resulted in loss of net present value in all comparisons. That was due to high mortality with subsequently reduced potential of future revenue. Tapio's models seemed to maximize saw-timber production. Their early first thinning and small harvest yields caused losses of revenues as compared to the 3 % maximizing models and the postponement of the first thinning. Forest holding size and district had no impact on profitability ranking.

Thinnings are essential from the point of financial return. Postponement of the first thinning at least to the mean height of 13 meters improves the financial return considerably, even if the subsequent thinnings were made in accordance of Tapio's models. The 3 % maximizing model gives the best financial return with greater harvest yields and shorter rotation compared with Tapio's model.

ISBN 951-40-1284-4
ISSN 0015-5543

Tampere 1993. Tammer-Paino Oy

1 Johdanto

1.1 Harvennushakkuut liiketaloudellisena ongelmana

Harvennushakkuuta voidaan tarkastella ainakin biologisin, puuntuotannollisin ja liiketaloudellisin perustein. Harvennushakkuiden biologisia ja puuntuotannollisia perusteita on tutkittu runsaasti (esim. Möller 1954, Assman 1970, Vuokila 1983, Mielikäinen 1985). Harvennushakkuuta pidetään yleisesti puuston kehityksen kannalta välttämättömänä metsänhoidollisena toimenpiteenä. Harvennushakkuiden liiketaloudellisia perusteita on tutkittu suhteellisen vähän (Kilkki & Väisänen 1969, Kilkki 1971, Gregory 1972, Valsta 1982, 1986 ja 1990, Mielikäinen & Valkonen 1991). Tehdyt edullisuustutkimukset ovat yleensä rajoittuneet metsikkötasolle, jolloin jokaisen metsikön käsittelyvaihtoehdot valitaan erikseen toisistaan riippumatta. Metsikön käsittelyohjelman valinnassa käytettyjä optimointimenetelmiä ovat vertailleet mm. Roise (1986) ja Valsta (1990).

Harvennushakkuiden keskeisiä kysymyksiä ovat harvennusvoimakkuus, -ajankohta, -tapa, puulajivalinta ja optimaalinen kiertoaika. Metsikön liiketaloudellisesti edullisimpaan puulajisuhteeseen vaikuttaa puumäärien ohella puutavara-lajien hintasuhteet (Valsta 1986). Kolmas keskeinen tekijä liiketaloudellisissa laskelmissa on korjuukustannukset, jotka ovat suhteellisen suuret varsinkin ensiharvennuksessa. Korjuukustannukset voivat ylittää ensiharvennuksesta saatavat hakkuutulot, jolloin nettotulot ovat negatiiviset. Toiminnan taloudellista mielekkyyttä perustellaan tulevaisuudessa saatavilla suuremmilla tuloilla.

Metsätalouden suunnittelussa tasapainotetaan metsiköiden käsittelyä päätöksentekijän koko metsätalouksikköä koskevien tavoitteiden suhteen, jolloin yksittäisen metsikön valittu käsittelyohjelma ei välttämättä ole metsikön kannalta optimaalinen. Päätöksentekijän tavoitteet aiheuttavat yksittäisissä metsiköissä taloudellisia tappioita, jotka kuitenkin hyväksytään esim. tuottojen tasaisuusvaatimusten tai muiden metsälöä koskevien vastaavien tavoitteiden vuoksi.

Metsätalouden suunnittelussa on hyödynnetty matemaattisia menetelmiä 1960-luvulta lähtien. Lähinnä lineaariseen optimointiin perustuvia tutkimuksia on julkaistu runsaasti USA:ssa (esim. Clutter ym. 1983). Ensimmäinen suomalainen

lineaariseen optimointiin perustuva metsätalouden suunnittelun sovellus oli Kilkin (1968) tulo-tavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma. Kilkin ja Siitosen (1976) esittämän hakkuulaskelman periaatteen sovelsi toimivaksi MELA-järjestelmäksi Siitonen (1983). Eid (1990) sovelsi lineaarista optimointia norjalaisiin olosuhteisiin AVVIRK- ja GAYA-malleillaan.

Metsälötasolla optimointiin perustuvat liiketaloudelliset tarkastelut ovat olleet lähinnä kokonaistarkasteluja metsälön näkökulmasta. Hämäläinen (1973) laati metsänomistajan kokonaistaloutta kuvaavan kombinoitun mallin. MELA-järjestelmää on käytetty lähinnä koko tilan puuntuotantovaihtoehtojen tuottamiseen (esim. Pesonen 1987, Kilpeläinen 1991, Jämsä 1991, Soimasuo 1992). Metsänomistajan metsälölleen asettamien taloudellisten tavoitteiden vaikutusta yksittäisessä metsikössä tapahtuvaan toimenpiteeseen, esim. harvennushakkuuseen, ei ole juuri tutkittu.

Metsänomistajan metsälölleen asettamia taloudellisia tavoitteita on Kajanus (1992) kuvannut kolmella yrityksen toimintastrategialla, jotka ovat kannattavuus, kasvu ja yrityksen rahoituksen tukeminen. Metsätaloudessa on yleisesti pyritty hakkuumahdollisuuksien kasvattamiseen, mikä kuvaa hyvin yrityksen kasvustrategiaa. Harvennushakkuiden rooli osana metsänomistajan toimintastrategiaa on muuttumassa tilanteessa, jossa teollisuuden puuhuollon näkökulmasta harvennuspuulla ei ainakaan lyhyellä aikavälillä ole merkitystä.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää harvennushakkuiden liiketaloudellista edullisuutta sekä harvennushakkuiden vaikutusta puuston kehitykseen metsälötasolla. Vertailut tehdään MELA-järjestelmällä seuraavien harvennusohjelmien suhteen: 1) Tapion harvennusmallit, 2) ei harvennuksia, 3) ensiharvennuksen siirtäminen 13 metrin keskipituudelle (myöhemmät harvennuksat Tapion harvennusmallien mukaan) sekä 4) kolmen ja 5) viiden prosentin korkokannalla laaditut harvennusmallit (Pesonen & Hirvelä 1992a).

Tutkimuksessa selvitetään todelliseen metsä-

löaineistoon perustuen tilan koon, sijainnin ja metsänomistajan tavoitteiden, kuten korkokannan, vaikutus harvennushakkuiden edullisuuteen. Metsänomistajan tavoitteita kuvataan kahdella eri strategialla. Suurinta kestäväää hakkuumäärää hakevaa metsänomistajaa kuvaa alkutuottoarvon (tuottoarvo suunnittelukauden alussa) maksimointi kestävyysrajoitteilla. Hakkuumahdollisuuksia säästävää metsänomistajaa kuvaa lopputuottoarvon (tuottoarvo suunnittelukauden lopussa) maksimointi minimitulotavoitteella.

Tutkimus on osa maa- ja metsätalousministeriön rahoittamaa ”Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaihtoehdot” -hanketta, jossa olivat mukana Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho ja Jaakko Pöyry Oy. Hankkeen tavoitteena oli selvittää harvennushakkuiden taloudellinen merkitys yksityistaloudelle, metsäteollisuudelle ja Suomen kansantaloudelle (Harvennushakkuiden... 1992).

Metsäntutkimuslaitoksen osatutkimuksen ”Harvennushakkuiden yksityistaloudellinen edullisuus” tarkoituksena oli selvittää harvennushakkuiden edullisuus metsikkö- ja metsälötasolla sekä harvennushakkuiden merkitys Suomen metsien kehitykselle. Tässä tutkimuksessa raportoidaan metsälötason tulokset.

Käsitteilytöiden ovat tarkastaneet MH Markku Siitonen ja MML Lauri Valsta. Heidän lisäksi käsitteilytöiden ovat lukeneet MMK, VTK Jukka Aarnio, professori Kari Mielikäinen, MML Miika Kajanus ja MMK Olli Salminen. Varsinkin Olli Salmisen panos käsitteilytöiden työstämisessä oli merkittävä. Tutkimusraportin englanninkielisen tekstin kääntämisessä avusti B.Sc. Paula Horne. Professori Jouko Hämäläinen loi loistavat puitteet tutkimuksen toteuttamiselle. Kiitämme kaikkia edellä mainittuja.

2 Aineisto ja sen käsittely

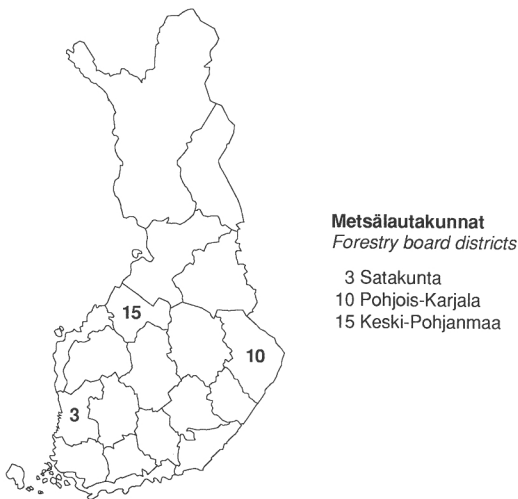
2.1 Metsälöiden valinta

Tutkimuksen aineiston muodostivat otos Satakunnan, Pohjois-Karjalan ja Keski-Pohjanmaan metsälautakuntien metsälöitä, jotka poimittiin lautakuntien TASO-suunnittelujärjestelmästä (kuva 1). TASO on ollut metsälautakunnissa yksityismetsätalouden suunnittelujärjestelmänä vu-

desta 1987 lähtien (Ranta 1991). Perusaineistona olivat kaikki yli viiden hehtaarin metsälöt, joille oli tehty metsätaloussuunnitelma vuosina 1987–1989, yhteensä 5266 tilaa.

Metsätaloustilastollisen vuosikirjan (1989) mukaan tilakoko perusaineistossa oli selvästi metsänhoitomaksua maksavien metsälöiden metsämaan keskipinta-alaa suurempi (taulukko 1). Pienien metsälöiden (5–19,9 ha) osuus on suurin Satakunnassa ja Pohjois-Karjalassa. Keski-Pohjanmaalla suurin tilaryhmä on 20–49,9 ha (Metsätaloustilastollinen vuosikirja 1989).

Tämän tutkimuksen perusaineistossa tiloja oli lukumäärältään eniten tilaryhmässä 20–49,9 ha. Pinta-alaosuus oli suurin Satakunnassa tilaryh-



Kuva 1. Aineiston metsälautakunnat.
Fig. 1. Forestry board districts data was collected.

Taulukko 1. Metsälöiden keskikoko metsälautakunnittain.

Table 1. Mean size of forest holdings by forestry board district.

Metsälautakunta	Perusaineisto, ha	Metsänhoitomaksua maksavat metsälöt
District	Basic data, hectares	Forest holdings paying forestry fee
Satakunta	47,7	36,2
Pohjois-Karjala	47,0	36,5
Keski-Pohjanmaa	39,8	26,0

mässä 20–49,9 ha, Pohjois-Karjalassa tilaryh-
mässä 50–99,9 ha ja Keski-Pohjanmaalla tila-
ryhmässä yli 100 ha (taulukot 2, 3 ja 4).

Perusaineiston pinta-ala oli ilman välialueita
Satakunnassa 65409 ha (13,8 % metsämaan pin-
ta-alasta), Pohjois-Karjalassa 97792 ha (13,3 %

ja Keski-Pohjanmaalla 73596 ha (14,2 %) (tau-
lukot 2, 3 ja 4). Välialueet ovat alueita, joille
tehdään suunnittelussa maastotyöt, mutta met-
sänomistaja ei tilaa suunnitelmaa itselleen. Väli-
alueet jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska
niitä ei voitu yksilöidä metsälöiksi.

Taulukko 2. Perusaineiston jakautuminen tilaryhmiin Satakunnan metsälautakunnassa.
Table 2. Distribution of basic data into size class in Satakunta forestry board district.

Metsälökoko <i>Forest land area</i>	Pinta-ala, ha <i>Area, ha</i>	Osuus, % <i>Per cent of total area</i>	Tiloja, kpl <i>Holdings</i>	Osuus, % <i>Per cent of holdings</i>
–4,9 ha	112,3	0,1	35	2,1
5,0–19,9 ha	6852,4	7,1	541	32,9
20,0–49,9 ha	21861,0	22,6	671	40,8
50,0–99,9 ha	20997,4	21,7	300	18,3
100,0– ha	15585,5	16,1	97	5,9
Yhteensä – Total	65408,6	67,6	1644	100,0

Taulukko 3. Perusaineiston jakautuminen tilaryhmiin Pohjois-Karjalan metsälautakun-
nassa.

Table 3. Distribution of basic data into size class in Pohjois-Karjala forestry board district.

Metsälökoko <i>Forest land area</i>	Pinta-ala, ha <i>Area, ha</i>	Osuus, % <i>Per cent of total area</i>	Tiloja, kpl <i>Holdings</i>	Osuus, % <i>Per cent of holdings</i>
–4,9 ha	133,2	0,1	39	1,9
5,0–19,9 ha	6520,0	5,1	481	23,1
20,0–49,9 ha	30305,8	23,6	899	43,2
50,0–99,9 ha	33341,9	26,0	491	23,6
100,0– ha	27490,7	21,5	171	8,2
Yhteensä – Total	97791,6	76,3	2081	100,0

Taulukko 4. Perusaineiston jakautuminen tilaryhmiin Keski-Pohjanmaan metsälautakun-
nassa.

Table 4. Distribution of basic data into size class in Keski-Pohjanmaa forestry board district.

Metsälökoko <i>Forest land area</i>	Pinta-ala, ha <i>Area, ha</i>	Osuus, % <i>Per cent of total area</i>	Tiloja, kpl <i>Holdings</i>	Osuus, % <i>Per cent of holdings</i>
– 4,9 ha	63,2	0,0	22	1,4
5,0–19,9 ha	5491,8	7,5	465	30,2
20,0–49,9 ha	18391,1	25,0	547	35,5
50,0–99,9 ha	24167,7	32,8	343	22,3
100,0– ha	25481,8	34,6	164	10,6
Yhteensä –Total	73595,6	99,9	1541	100,0

Taulukko 5. Otoksen jakautuminen ositteisiin Satakunnan metsälautakunnassa.

Table 5. Distribution of sample data into size class in Satakunta forestry board district.

Metsälökoko Forest land area	Tiloja, kpl Holdings	Osuus, % Per cent of holdings	Keskikoko, ha Mean size, ha
5,0–19,9 ha	25	21,7	13,9
20,0–49,9 ha	34	29,6	33,7
50,0–99,9 ha	32	27,8	69,6
100,0– ha	24	20,9	152,8
Yhteensä – Total	115	100,0	64,1

Perusaineistosta suoritettiin tilaryhmän pinta-alalla painotettu systemaattinen ositettu otanta, jolla poimittiin joukko tiloja varsinaiseksi las-kenta-aineistoksi. Tavoitteena oli valita 100 tilaa jokaisen valitun metsälautakunnan alueelta. Koska ensimmäiseen tilaryhmään tuli pinta-alapainotuksesta johtuen vähän tiloja, lisättiin siihen 15 tilaa. Näin saatiin kuhunkin ositteeseen vähintään 20 tilaa (taulukot 5, 6 ja 7).

2.2 Aineiston esikäsittely

TASO-suunnittelujärjestelmän tiedot eivät suoraan sovellu MELAn syöttötiedoiksi. TASOn puustotunnukset ovat metsikkökohtaisia, mutta MELAssa sovellettavat kasvu- ym. mallit ovat puukohtaisia. Siksi MELAn lähtötietoja varten TASOn kuvioittaisen arvioinnin inventointitiedot muokattiin Joensuun yliopistossa käytettävän kuviotietojärjestelmän muotoon. Kuviotietojärjestelmä tuottaa suoraan MELAn tarvitseman lähtöaineiston (Metsätalouden ... 1991).

Kasvupaikkatunnukset muutettiin sijoittamalla muuttujille kuviotietojärjestelmän mukaiset arvot. Samoin tehtiin toimenpide-ehdotusten osalta, vaikka toimenpide-ehdotuksia ei myöhemmissä laskelmissa otettukaan huomioon. Maastossa määritettyjä keskitunnuksia (läpimitta, pituus jne.) käytettiin kaikille puulajeille ja -jaksolle. Koska TASOssa ei aina mitata keskitunnuksia, laskettiin tarvittaessa jokaiselle puulajille ja -jaksolle keskipituus, pohjapinta-ala ja keskiläpimitta. Keskipituuden ja -läpimitan laskennassa käytettiin Nuutisen (1986) malleja. Selittäjänä keskipituuden mallissa olivat puulaji, lämpösumma, alaryhmä, metsätyyppi ja ikä. Keskiläpimitalle oli selittäjänä myös keskipituus.

Taulukko 6. Otoksen jakautuminen ositteisiin Pohjois-Karjalan metsälautakunnassa.

Table 6. Distribution of sample data into size class in Pohjois-Karjala forestry board district.

Metsälökoko Forest land area	Tiloja, kpl Holdings	Osuus, % Per cent of holdings	Keskikoko, ha Mean size, ha
5,0–19,9 ha	22	19,1	14,3
20,0–49,9 ha	31	27,0	34,0
50,0–99,9 ha	34	29,6	71,0
100,0– ha	28	24,3	151,3
Yhteensä – Total	115	100,0	69,7

Taulukko 7. Otoksen jakautuminen ositteisiin Keski-Pohjanmaan metsälautakunnassa.

Table 7. Distribution of sample data into size class in Keski-Pohjanmaa forestry board district.

Metsälökoko Forest land area	Tiloja, kpl Holdings	Osuus, % Per cent of holdings	Keskikoko, ha Mean size, ha
5,0–19,9 ha	22	19,1	11,1
20,0–49,9 ha	25	21,8	34,2
50,0–99,9 ha	33	28,7	69,6
100,0– ha	35	30,4	152,1
Yhteensä – Total	115	100,0	75,7

Laskennan ensimmäisessä vaiheessa muodostettiin jokaista puulajia ja -jaksoa kohti teoreettinen runkolukusarja Weibull-funktiolla. Weibull-jakauman etuna muihin jakaumiin on laskennallisesti yksinkertainen analyyttisessä muodossa tunnettu kertymäfunktio (Kilikki ym. 1989).

Weibull-jakaumalla estimoidusta teoreettisesta runkolukusarjasta poimittiin kuusi kuvauspuuta, joiden pituus laskettiin Veltheimin (1987) pituusmalleilla. Puujoukon puiden ikänä käytettiin kyseisen puujakson tai -lajin ikää. Puiden ikää, läpimittaa ja pituutta kasvatettiin inventointivuodesta vuoteen 1990, jota pidettiin laskelmien alkuilanteena. Läpimitan ja pituuden kasvu ennustettiin Ojansuun ym. (1991) malleilla. Kun puujoukon puille oli laskettu laskentahetkeä vastaava rinnankorkeusläpimitta, pituus ja ikä, loput puutunnukset laskettiin mallien selittäjien määräämässä järjestyksessä. Tehtyjä toimenpiteitä ei aineistoon voitu päivittää, koska ko. tietoa ei ollut saatavissa.

3 Hinta- ja kustannustiedot

3.1 Kanto- ja hankintahinnat

Pitkän aikavälin liiketaloudellisia laskelmia laadittaessa tietyn ajankohdan todellisia puu- ja puutavaralajien hintoja ei ole perusteltua käyttää, sillä suhdanteet saattavat vaikuttaa hintoihin ja hintasuhteisiin pienellä aikavälillä merkittävästi. Esim. Oksanen-Peltolan (1989) mukaan hakkuuvuosille 1949/50–1985/86 on sisällynyt kolme kokonaista suhdanneaaltoa. Suhdanneallot ovat yleensä olleet n. 10 vuoden pituisia (Hämäläinen 1973).

Suhdannevaihtelujen tasoittamiseksi laadittiin männyn suhteen lineaariset hintasuhdetrendiyhtälöt kuuselle ja koivulle. Yhtälöt laadittiin sekä tukki- että kuitupuulle. Vuotuisina hintahavainnoina käytettiin metsälautakuntien puutavaralajeittaisia kanto- ja hankintahintojen aritmeettisten keskiarvojen suhteita. Aineisto käsitti hakkuuvuosittaiset havainnot 1982/83–1988/89.

Tässä tutkimuksessa edullisuusvertailut tehtiin nettotulojen suhteen. Nettotulot määräytyivät tienvarsihinnan ja korjuu- ym. kustannusten erotuksena. Oikea hintakäsite tarkasteluissa olisi tämän vuoksi ollut tienvarsihintaa. Tienvarsihinnan estimaattina käytettiin tässä tutkimuksessa han-

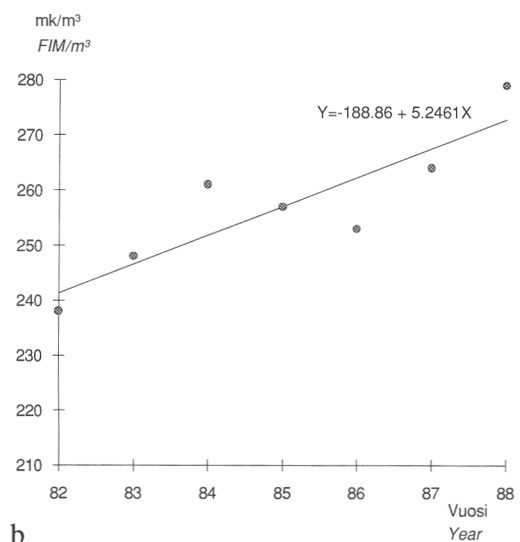
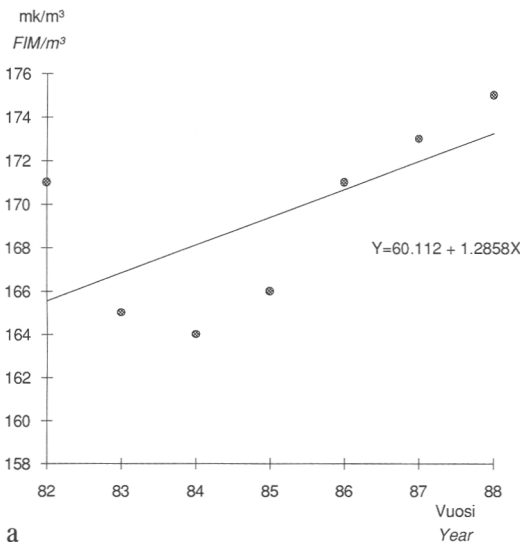
kintahintaa.

Ensin laskettiin männylle sekä tukki- että kuitupuulle trendiyhtälöt absoluuttisille hinnoilla (kuvat 2a ja 2b). Yhtälöiden avulla estimoitiin mäntytukin ja -kuidun trendihinta vuodelle 1990. Tämän jälkeen laadittiin hintasuhteyhtälöt kuuselle ja koivulle männyn suhteen (kuvat 3a ja 3b). Trendihinnat olivat jonkin verran toteutuneita hintoja alhaisempia vuonna 1990 (taulukko 8).

3.2 Vertailuhinnat

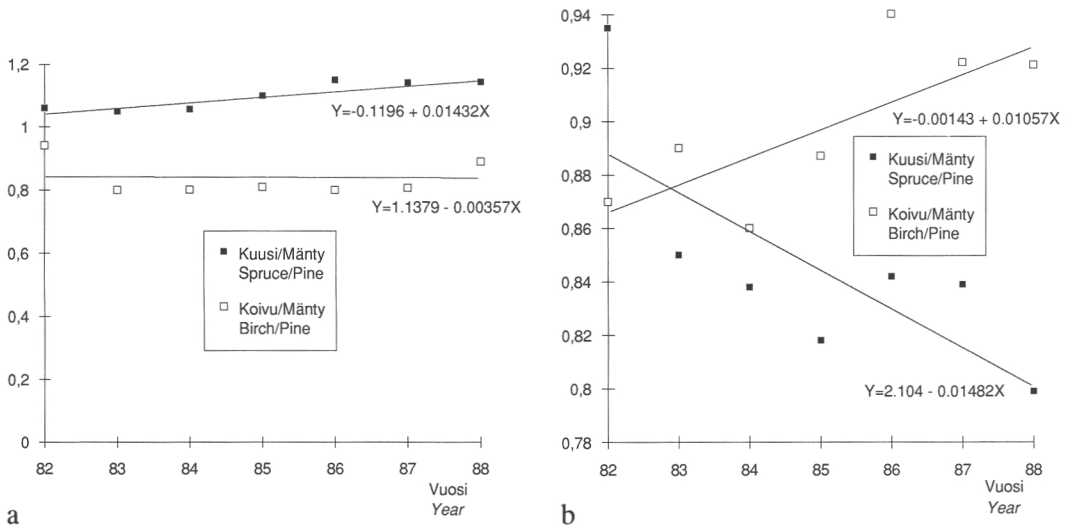
Harvennushakkuiden edullisuuden herkkyyttä puutavaralajien hintojen ja hintasuhteiden vaihteluille tutkittiin kahdella eri hintavertailulla. Vertailuissa käytettiin Jaakko Pöyry Oy:n laske- mia metsäteollisuuden puustamaksukyky- ja skenaariorintoja (Metsäteollisuuden... 1990).

Toteutuneista hinnoista lähtevässä tilastollisessa tarkastelussa ei oteta huomioon sitä, että eri puutavaralajeista maksettava hinta ei välttämättä johda samanlaiseen metsäteollisuuslajien kannattavuuteen. Yksi mahdollisuus päästä perustelumpaan vertailuun on laskea eri tuotteista joh-



Kuva 2. Mäntykuidun (a) ja -tukin (b) hankintahintojen kehitys Satakunnan metsälautakunnassa.

Fig. 2. The development of the delivery prices of pine pulpwood (a) and pine logs (b), district of Satakunta.



Kuva 3. Kuitu- (a) ja tukkipuun (b) hankintahintasuhteiden kehitys Satakunnan metsälautakunnassa.
 Fig. 3. The development of the delivery price ratios of pine pulpwood (a) and pine logs (b), district of Satakunta.

Taulukko 8. Kanto- ja hankintahintojen trendihinnat vuonna 1990 sekä keskimääräiset toteutuneet hinnat hakkuuvuonna 1989/90 Satakunnan metsälautakunnassa.
 Table 8. The stumpage and delivery prices in 1990 based on a linear trend equation and average actual prices in the cutting year 1989/90 in Satakunta forestry board district.

Puutavaralaji Timber assortment	Trendiarvo Trend value	Trendihinta, mk/m ³ Trend price, FIM/m ³	Toteut. hinta, mk/m ³ Actual price, FIM/m ³
Kantohinnat – Stumpage prices			
Mäntytukki – Pine log	1,000	250	263
Kuusitukki – Spruce log	0,731	183	202
Koivutukki – Birch log	0,913	228	230
Mäntykuitu – Pine pulpwood	1,000	101	112
Kuusikuitu – Spruce pulpwood	1,264	128	134
Koivukuitu – Birch pulpwood	0,658	67	86
Hankintahinnat – Delivery prices			
Mäntytukki – Pine log	1,000	284	292
Kuusitukki – Spruce log	0,754	214	239
Koivutukki – Birch log	0,899	255	268
Mäntykuitu – Pine pulpwood	1,000	176	189
Kuusikuitu – Spruce pulpwood	1,169	206	214
Koivukuitu – Birch pulpwood	0,818	144	169

Taulukko 9. Suhteellinen puustamaksukyky tehtaalla ja tien varressa.
Table 9. Relative ability to pay for timber at mill and at forest road.

Puutavaralaji Timber assortment	Tehtaalla Relative price at mill	Tien varressa Relative price at forest road
Mäntytukki – Pine log	100	88
Kuusitukki – Spruce log	90	78
Koivutukki – Birch log	205	189
Mäntykuitu (jalosteet) Pine pulpwood (products)	109	96
Kuusikuitu (jalosteet) Spruce pulpwood (products)	107	94
Koivukuitu (jalosteet) Birch pulpwood (products)	96	80
Mäntykuitu (sellu) Pine pulpwood (chemical pulp)	51	38
Koivukuitu (sellu) Birch pulpwood (chemical pulp)	70	54

dettu puustamaksukyky, jolla tarkoitetaan tuotannon nettotuottojen summaa jaettuna raaka-aineen kulutuksella. Puustamaksukyky voidaan tulkita korkeimmaksi hinnaksi, joka raaka-aineesta voidaan maksaa taloudellisesti mielekkäässä toiminnassa (Harvennushakkuiden... 1992).

Kun metsäteollisuustuotteiden puustamaksukykytietoihin yhdistetään tieto siitä, kuinka paljon eri puutavaralajeja käytetään kunkin metsäteollisuustuotteen valmistukseen, voidaan puustamaksukyvyt laskea eri puutavaralajeille (taulukko 9). Puustamaksukyky tien varressa saatiin vähentämällä tehtaalla puustamaksukyvyistä keskimääräinen puutavaralajeittainen kuljetuskustannus sekä kuljetuksen osuus puun hankinnan yleiskustannuksista. Näiden suhdelukujen avulla trendiyhtälöillä lasketut hinnat muutettiin puustamaksukykyä vastaaviksi. Suurimmat erot perushintoihin olivat koivutukilla sekä mänty- ja kuusikuidulla. Koivutukin puustamaksukyky oli yli kaksinkertainen mäntytukkiin verrattuna. Mänty- ja kuusikuidun puustamaksukyky oli suurempi kuin vastaavan puulajin tukkipuun (Harvennushakkuiden... 1992).

Skenaariohintojen perustana olivat reaalisesti nousevat kantohinnat kysynnän ja tarjonnan määrällisten sekä rakenteellisten muutoksien seurauksena. Ennustettu kokonaiskysynnän lisäys oli 20 % vuosina 1988–2005. Teollinen kehitys ohjaa kysyntäpainetta kuitupuuhun, jolloin lisääntyvä määrä tukkipuuta käytetään kuidutukseen. Perustana olivat myös tarjonnan rajoitteet (ym-

Taulukko 10. Trendihhinnoista lasketut skenaariohinnat.
Table 10. Skenary prices based on trend prices.

Puutavaralaji Timber assortment	Kantohinta mk/m ³ Stumpage price, FIM/m ³	Tienvarsihintana mk/m ³ Price at forest road, FIM/m ³
Mäntytukki – Pine log	225	256
Kuusitukki – Spruce log	165	193
Koivutukki – Birch log	265	296
Mäntykuitu – Pine pulpwood	124	217
Kuusikuitu – Spruce pulpwood	153	246
Koivukuitu – Birch pulpwood	78	167

päristö ja monikäyttöpaineet) ja metsänomistajakunnan rakennemuutos. Käytettävässä skenaariossa havutukin reaalihinnan oletettiin alenevan (taulukko 10) (Metsäteollisuuden ... 1990).

3.3 Järeys- ja leimikkotiheyskorjaukset

Puukaupassa yksikköhintoja korjataan tukin järeiden ja laadun, leimikon koon, metsäkuljetusmatkan, leimikon tiheyden, maastotekijöiden ja luovutusajankohdan mukaan. MELAssa otetaan huomioon vain tukin järeys ja leimikon tiheys.

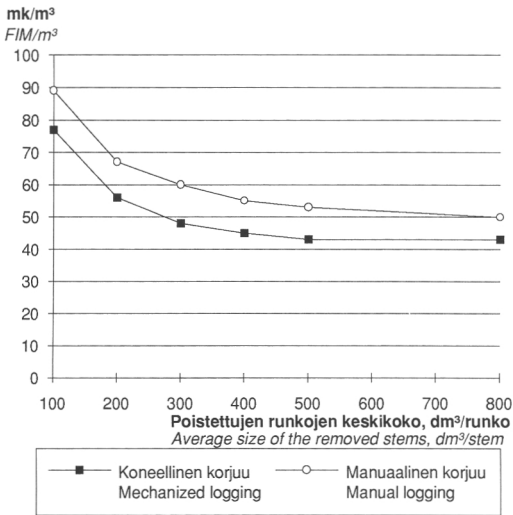
Tienvarsihintoihin tehtiin järeyskorjaus Laasasenahon ja Sevolan (1971) arvofunktion mukaan. Perushinta (1,00) oli laskettu rungolle, jonka läpimitta oli 25 cm ja pituus 18 m. Järeimmän rungon hinta oli esim. männyllä 1,84-kertainen ja pienimmän 0,70-kertainen perushintaan verrattuna.

3.4 Kustannukset

Korjuukustannukset ovat suurin yksittäinen kustannustekijä metsikön kiertoaikana. Varsinkin harvennushakkuissa kustannukset ovat voimakkaasti riippuvaisia rungon ja leimikon koosta sekä muista korjuuolosuhteista (Harvennushakkuiden... 1992).

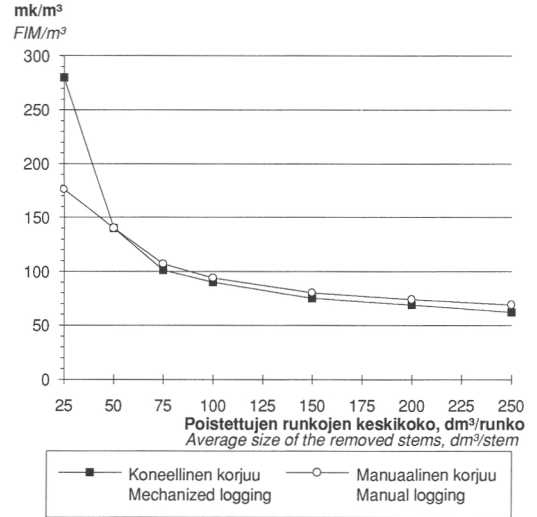
Tässä tutkimuksessa korjuukustannukset laskettiin Metsätehon MELAan liittämällä puunkorjuun vaihtoehtolaskentajärjestelmällä (SUSY). SUSYllä voidaan hakea halvin käytettävissä oleva korjuuketju (Eskelinen & Peltonen 1982), joita MELAn SUSY-versiossa on 14 kappaletta (Lindroos & Örn 1990).

Ensiharvennusten korjuukustannukset olivat



Kuva 4. Korjuukustannusten riippuvuus avohakkuussa poistettävien runkojen keskikoosta kuusikossa (Harvennushakkuiden... 1992).

Fig. 4. Dependence of logging costs on the average size of the stems removed in clear cutting of Norway spruce stands (Harvennushakkuiden... 1992).



Kuva 5. Korjuukustannusten riippuvuus harvennuksessa poistettävien runkojen keskikoosta kuusikossa (Harvennushakkuiden... 1992).

Fig. 5. Dependence of logging costs on the average size of the stems removed in thinnings of Norway spruce stands (Harvennushakkuiden... 1992).

Taulukko 11. Korjuukustannukset eri hakkuutavoilla Etelä-Suomessa.

Table 11. Logging costs in southern Finland by different felling methods.

	Korjuukustannukset, mk/m ³ Logging costs, FIM/m ³	
	Manuaalinen hakkuu Manual cutting	Koneellinen hakkuu Mechanized cutting
Mänty – Pine		
Ensiharvennus – First thinning	108	120
Muu harvennus – Other thinning	83	80
Avohakkuu – Clear cutting	60	58
Kuusi – Spruce		
Ensiharvennus – First thinning	107	110
Muu harvennus – Other thinning	84	80
Avohakkuu – Clear cutting	56	47

Taulukko 12. Keskimääräiset metsänhoito- ja metsänuudistamistyökustannukset Satakunnassa vuodelta 1989.

Table 12. Average costs of silvicultural and forest regeneration work in Satakunta forestry board district in 1989.

Työlaji – Type of work	mk – FIM
Maanpinnan muokkaus (ha) Scarification (ha)	895
Uudistusalojen raivaus (ha) Clearing of regeneration areas	341
Kylvö (ha) Seeding (ha)	1026
Männyn istutus (100 tainta) Pine planting (100 seedlings)	134
Kuusen istutus (100 tainta) Spruce planting (100 seedlings)	157
Koivun istutus (100 tainta) Birch planting (100 seedlings)	206
Taimikon hoito (ha) Tending of seedling stands (ha)	839
Männyn täydennysviljely (100 tainta) Supplementary planting, pine (100 seedlings)	237
Kuusen täydennysviljely (100 tainta) Supplementary planting, spruce (100 seedlings)	318
Koivun täydennysviljely (100 tainta) Supplementary planting, birch (100 seedlings)	319

suurimmillaan yli kaksinkertaiset avohakkuisiin verrattuna vuonna 1991 (taulukko 11). Puunkorjuussa käytettiin edullisimpia tavaralajimenetelmän työ- ja mittausmenetelmiä. Laskelman kustannuksiin sisältyivät hakkuun ja metsäkuljetuksen lisäksi työnjohto-, suunnittelu- ja mittauskustannukset (Harvennushakkuiden... 1992)

Avohakkuissa koneellisen korjuun kustannukset olivat pienemmät kuin manuaalisten menetelmien (kuva 4). Sen sijaan harvennuksissa manuaaliset menetelmät olivat kustannuksiltaan pie-

nirunkoisissa kohteissa edullisemmat (kuva 5). Koneellisen korjuun kilpailukyky paranee selvästi, kun poistettavan rungon keskikoko oli vähintään 0,050 m³.

Metsänhoito- ja metsänuodistamiskustannuksina käytettiin Metsäkeskus Tapion tilastoimia metsälautakuntaokohtaisia keskikustannuksia vuodelta 1989 (taulukko 12). Kustannuksiin sisältyivät materiaalikustannusten lisäksi työnjohtokustannukset.

4 Laskentamenetelmä

4.1 Harvennusohjelmat

Harvennusohjelmien vertailu tehtiin MELA-järjestelmällä. MELA on metsikkösimulaattorin ja tuotanto-ohjelman valintaosan käsittävä ohjelmisto (Siitonen 1983). Ensimmäisessä vaiheessa MELAlla simuloidaan kullekin metsikölle halutun pituiselle ajalle toteuttamiskelpoisia käsitteilyvaihtoehtoja. Simulointikauden pituus riippuu sekä päätöksentekijää kiinnostavista muuttujista että käytettävissä olevasta laskentakapasiteetista. Tässä simulointiajaksi valittiin 40 vuotta (1990–2030), jonka katsottiin riittävän liiketaloudellisissa edullisuuslaskelmissa tulevien erojen havaitsemiseen. Vastaavaa laskentajaksoa on käytetty mm. METSÄ 2000 -ohjelman tarkistus-toimikunnan laskelmissa (Siitonen 1990).

Harvennushakkuiden suhteen vaihtoehtoisia simulointeja tehtiin viisi kappaletta jokaiselle tarkasteluun valitulle tilalle. Simulointeja kutsutaan tässä harvennusohjelmiksi. Harvennusohjelmat olivat seuraavat:

Ohjelma I	Metsäkeskus Tapion harvennusmallit
Ohjelma II	Ei harvennuksia
Ohjelma III	Ensiharvennuksen siirtäminen 13 metrin keskipituudelle (myöhemmät harvennukset Tapion harvennusmallien mukaan)
Ohjelma IV	Liiketaloudelliset harvennusmallit korolla kolme prosenttia
Ohjelma V	Liiketaloudelliset harvennusmallit korolla viisi prosenttia

Ohjelmissa IV ja V käytettävät mallit olivat Pesosen & Hirvelän (1992a) kolmen ja viiden prosentin korkokannoilla laatimat harvennusmallit. Malleille on ominaista Tapion harvennusmallihin verrattuna vähäisemmät harvennuskerrat ja

siitä seuraavat suuremmat harvennuskertymät sekä myöhäisempi ja voimakkaampi ensiharvennus.

4.2 Puuntuotanto-ohjelman valinta

Puuntuotanto-ohjelmat valittiin jokaiselle tilalle lineaarisella optimoinnilla, joka on eniten käytetty matemaattisen optimoinnin menetelmä metsätalouden suunnittelussa (Kangas 1992). Nykyisin tunnetaan useita menetelmiä, jotka ovat laskennallisesti tehokkaampia kuin perinteinen simplex-algoritmi. Tässä käytettiin MELA-järjestelmässä käytössä olevaa JLP-algoritmia (Lappi 1992).

Metsänomistajien todellisia tilalleen asettamia tavoitteita ei ollut mahdollista kartoittaa tässä tutkimuksessa, joten puuntuotanto-ohjelman valinnan tavoitemuuttujiksi valittiin yleiset metsätaloudessa käytetyt päämäärät. Metsänomistajan metsästään saama hyöty on perinteisesti samais-tettu nettotulojen nykyarvoon tai tulovirran tasaisuuteen (Clutter ym. 1983). Tällä perusteella tavoitemuuttujaksi valittiin tuottoarvo, joka tarkoittaa odotettavissa olevien diskontattujen nettotulojen arvoa. Maksimoitavia tavoitemuuttujia oli neljä: alkutuottoarvo (tuottoarvo v. 1990) korolla kolme ja viisi prosenttia sekä lopputuottoarvo (tuottoarvo v. 2030) samoilla korkokannoilla.

Alkutuottoarvon maksimoinnissa nettotulojen ja hakkuukertymien oli oltava tasaisia tai nousevia. Puustopääoman romahtaminen estettiin lopputuottoarvorajoitteella, jolloin lopputuottoarvon vuonna 2030 oli oltava vähintään yhtä suuri kuin alkutuottoarvon. Tällä ratkaisulla haettiin suurinta kestäväää hakkuumäärää valitulla korkokan-

nalla. Tämä kuvaa sellaisen metsänomistajan preferenssejä, joka pyrkii saamaan suurimman jatkuvasti tasaisen taloudellisen hyödyn metsästään.

Lopputuottoarvon maksimointi kuvaa puolestaan sellaista metsänomistajaa, joka maksimoi metsäomaisuutensa arvoa. Tällaisia ovat esimerkiksi metsänomistajat, jotka säästävät metsään seuraavalle sukupolvelle. Metsänomistaja

asettaa yleensä kuitenkin metsälleen jonkinlaisen minimitulotavoitteen (Kangas 1992). Niinpä vuotuiseksi minimikertymäksi valittiin 75 % metsälautakunnan vuotuisesta kasvusta. Metsälautakunnan keskimääräinen kasvu saatiin valtakunnallisista laskelmista (Pesonen & Hirvelä 1992b). Ilman minimikertymärajotetta hakkuita ei olisi tehty juuri lainkaan.

5 Tulokset

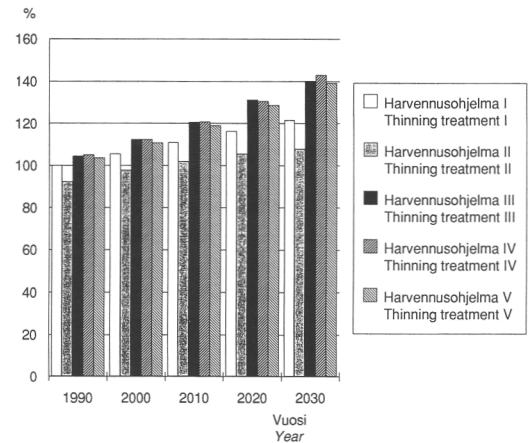
5.1 Alkutuottoarvon maksimointi

Tulokset laskettiin kolmelle metsälautakunnalle (Satakunta, Pohjois-Karjala ja Keski-Pohjanmaa), neljälle tilaryhmälle (5–19,9 ha, 20–49,9 ha, 50–99,9 ha ja 100– ha) ja kahdelle korkokannalle (3 ja 5 %). Koska esitettävien tulosten suhteen eri kombinaatioita oli yhteensä 24 kpl, tarkempaan tarkasteluun valittiin 50–99,9 hehtaarin suuruiset tilat Keski-Pohjanmaan metsälautakunnasta. Yhtenä syynä Keski-Pohjanmaan valintaan oli harvennusmetsien suuri osuus alueen metsävaroista (Harvennushakkuiden... 1992). Tilaryhmiin ja metsälautakuntien väliset erot esitetään tuotanto-ohjelman valinnassa käytetyn tavoitemuuttujan tuottoarvon sekä nettotulojen suhteen. Esitettävät tulokset ovat tilaryhmien hehtaarikohtaisia keskiarvoja.

Valittuun tilaryhmään kuului 33 tilaa eli 29 % otostiloista Keski-Pohjanmaalla. Keskipinta-ala tilaryhmässä oli 68 hehtaaria ja lähtöpuuston kes-

kitilavuus 127 m³/ha (taulukko 13), josta tukki-
puuta oli keskimäärin 42 m³/ha.

Tavoitemuuttujana käytetty alkutuottoarvo (3 %) oli suurin kolmen prosentin harvennusmalleilla (kuva 6). Harvennukseton vaihtoehto oli selkeästi huonoin. Erot kasvoivat eri ohjelmien



Kuva 6. Tuottoarvon (3 %) suhteellinen kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Harvennusohjelmat: I) Metsäkeskus Tapion harvennusmallit, II) Ei harvennuksia, III) Ensiharvennuksen siirtäminen 13 metrin keskkipituudelle, IV) Liiketaloudelliset harvennusmallit korolla kolme ja V) viisi prosenttia.

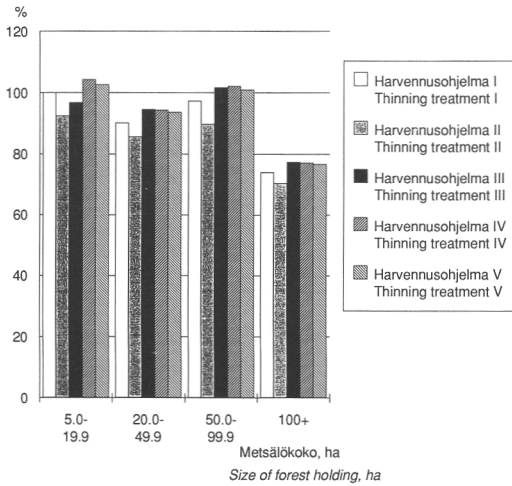
Fig. 6. The development of relative net present values of future revenues (3 %) in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

Thinning treatments: I) thinning models applied in private forests, II) no thinning, III) thinning models applied in private forests with first thinning postponed at least to mean height 13 m, IV) thinning model based on net present value of the future revenues by three per cent and V) by five per cent.

Taulukko 13. Eri tilaryhmiin kuuluvien tilojen lähtötieto- ja Keski-Pohjanmaan metsälautakunnassa.

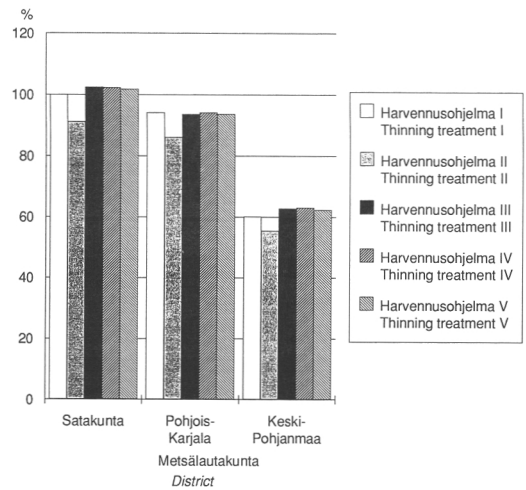
Table 13. Mean growing stock volume at the beginning of simulation and mean size of forest holdings by forest holding category in Keski-Pohjanmaa forestry board district.

	5,0–19,9 ha	20,0–49,9 ha	50,0–99,9 ha	100– ha
Pinta-ala, ha	11	31	68	142
Forest area, ha	11	31	68	142
Tilavuus, m ³ /ha	154	132	127	128
Volume, m ³ /ha	154	132	127	128
– tukki saw timber	32	42	42	31
– kuitu pulp wood	115	83	78	88



Kuva 7. Suhteellinen alkutuottoarvo (1990) eri tilaryhmissä, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Fig. 7. The relative net present value of future revenues at the beginning of the planning period (1990) in different size classes of forest holdings, district of Keski-Pohjanmaa.



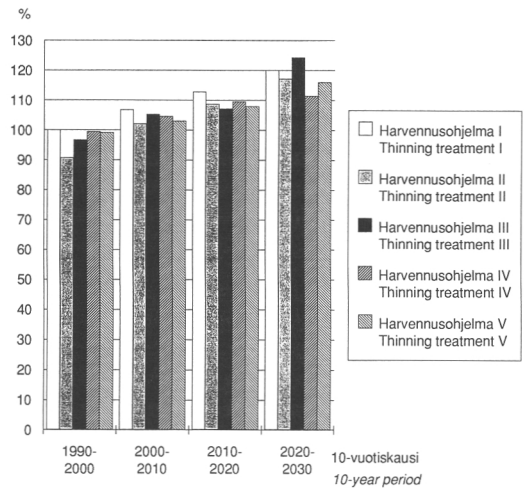
Kuva 8. Suhteellinen alkutuottoarvo (1990) eri metsälautakunnissa, tilaryhmä 50–99,9 ha.

Fig. 8. The relative net present value of future revenues at the beginning of the planning period (1990) by district, size class 50–99,9 ha.

välillä 40 vuoden aikana. Ohjelmat III, IV ja V olivat parhaat koko tarkastelujakson ajan. Alkutuottoarvoa maksimoitaessa suurin tuottoarvo vuonna 2030 saavutettiin kolmen prosentin malleilla. Ero ohjelmaan I oli 18 % ja ohjelmaan II 25 %.

Tulokset olivat samansuuntaisia kaikissa tilaryhmissä ja lautakunnissa. Suurin alkutuottoarvo saavutettiin yleensä kolmen prosentin harvennuskalleilla (kuva 7). Metsälautakuntien välisissä vertailuissa alkutuottoarvojen väliset erot harvennuksetonta vaihtoehtoa lukuun ottamatta olivat hyvin pienet (kuva 8). Ensiharvennuksen siirto ja liiketaloudelliset harvennuskallit olivat alkutuottoarvon suhteen tasaveroisia kaikissa lautakunnissa. Pienimmät alkutuottoarvot olivat tilaryhmässä yli 100 ha, vaikka lähtöpuuston tilavuus oli lähes sama kuin tilaryhmässä 50–99,9 ha. Keski-Pohjanmaalla alkutuottoarvot olivat n. 60 % Satakunnan arvoista, mikä johtui pääasiassa lähtöpuustojen ja kasvun alhaisemmasta tasosta.

Nettotuloilla mitattuna harvennuksettomassa ohjelmassa nettotulot olivat ensimmäisellä kaudella 9,4 % pienemmät kuin toimittaessa Tapion malleilla (kuva 9). Liiketaloudellisilla harvennuskalleilla nettotulot olivat Tapion ohjeisiin verrattuna lähes samat viimeistä kautta lukuun ottamatta. Nettotulot olivat hyvin tasaiset eri ohjelmien välillä koko tarkastelujakson ajan.



Kuva 9. Nettotulojen suhteellinen kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, tilaryhmä 50–99,9 ha, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

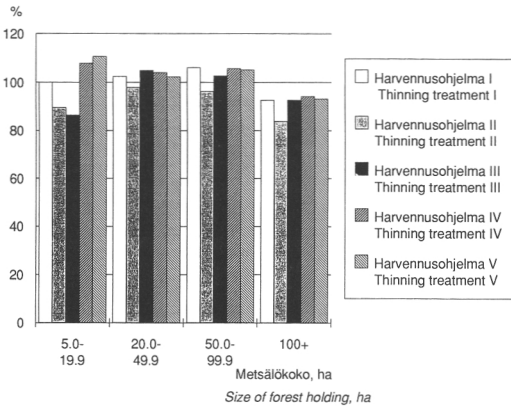
Fig. 9. The development of relative net revenues in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

Nettotulojen kehitys oli saman suuntaista kaikissa tilaryhmissä. Suurimmat nettotulot ensimmäisellä kaudella olivat pienimmässä tilaryhmässä viiden prosentin harvennuskalleilla (kuva 10). Ero Tapion malleilla saatuihin nettotuloihin oli

yli 10 %. Muissa tilaryhmissä erot olivat hyvin pieniä. Pienimmät hehtaarikohtaiset nettotulo-mahdollisuudet olivat suurimmilla tiloilla. Tämä lienee johtunut lähtöpuuston määrästä, rakenteesta ja kasvupaikoista.

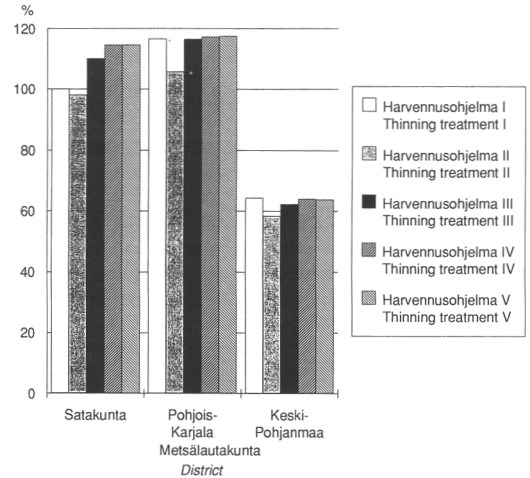
Satakunnassa liiketaloudelliset harvennusmal-

lit antoivat selvästi suurimmat nettotulot. Nettotulot olivat yli 10 % suuremmat kuin Tapion malleilla saadut (kuva 11). Muissa lautakunnissa harvennusohjelmien väliset erot olivat pienet. Keski-Pohjanmaalla nettotulot olivat n. 60 % Satakunnan ja Pohjois-Karjalan nettotuloista.



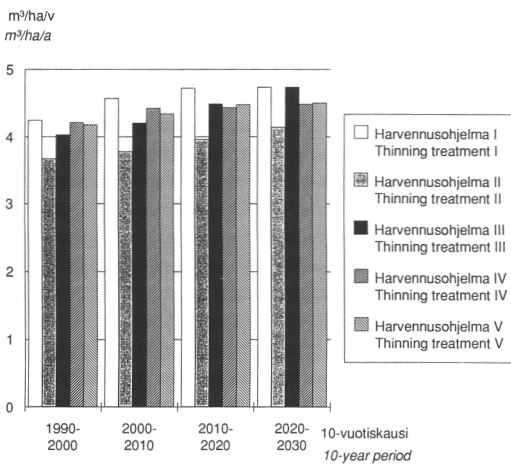
Kuva 10. Suhteelliset nettotulot (1990–1999) eri tilaryhmissä, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Fig. 10. The relative net revenues (1990–1999) in different size classes of forest holdings, district of Keski-Pohjanmaa.



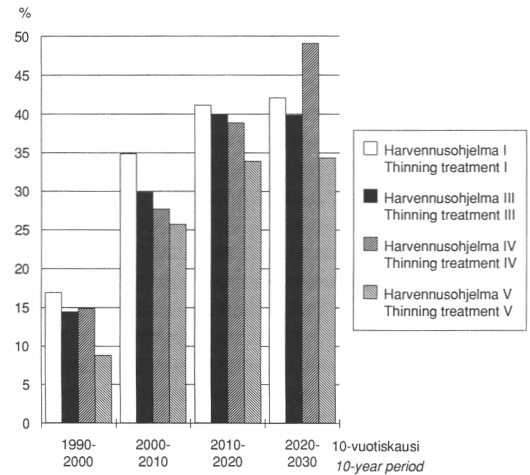
Kuva 11. Suhteelliset nettotulot (1990–1999) eri metsälautakunnissa, tilaryhmä 50–99,9 ha.

Fig. 11. The relative net revenues (1990–1999) in different districts, size class 50–99,9 ha.



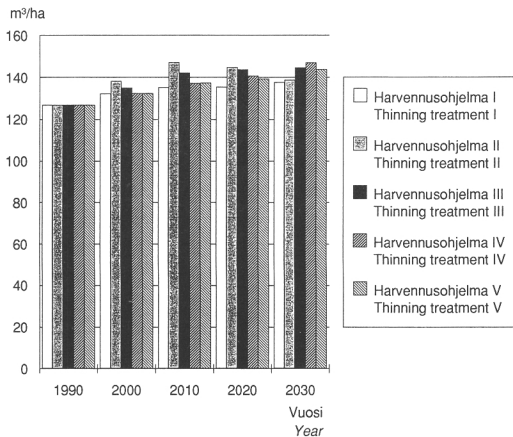
Kuva 12. Hakuukertymien kehitys tilaryhmissä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Fig. 12. The development of removals in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.



Kuva 13. Harvennusten osuus hakuukertymästä tilaryhmissä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Fig. 13. The percentage of thinnings of total removals in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.



Kuva 14. Tilavuuden kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

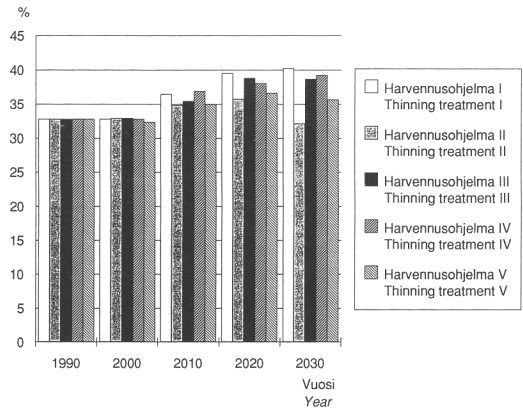
Fig. 14. The development of volume in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

Suurimmat hakkuukertymät saavutettiin Tapijon harvennusmallien mukaan toimittaessa. Hakkuukertymät olivat koko tarkastelujakson aikana Keski-Pohjanmaalla n. 4 m³/ha/v (kuva 12). Harvennuksettomassa vaihtoehdossa hakkuukertymät olivat selvästi pienimmät. Ero Tapijon mallien mukaisiin kertymiin oli 0,5–0,8 m³/ha/v. Muiden ohjelmien välillä erot olivat pienet.

Koska tavoitemuuttujana oli alkutuottoarvon maksimointi, joka tarkoittaa myös ensimmäisen kauden nettotulojen maksimointia, päätehakkuita tehtiin suhteellisesti eniten ensimmäisellä kaudella. Päätehakkuiden määrään vaikutti myös metsien runsaspuustoisuus. Harvennusten osuus hakkuukertymästä nousi voimakkaasti tarkastelujakson loppua kohden (kuva 13). Viimeisellä kaudella lähes puolet hakkuukertymistä oli harvennushakkuita. Esimerkiksi Tapijon malleilla viimeisen kauden harvennuskertymät olivat yli kaksinkertaiset verrattuna ensimmäiseen kauteen.

Suurimmat harvennuskertymät saavutettiin viimeistä kautta lukuun ottamatta Tapijon malleilla. Tämä selittäneen myös suurimmat hakkuukertymät Tapijon malleilla. Vähiten harvennushakkuita tehtiin viiden prosentin liiketaloudellisilla harvennusmalleilla, joissa harvennukseen vaadittavat minimikertymät ovat suuremmat ja kiertoajat lyhyemmät kuin muissa hakkuuohjelmissa (Pesonen & Hirvelä 1992a). Tukkikertymät olivat suurimmat harvennuksettomassa ohjelmassa, koska hakkuut olivat pelkästään päätehakkuita.

Kaikissa ohjelmissa lopputilavuus oli alkutila-



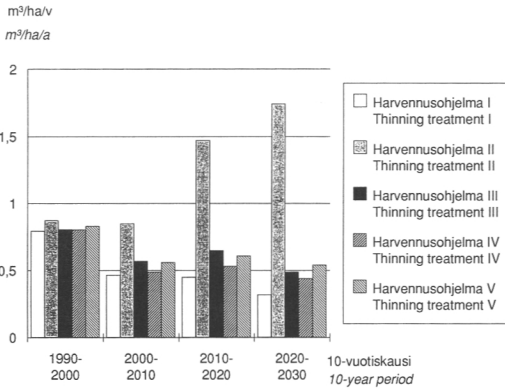
Kuva 15. Tukkiosuuden kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Fig. 15. The development of saw-timber percentage in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

vuutta selkeästi suurempi (kuva 14). Vaikka hakkuukertymät nousivat 40 vuoden aikana, tilavuus kasvoi koko ajan harvennuksetonta vaihtoehtoa lukuun ottamatta. Tarkastelukauden alkupuolella harvennuksettomassa vaihtoehdossa tulo- ja hakkuukertymätavoitteet täyttyivät pienillä päätehakkuumäärillä. Lopputilanteessa päätehakkuumahdollisuudet vähenivät, luonnonpoistuma lisääntyi ja ikäluokkajakauma vinoutui nuoriin metsiin. Tällöin myös tilavuus alkoi pienentyä.

Suurin lopputilavuus saavutettiin kolmen prosentin harvennusmalleilla ja pienin Tapijon malleilla. Suurimpaan tukkiosuuteen lopputilanteessa johtivat Tapijon mallit (kuva 15). Harvennuksettomassa vaihtoehdossa tukkitilavuus kohosi tarkastelujakson alussa, mutta romahti jakson lopussa. Suurin luonnonpoistuma oli harvennuksettomassa ohjelmassa (kuva 16). Luonnonpoistuma kohosi jakson lopussa yli kaksinkertaiseksi alkutilanteeseen verrattuna. Tapijon mallit estivät tehokkaimmin luonnonpoistuman syntymisen.

Korkokannalla ei ollut merkitystä harvennusohjelmien järjestykseen alkutuottoarvon maksimointiohjelmassa. Kummallakin korkokannalla (3 ja 5 %) sekä hakkuukertymät että harvennushakkuukertymät olivat koko 40 vuoden ajan lähes samat. Näissä optimoinneissa kestävyyttä kuvasi yhdeksän rajoitetta. Mitä enemmän rajoitteita on lineaarisen optimoinnin tehtävässä, sitä vähemmän korkokannalla on merkitystä.

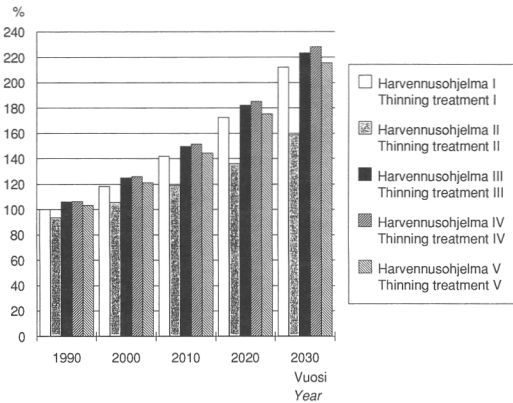


Kuva 16. Luonnonpoistuman kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

Fig. 16. The development of mortality in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

5.2 Lopputuottoarvon maksimointi

Tavoitemuuttujana käytetty lopputuottoarvo (3 %) oli tilaryhmässä 50–99,9 ha suurin kolmen prosentin harvennuskalleilla koko 40 vuoden ajan (kuva 17). Tuottoarvo nousi 40 vuoden aikana yli kaksinkertaiseksi alkutilanteeseen verrattuna, mikä tarkoitti minimikertymätavoitteen olleen lähtöpuustoihin ja kasvuun verrattuna suhteellisen pieni. Ensiharvennuksen siirtämishjelma oli seuraavaksi paras. Harvennusten laimin-



Kuva 17. Suhteellisen tuottoarvon kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

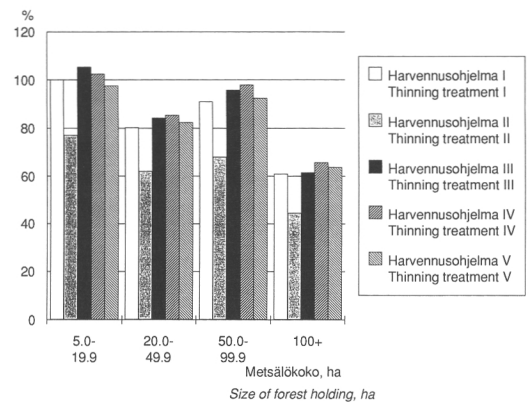
Fig. 17. The development of relative net present value of future revenues in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

lyönti aiheutti yli 30 % tuottoarvotappion. Lopputuottoarvoa maksimoitaessa kolmen prosentin malleilla oli metsien tuotokyvyn kehitykseen siis suotuisa vaikutus. Tapion ohjeilla tuottoarvotappio oli lopputilanteessa 7,5 %.

Erot olivat selkeät kaikissa tilaryhmissä (kuva 18). Ensimmäistä tilaryhmää lukuun ottamatta suurin lopputuottoarvo saavutettiin kolmen prosentin malleilla. Harvennuksettomassa vaihtoehdossa tappio oli 20–30%. Harvennukseton vaihtoehto oli myös kaikissa metsälautakunnissa selvästi heikoin (kuva 19). Keski-Pohjanmaalla kolmen prosentin malleilla saavutettiin suurin lopputuottoarvo. Satakunnassa ja Pohjois-Karjalassa ohjelmien I, III ja IV tuottoarvot olivat lähes samat.

Suurimmat kausittaiset nettotulot saatiin lopputuottoarvoa maksimoitaessa harvennuksettomassa vaihtoehdossa (kuva 20). Koska kaikissa ohjelmissä hakkuukertymät olivat samat koko 40 vuoden ajan ja harvennuksettomassa ohjelmassa tulot saatiin pelkästään pätehdakkuista, tulos nettotulojen suhteen oli luonnollinen. Suurimmista nettotuloista oli kuitenkin seurauksena tuottoarvon eli tulevaisuuden nettotulomahdollisuuksien pieneneminen. Tapion ohjeilla nettotulot olivat pienimmät, koska hakkuista valtaosa oli harvennushakkuista.

Lopputuottoarvon maksimoinnin luonteesta johtuen hakkuukertymät asettuivat minimikertymän tasolle kaikissa ohjelmissä. Harvennuskertymien osuus hakkuukertymästä kohosi tarkastelujakson loppua kohden kuten alkutuottoarvon

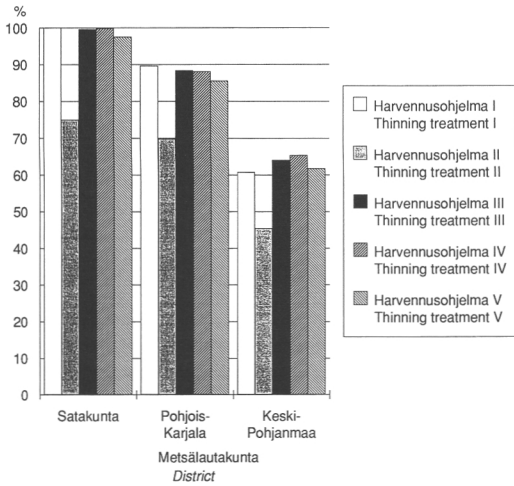


Kuva 18. Suhteellinen lopputuottoarvo (2030) eri tilaryhmissä, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.

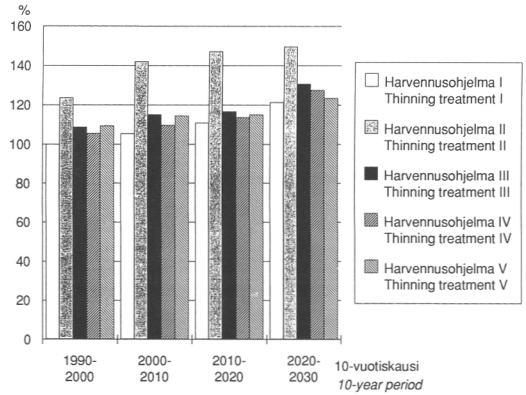
Fig. 18. The relative net present value of the future revenues at the end of planning period (2030) in different size classes of forest holdings, district of Keski-Pohjanmaa.

maksimoinnissa (kuva 21). Suurimmat harvennuskertymät saavutettiin Tapion harvennusmalleilla. Ensimmäistä kautta lukuun ottamatta hakkuut olivat lähes kokonaan (n. 80 %) harvennushakkuita Tapion malleilla. Pienimmät harven-

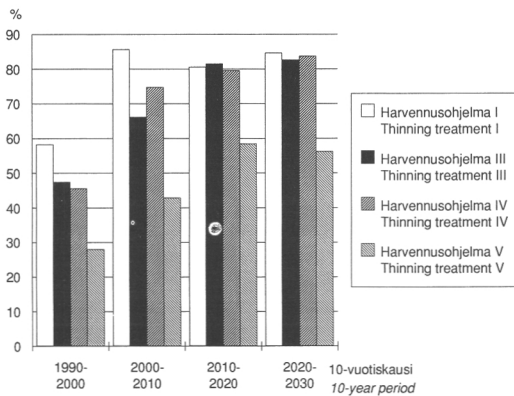
nuskertymät saatiin viiden prosentin malleilla. Koska hakkuukertymät olivat koko 40 vuoden ajan 75 % metsälautakunnan keskikasvusta, tilavuus kasvoi kaikissa ohjelmissa. Harvennuksesta vaihtoehtoa lukuun ottamatta kaikissa oh-



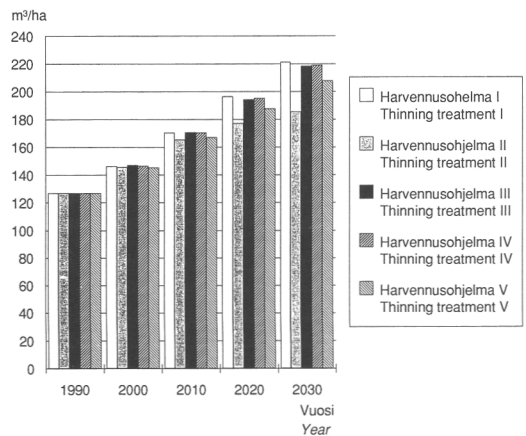
Kuva 19. Suhteellinen lopputuottoarvo (2030) eri metsälautakunnissa, tilaryhmä 50–99,9 ha.
 Fig. 19. The relative net present value of the future revenues at the end of planning period (1990) in different districts, size class 50–99,9 ha.



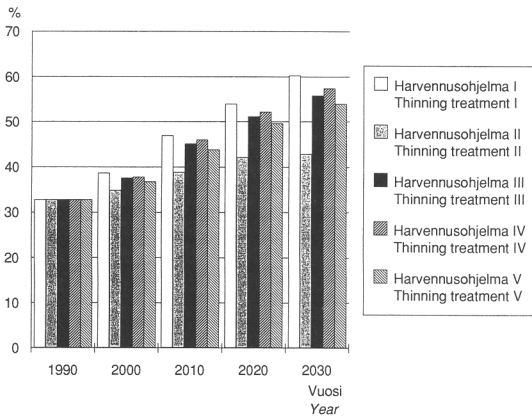
Kuva 20. Nettotulojen suhteellinen kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.
 Fig. 20. The development of relative net revenues in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.



Kuva 21. Harvennusten osuus hakkuukertymästä tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.
 Fig. 21. The percentage of thinnings of total removals in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.

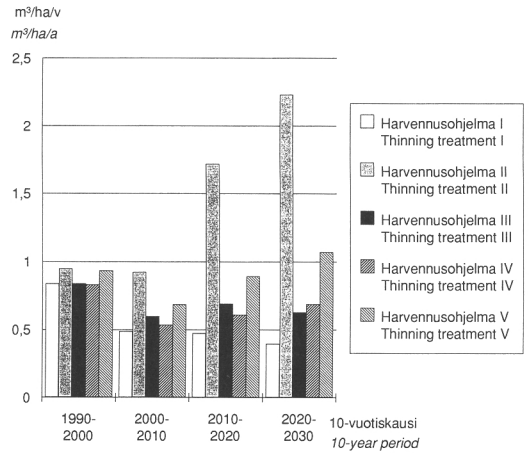


Kuva 22. Tilavuuden kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsälautakunta.
 Fig. 22. The development of volume in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-Pohjanmaa.



Kuva 23. Tukkiosuuden kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsäläytäakunta.

Fig. 23. The development of saw-timber percentage in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-



Kuva 24. Luonnonpoistuman kehitys tilaryhmässä 50–99,9 ha vuosina 1990–2030, Keski-Pohjanmaan metsäläytäakunta.

Fig. 24. The development of mortality in size class 50–99,9 ha in 1990–2030, district of Keski-

jelmissä tilavuus oli vuonna 2030 yli 200 m³/ha (kuva 22). Suurin lopputilavuus saavutettiin Tapion malleilla. Harvennuksista luopuminen aiheutti 35,6 m³/ha tilavuustappion.

Suurimpaan tukkitilavuuteen v. 2030 päästiin Tapion malleilla. Lopputilanteessa tukkiosuus kohosi Tapion malleilla 60 %:iin (kuva 23). Harvennuksettomassa ohjelmassa tukkitilavuus romahti. Vuonna 2030 se oli 53,7 m³/ha pienempi kuin Tapion malleilla. Luonnonpoistuma ko-

hosi yli kahteen kuutiometriin hehtaarilla viimeisellä kaudella (kuva 24). Luonnonpoistuma oli näin lähes yhtä suuri kuin hakkuukertymä. Tapion malleilla luonnonpoistuma oli myös lopputuottoarvon maksimoinnissa pienin.

Korkokannalla ei ollut lopputuottoarvon maksimoinnissa harvennusohjelmien väliseen järjestykseen merkitystä. Koska hakkuut asettuivat minimikertymätavoitteen tasalle, tulokset olivat lähes samat myös harvennuskertymien suhteen.

6 Tulosten tarkastelu

6.1 Harvennushakkuiden edullisuus metsäläytäakunta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata harvennushakkuiden liiketaloudellista edullisuutta metsäläytäakunta viidessä eri harvennusohjelmassa. Edullisuuden mittarina käytettiin lähinnä tuottoarvoa. Lähtökohtana olivat metsikön tuottoarvon maksimointiin perustuvat liiketaloudelliset harvennusmallit, jotka oli laadittu Etelä-Suomeen neljälle eri osa-alueelle (Pesonen & Hirvelä 1992a).

Kolmen prosentin harvennusmallit osoittautui-

vat sekä alku- että lopputuottoarvoa maksimoitaessa parhaaksi harvennusohjelmaksi. Ero Tapion malleihin johtui myöhäisemmästä ensiharvennuksen ajankohdasta ja suuremmista harvennuskertymistä. Pelkästään ensiharvennusten tekeminen aikaisintaan 13 metrin keskipituudella paransi Tapion harvennusmallien edullisuutta huomattavasti. Korjuukustannusten jyrkkä muutos ensiharvennusvaiheessa olevassa metsikössä vaikuttaa koko kiertoajan tuloksiin. Ensiharvennuksen siirtämisellä saavutettava kustannussäästö korjuukustannuksissa voi olla MT-kuusikossa jopa 70 mk/m³ (Pesonen & Hirvelä 1992a). Lähellä

nykyhetkeä olevat jopa negatiiviset nettotulot korostuivat laskelmissa käytetyn korkokannan (3 %) vuoksi.

Harventamatta jättäminen aiheutti selvät tuototarvotappiot kaikissa vertailuissa. Harvennusten laiminlyönti sai aikaan luonnonpoistuman jyrkän kasvun, josta seurasi tulevaisuuden tuotomahdollisuuksien heikkeneminen. Tapion mallit osoittautuivat tukkipuun tuotosta maksimovaksi harvennusohjelmaksi. Aikaisesta ensiharvennuksesta ja pienistä harvennuskertymistä aiheutui tuottotappioita esim. kolmen prosentin malleihin ja ensiharvennuksen myöhentämiseen verrattuna. Tilan koolla ja alueellisella sijainnilla ei ollut vaikutusta edullisuusjärjestykseen.

Metsälötason tulokset osoittautuivat samansuuntaisiksi kuin metsikkötasolla (Pesonen & Hirvelä 1992a) ja valtakunnallisissa laskelmissa (Pesonen & Hirvelä 1992b). Erot esim. harvennuksettomana vaihtoehdon ja kolmen prosentin mallien välillä olivat kuitenkin metsikkövertailua pienemmät. Yhtenä syynä tähän oli käytetty lyhyempi tarkastelujakso (40 v). Metsikkötasolla tarkastelut tehtiin koko kiertoajalle. Metsälötasolla myös kestävyys- ym. muut rajoitteet tasoittivat eroja harvennusohjelmien välillä. Hakkuiden ajoittuminen ja kohdentuminen kompensoivat metsälötarkastelussa eri harvennusohjelmien välisiä eroja. Metsälötulokset olivat myös useiden tilojen laskelmien keskiarvoja.

Pyrittäessä mahdollisimman hyvään taloudelliseen lopputulokseen metsälötasolla harvennushakkuut ovat välttämättömiä. Siirtämällä ensimmäinen harvennus aikaisintaan 13 metrin keskipituudelle parantaa taloudellista lopputulosta olennaisesti, vaikka myöhemmät harvennukset tehtäisiinkin Tapion harvennusmallien mukaan. Parhaaseen taloudelliseen tulokseen päästään kuitenkin kolmen prosentin harvennusmalleilla, joissa harvennuskertymät myös myöhempien harvennusten osalta ovat suuremmat ja kiertoajat lyhyemmät kuin Tapion malleilla.

6.2 Hintamuutosten vaikutus harvennushakkuiden edullisuuteen

Harvennusohjelmien väliseen edullisuuteen vaikuttavat korjuukustannusten lisäksi puutavaralajien hintasuhteet. Hintamuutosten vaikutusta harvennushakkuiden edullisuuteen tutkittiin metsäteollisuuden puustamaksukyky- sekä skenaariohinnoilla (Metsäteollisuuden... 1990).

Hintavertailuissa sallittiin Tapion suosituksis-

ta poiketen nykyisiä ohjeita lyhyemmät kiertoajat, kun sovellettiin puustamaksukyky- ja skenaariointoja. Nettotulo- ja tuottoarvovertailut eivät olleet järkeviä, koska esimerkiksi puustamaksukykyhinnoittelussa käytettiin selvästi korkeampaa hintatasoa kuin muissa hinnoitteluissa. Sen sijaan tarkasteltiin puuston ja puulajisuhteiden kehittymistä sekä hakkuiden kohdentumista ja hakkuukertymän rakennetta. Hintavertailuista esitetään lopputuottoarvon maksimoinnin tulokset Satakunnan metsälautakunnan alueelta tilaryhmässä 50,0–99,9 ha.

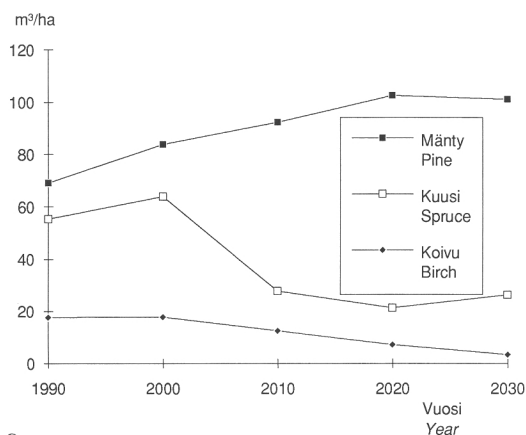
Lopputuottoarvoa maksimoitaessa muuttuivat puu- ja puutavaralajien tilavuudet huomattavasti alkutilanteesta. Puustamaksukykyhintoja käytettäessä koivun osuus puustosta lisääntyi huomattavasti (kuva 25). Varsinkin koivutukin tilavuus lisääntyi merkittävästi, mutta myös koivukuidun osuus kasvoi. Koivun osuuden lisääntyminen johtui koivutukin muita puutavaralajeja korkeammasta hinnasta.

Mänty säilytti asemansa tärkeimpänä puulajina kaikilla hinnoittelutavoilla, mutta puustamaksukykyhintoja käytettäessä männyn osuus puustosta jäi muihin hinnoitteluperusteisiin verrattuna selvästi alhaisemmaksi. Ero oli suurin mäntytukin tilavuudessa. Kuusen osuus väheni kaikilla hinnoittelutavoilla. Samoin tukkipuun osuus lisääntyi huomattavasti kaikilla hinnoittelutavoilla.

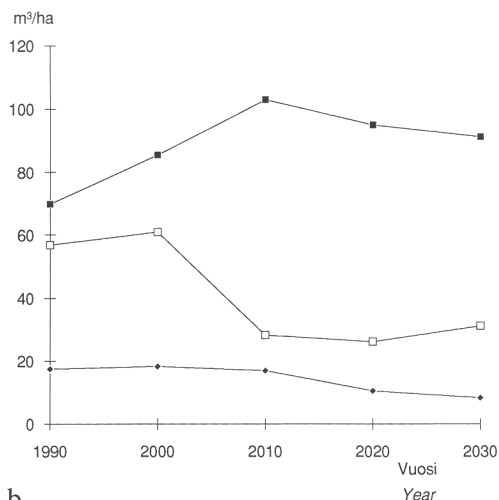
Hakkuukertymässä ei ollut suuria eroja eri hinnoittelutapojen välillä. Hakkuut kohdentuivat skenaariohinnoittelulla ja varsinkin puustamaksukykyhinnoittelulla kuitenkin perushinnoittelua enemmän uudistushakkuihin (kuva 26). Kertymän rakenteessa sen sijaan oli melkoisia eroja eri hinnoitteluperusteiden välillä. Puustamaksukykyhinnoilla hakattiin mäntyä tasaisesti koko suunnittelukauden. Suunnittelukauden alussa kuusen hakkuukertymän osuus oli suuri. Myös skenaariohinnoittelu johti kuusen suureen hakkuukertymään suunnittelukauden alussa. Tilanne oli samansuuntainen, vaikkakin lievempi perushinnoittelulla.

6.3 Tutkimusmenetelmän arviointi

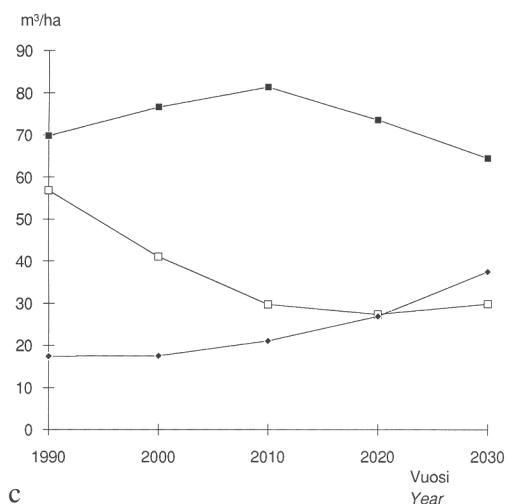
Aineiston ryhmittely pelkästään tilan koon suhteen ei ollut riittävä. Tilaryhmien sisällä lähtöpuustojen tilavuuksien hajonta oli niin suuri, että liiketaloudellisten vertailuissa harvennusohjelmien erot eivät olleet yleensä tilastollisesti merkitseviä. Lähtöaineiston tarkempi ryhmittely tilan koon lisäksi mm. ikäluokkajakauman, tilavuu-



a



b



c

Kuva 25. Männyn, kuusen ja koivun tilavuuden kehitys eri hinnoittelutavoilla: perushinnat (a), puustamaksukykyhinnat (b) ja skenaariohinnat (c) vuosina 1990–2030, Satakunnan metsälautakunta.

Fig. 25. The development of volume of Scots pine, Norway spruce and birch by different pricing methods in 1990–2030, district of Satakunta.

den ja kasvupaikkatekijöiden suhteen olisi pienentänyt ositteiden sisäistä hajontaa, jolloin tulosten tilastollinen merkitsevyys olisi kasvanut.

Aineiston päivittäminen oli ongelma, koska tiloille tehdyistä hakkuista ei saatu tietoa. Siksi päivittämisessä voitiin ottaa vain kasvu huomiioon vuoteen 1990, joten maksimissaan tiloilla oli 4–5 vuoden hakkuut huomioimatta. Lähtöpuustot olivat siis yliarvioita. Vertailut olivat kuitenkin perusteltuja harvennusohjelmien välillä, koska kaikissa vertailuissa lähtöpuusto oli sama. Puujoukon muodostamisessa TASO-lähtötiedoista oli myös ongelmia, koska puujoukon muodostamisessa tarvittavat keskeiset puulaji- ja puu-

jaksokohtaiset keskitunnukset jouduttiin osittain johtamaan malleilla.

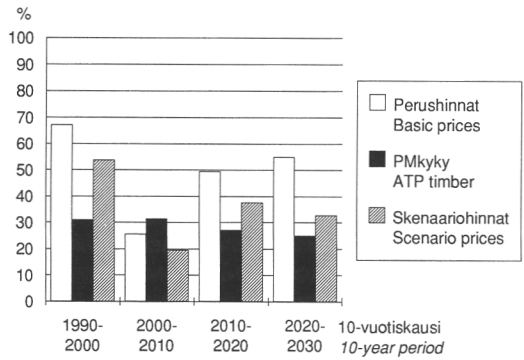
Koska kaikki esitetyt vertailut perustuivat simulointeihin, käytetyillä kasvu-ym. malleilla oli ratkaiseva merkitys tulosten luotettavuuteen. Menetelmän pahimpia epäkohtia olivat puuston kasvun ennustaminen voimakkaiden harvennusten jälkeen (Ojansuu ym. 1991) sekä tukki- ja kuituosuuksien määrittäminen. Tutkimuksessa käytetty luonnonpoistumamalli paransi selvästi MELAn antamien kasvuennusteiden luotettavuutta verrattuna mitattuihin kasvuhavaintoihin, vaikka kasvu- ja luonnonpoistumamallien liittäminen paremmin toisiinsa nähtiin tarpeelliseksi (Pesonen & Hirvelä 1992a).

Hintojen ja kustannusten oletettiin olevan kiinteitä koko tarkastelujakson ajan. Käytetyt trendihinnat laskettiin myös suhteellisen lyhyeltä ajaksolta. Hintavertailut osoittivat kuitenkin, että vasta voimakkaat hintojen muutokset vaikuttavat mm. hakkuukertymien rakenteeseen. Käytetyt kustannustiedot korjuukustannuksia lukuun ottamatta olivat liian keskimääräisiä.

Tutkimuksessa ei voitu kartoittaa metsänomistajien todellisia tavoitteita, joten tulosten kaavamainen yleistäminen ei ole mahdollista. Aktiiv-

vista metsätaloutta harjoittavaa metsänomistajaa olisi voinut kuvata paremmin nettotulojen maksimointia kuvaava puuntuotanto-ohjelma. Valitut kaksi toimintastrategiaa ovat kuitenkin yleisiä metsätaloudessa.

Jatkotutkimuskohteena voisi olla metsänomistajien todellisten tavoitteiden yhdistäminen LP-tehtävässä suureen joukkoon kuviokohtaisia harvennusvaihtoehtoja. MELA-järjestelmässä tämä on teknisesti mahdollista. Jatkossa kaavamaiset harvennusmallit voidaan asettaa kyseenalaiseksi. Metsänomistajat voivat jatkossa valita harvennusstrategiansa omien tavoitteidensa pohjalta suuresta joukosta erilaisia harvennusvaihtoehtoja, jos tutkimuksessa sovellettu MELA-järjestelmä on käytettävissä.



Kuva 26. Harvennusten osuus hakkuukertymästä eri hinnoittelutavoilla vuosina 1990–2030, Satakunnan metsälautakunta.

(PMkyky = puustamaksukyky)

Fig. 26. The percentage of thinning of total removals under different prices in 1990–2030, district of Satakunta.

Kirjallisuus – References

- Assman, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press. 506 s.
- Clutter, J. L., Fortson, L. S., Pienaar, L. V., Brister, G. H. & Bailey, R. L. 1983. Timber management: a quantitative approach. John Wiley & Sons, New York. 333 s.
- Eid, T. 1990. Long term forest planning – Economical and biological production possibilities of a forest. Department of Forestry, Agricultural University of Norway. 143 s.
- Eskelinen, A. & Peltonen, J. 1982. Puunkorjuun vaihtoehtolaskentasysteemi puunhankinnan suunnittelussa. Metsätehon katsaus 20. 4 s.
- Gregory, G. R. 1972. Forest resource economics. Wiley, New York. 548 s.
- Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamismallit. 1992. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 121 s.
- Hämäläinen, J. 1973. Profitability comparisons in timber growing: Underlying models and empirical applications. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 77(4). 178 s.
- Jämsä, J. 1991. Harvennushakkuiden liiketaloudellinen edullisuus metsälötasolla. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 76 s.
- Kajanus, M. 1992. Metsänuudistamispäätökset osana metsätalousyrityksen johtamista. Lisensiaatintyö. Helsingin yliopisto. 71 s.
- Kangas, J. 1992. Metsikön uudistamisketjun valinta – monitavoitteeseen hyöteoriaan perustuva päätösanalyysimalli. Joensuun yliopisto. 230 s.
- Kilki, P. 1968. Income oriented cutting budget. Seloste: Tulotavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma. Acta Forestalia Fennica 91. 54 s.
- 1971. Optimization of stand treatment based on the marginal productivity of land and growing stock. Seloste: Maan ja puuston rajatuottavuuksiin perustuva metsikön käsittelyn optimointi. Acta Forestalia Fennica 122. 7 s.
- & Siitonen, M. 1976. Principles of a forestry information system. XVI IUFRO World Congress, Division IV, Proceedings:154–163.
- & Väisänen, U. 1969. Determination of the optimum cutting policy for the forest stand by means of dynamic programming. Acta Forestalia Fennica 102:1–23.
- , Maltamo, M., Mykkänen, R. & Päivinen, R. 1989. Use the Weibull function in estimating the basal area dbh-distribution. Tiivistelmä: Weibull-funktion käyttö pohjapinta-alan läpimittajakauaman estimoinnissa. Silva Fennica 23(4): 311–318.
- Kilpeläinen, H. 1991. Puuntuotanto-ohjelman valinta interaktiivisella JLP-algoritilla. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 58 s.
- Laasasenaho, J. & Sevola, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantoarvot. Summary: Timber assortment relationship and stumpage value of Scots pine and Norway spruce. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 74(3). 87 s.
- Lappi, J. 1992. JLP – A linear programming package for management planning. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 414. 134 s.

- Lindroos, J. & Örn, J. 1990. Puunkorjuukustannusten vertailu 1990. Metsätehon julkaisuja. 33 s.
- Metsätalouden suunnittelun harjoitustyöohjeet. 1991. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. Moniste. 35 s.
- Metsäteollisuuden markkinat, kilpailukyky ja raakaapuun kysyntä. 1990. Jaakko Pöyry Oy. 53 s.
- Metsätalastollinen vuosikirja 1989. 1990. Folia Forestalia 760. 246 s.
- Mielikäinen, K. 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- & Valkonen, S. 1991. Harvennustavan vaikutus vartuneen metsikön tuotokseen ja tuottoihin Etelä-Suomessa. Summary: Effect of thinning method on the yield of middle-aged stands in southern Finland. *Folia Forestalia* 776. 22 s.
- Möller, C. 1954. The influence of thinning on volume increment. State University of New York, World Forestry Series Bull. 1.
- Nuutinen, T. 1986. Puuston keskitunnusten väliset relaatiot. Metsätalouden suunnittelun syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 53 s.
- Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Luonnonprosessit metsälaskelmassa (MELA) – Metsä 2000 -versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 42 s.
- Oksanen-Peltola, L. 1989. Etelä-Suomalaisen VT-männikön uudistamisvaihtoehtojen yksityistaloudellinen edullisuusvertailu. *Folia Forestalia* 729. 40 s.
- Pesonen, M. 1987. Metsälön optimaalisen puuntuotantohjelman valinta mikrotietokoneella. Metsätalouden syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 59 s.
- & Hirvelä, H. 1992a. Liiketaloudelliset harvennuskallit Etelä-Suomessa. *Folia Forestalia* 800. 35 s.
- & Hirvelä, H. 1992b. Harvennuskallien määrä ja harvennuskallien taloudellinen merkitys. *Käsi- ja puukirjallisuus*. 33 s.
- Ranta, R. 1991. Metsätalouden suunnittelulaskelmat. Julkaisussa: Tapion taskukirja. 21. painos. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. s. 334–337.
- Roise, J. P. 1986. A nonlinear programming approach to stand optimization. *Forest Science* 32(3): 735–748.
- Siitonen, M. 1983. A long term forestry planning system based on data from the Finnish national forest inventory. Julkaisussa: Forest inventory for improved management. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen tiedonantoja 17:195–207.
- 1990. Suomen metsävarat 1990 ja metsien kehitysmahdollisuudet 1990–2030. Selvitys Metsä 2000 -ohjelman tarkistustoimikunnalle. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385. 56 s.
- Soimasuo, J. 1992. Suunnittelualan koon vaikutus kestävään hakkuusuunnitukseen. Metsätalouden syventävien opintojen tutkielma. Joensuun yliopisto. 54 s.
- Valsta, L. 1982. Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu. Summary: Profitability comparison of growing densities in spruce plantations. *Folia Forestalia* 504. 33 s.
- 1986. Mänty-rauduskoivusekametsikön hakkuuohjelman optimointi. Summary: Optimizing thinnings and rotation for mixed even-aged pine-birch stands. *Folia Forestalia* 666. 23 s.
- 1990. A comparison of numerical methods for optimizing even aged stand management. *Canadian Journal of Forest Research*: 961–969.
- Veltheim, T. 1987. Männyn, kuusen ja koivun pituusikäryt. Laudaturtyö. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos.
- Vuokila, Y. 1983. Viljelymetsiköiden harvennuskallit. Summary: Thinning models for forest cultures in Finland. *Folia Forestalia* 556. 15 s.

Total of 41 references

Summary

Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level

The aim of this study is to analyze the profitability of thinnings at the forest holding level. Analysis is carried out with MELA-software of the following thinning treatments: 1) thinning models of Forestry Center Tapio, 2) no thinnings, 3) postponement of the first thinning to the mean height of 13 m (following thinnings according to Tapio's thinning models), 4) thinning models with interest rates of three % and 5) five % (Pesonen & Hirvelä 1992a).

The data were collected from the forestry board districts of Satakunta, Pohjois-Karjala and Keski-Pohjanmaa. Basic data consisted of all forest holdings over 5 hectares with forestry plan for 1987–1989, summing up to 5266 forest holdings. Systematic stratified sample weighted by the acreage of forest holdings was taken from the basic data. The final data contained 115 forest holdings from each selected district, altogether 345 forest holdings.

Two different strategies represent the objectives of forest owner. A forest owner aiming at the greatest allowable cut based on sustained yield is described by maximization of net present value at the beginning of the planning period with sustainability constraint. A forest owner who is saving cutting possibilities is described by maximization of net present value at the end of the planning period with minimum income requirement.

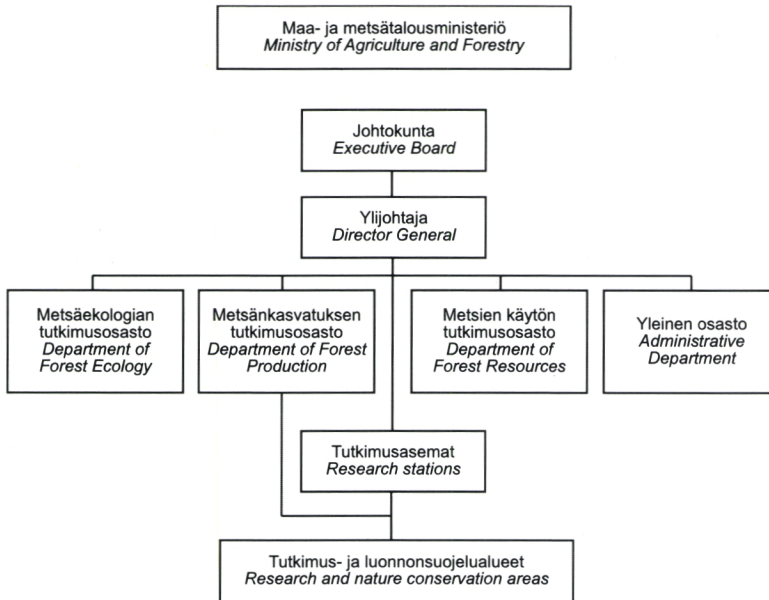
The 3 % thinning models proved to be the best thinning programme for maximizing net present value both at the

beginning and at the end of the planning period. The unthinned alternative resulted in a loss of the net present value in all comparisons. That was due to the high mortality with subsequently reduced potential of the future revenues. Tapio's models maximized saw-timber yields. Early first thinning, small harvest yields and high interest rate decreased revenues as compared to the 3 % models and the postponement of first thinning. The size of forest holdings and district had no impact on profitability of the thinning alternatives.

Results at the forest level were parallel to those at the stand level (Pesonen & Hirvelä 1992a). The difference between the 3 % model and the no thinning -alternative was smaller than what it was at stand level, because the latter involved the whole rotation. At the forest level, sustainability and other constraints evened out the differences between the programmes. Also the timing and areal concentration of thinnings compensate for the differences of programmes at the forest level.

Thinnings are essential from the point of financial return. Postponement of the first thinning at least to the mean height of 13 m improves the financial return considerably, even if the subsequent thinnings are based on Tapio's models. The 3 % model gives the best financial return with greater harvest yields and a shorter rotation than Tapio's model.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS — *THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*



Metsäntutkimuslaitos — *The Finnish Forest Research Institute*

Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308, telex 121298 metla sf

Ylijohtaja — *Director General*

Eljas Pohtila

Hallintojohtaja — *Administrative Director*

Tero Oksa

Tiedotuspäällikkö — *Head of Information*

Marja Ruutu

Metsäekologian tutkimusosasto — *Department of Forest Ecology*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Eero Paavilainen

Metsänkasvatuksen tutkimusosasto — *Department of Forest Production*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Jari Parviainen

Metsien käytön tutkimusosasto — *Department of Forest Resources*

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Risto Seppälä

Tutkimusasemat — *Research Stations*

Joensuu

Parkano

Kannus

Punkaharju

Kolari

Rovaniemi

Muhos

Suonenjoki



- No 792 Toppinen, Anne & Tervo, Mikko: Sahatavaran viennin ennakoivat suhdannekuvaajat.
Composite leading indicators of Finnish sawnwood exports.
- No 793 Lähde, Erkki: Luontaisen kuusivaltaisen taimikon kehitys lehtomaisella kankaalla.
Development of *Picea abies*-dominated naturally established sapling stand.
- No 794 Rikala, Risto: Taimitarhalannoituksen vaikutus männyntaimien jälkikasvuun ja istutuksen jälkeiseen menestymiseen.
Effect of nursery fertilization on incidence of summer shoots and field performance of Scots pine seedlings.
- No 795 Petäjistö, Leena & Selby, J. Ashley: Piensahojen kehittämisedellytykset.
Small sawmill development possibilities.
- No 796 Gustavsen, Hans Gustav: Vähäpuustoisten männiköiden ja kuusikoiden kehitys.
Development of understocked pine and spruce stands.
- No 797 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula Teuvo: Harmaalepän ja rauduskoivun biomassan tuotos ja ravinteiden käyttö energiapuuviljelmällä.
Biomass production and nutrient consumption of *Alnus incana* and *Betula pendula* in energy forestry.
- No 798 Ollonqvist, Pekka & Kajanus, Miika: Metsänomistajan taloudellisten tavoitteiden merkitys metsänuudistamistavan valinnassa.
Significance of private forest owners' economic goals in the forest stand regeneration decision.
- No 799 Penttinen, Markku: Tulos- ja kustannuslaskentamallien soveltuvuus yhteismetsätalouteen.
Applicability of profit and cost accounting models to jointly-owned forests.
- No 800 Pesonen, Mauno & Hirvelä, Hannu: Liiketaloudelliset harvennusmallit Etelä-Suomessa.
Thinning models based on profitability calculations for southern Finland.
- No 801 Mäkinen, Harri & Uusvaara, Olli: Lannoituksen vaikutus männyn oksikuuteen ja puuaineen laatuun.
Effect of fertilization on the branchiness and the wood quality of Scots pine.

1993

- No 802 Pesonen, Mauno, Jämsä, Jari & Hirvelä, Hannu: Harvennushakkuiden edullisuusvertailu metsälötasolla.
Profitability comparisons of thinnings at the forest holding level.