

30.06.95

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 560

Kannuksen tutkimusasema



Nuoren metsän ihmistyövaltaisen kunnostushakkuun kannattavuus Keski-Pohjanmaan ojitusalueilla

Paula Jylhä

1995

**Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema
PL 44
69101 Kannus
puh. 968-871 161**

**The Finnish Forest Research Institute
Kannus Research Station
P.O.Box 44
FIN-69101 Kannus
Finland**

30.06.95

**Nuoren metsän ihmistyövaltaisen kunnostushakkuun
kannattavuus Keski-Pohjanmaan ojitusalueilla**

Paula Jylhä

Metsäntutkimuslaitos
Kannuksen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 560
Kannus 1995

Jylhä, Paula 1995. Nuoren metsän ihmistyövaltaisen kunnostushakkuun kannattavuus Keski-Pohjanmaan ojitusalueilla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 560. 40 s. ISBN 951-40-1437-5, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ojitusalueilta kerätyn aineiston perusteella hakkuupoistuman rakenne nuoren metsän kunnostuskohteilla ja arvioida manuaaliseen hakkuuseen perustuvien toteutusvaihtoehtojen kannattavuutta metsikkötasolla. Energiapuun kustannukset käyttöpaikalla ylittivät yleensä selvästi puuenergialle asetetun enimmäishinnan (45 mk/MWh). Ainespuun korjuu osoittautui energiapuun korjuuta kannattavammaksi vaihtoehdoksi, mikäli kuitupuulle on menekkiä. Ellei kuitupuulle ole menekkiä tai energiapuun korjuuta ei tueta, on yleensä edullisempaa kaataa koko hakkuupoistuma maahan kuin korjata energiapuuta. Energiapuun hankinnan kannattavuus kuitupuun korjuun yhteydessä on heikko, sillä puuenergian yksikkökustannukset nousevat suuriksi pienten kertymien vuoksi. Heikon hintakilpailukyvyn takia energiapuun käytön lisääminen edellyttää puuenergian tukemista. Metsänparannustuen lisäksi kysymykseen voi tulla nykyistä enemmän puuta suosiva haittaverotus tai puuta polttoaineenaan käyttävien laitosten suora tukeminen.

Avainsanat: kunnostushakkuu, kannattavuus, energiapuu

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema

Hyväksynyt: Jyrki Kangas, tutkimusaseman johtaja 12.5.1995.

Kirjoittajan yhteystiedot: Jylhä, Paula; Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus, puh. (968) 871 161.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Kannuksen tutkimusasema, PL 44, 69101 Kannus. Puh. (968) 871 161, telefax (968) 871 164.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	5
2.1 Puustotiedot	5
2.1.1 Tutkimusmetsiköt	5
2.1.2 Mittaukset	5
2.1.3 Puustotunnusten laskenta	6
2.2 Kannattavuuslaskelmat	6
2.2.1 Hakkuuvaihtoehdot	6
2.2.2 Tuotot ja kustannukset	9
3. TULOKSET	12
3.1 Raivauspuuston kaato	12
3.2 Energiapuun korjuu	14
3.3 Ainespuun korjuu	18
3.4 Yhdistetty aines- ja energiapuun korjuu	21
4. TULOSTEN TARKASTELU	22
4.1 Tulosten yleistettävyyys	22
4.2 Menetelmävaihtoehtojen valinta	23
4.3 Hakkuupoistuman arvioinnin luotettavuus	23
4.4 Konekustannusten laskenta	24
4.5 Kunnostushakkuuleimikoiden markkinakelpoisuus	24
4.6 Energiapuun hankinta kunnostushakkuukohteilta	26
4.7 Vaihtoehtojen keskinäinen edullisuus	27
5. JOHTOPÄÄTÖKSET	28
5.1 Kunnostushakkuiden aluetaloudelliset vaikutukset	28
5.2 Metsänparannustuen tason määrittäminen	29
KIRJALLISUUS	31
LIITTEET	36

1. JOHDANTO

Metsiemme lisääntyneitä hakkuumahdollisuuksia ei ole viime vuosina pystytty käyttämään täysimääräisesti hyväksi. Etenkin ensiharvennukset ovat jääneet tavoitteista, sillä ensiharvennuspuun korjuukustannukset ovat keskimääräistä suuremmat (Harvennushakkuiden... 1992). Suometsien harvennukset ovat erityisen ongelmallisia vaikeiden puunkorjuuolojen vuoksi. Lisäksi taimikonhoidon laiminlyönnit heikentävät ensiharvennusmetsien markkinakelpoisuutta (Eeronheimo 1991). Harvennusten laiminlyönnin seurauksena puuston järeyskehitys hidastuu, metsien elinvoima kärsii, luonnonpoistuma lisääntyy, puutavaralajirakenne muuttuu epäedulliseen suuntaan, korjuun kustannukset kohoavat ja metsien tuottoarvo alenee. Energiapuun korjuuta pidetään yhtenä pienpuuongelman ratkaisuna, mutta puuenergian käytön suurin este on sen huono hintakilpailukyky. (Hakkila 1992).

Nuorten kasvatusemetsien kunnostushakkuita on tuettu metsänparannusvaroista vuoden 1993 alusta alkaen. Kiireellisen hoidon tarpeessa olevien nuorten metsien kunnostuksella pyritään metsänhoidollisten tavoitteiden lisäksi parantamaan markkinahakkuina tehtävien harvennusten kannattavuutta. Metsänparannusvaroja ohjataan sellaisiin kohteisiin, joissa työ on metsänhoidollisesti tarpeellista, mutta joka riittävää hakkuutuloa tuottamattomana jäisi muutoin tekemättä. (Nuoren metsän... 1993). Metsänparannustyönä tehty kunnostushakkuu jaettiin keväeseen 1995 saakka raivaukseen ja harvennukseen. Sen jälkeen raivausta ei ole enää tehty metsänparannustyönä, vaan nuoren metsän kunnostus on ollut metsänhoidollista harvennusta ja ainoastaan siinä yhteydessä tehtävää raivausta (Nuoren metsän... 1994). Erillisen raivauksen tarkoituksena oli valmistella kaupallista harvennusta poistamalla pääasiassa hakkuuta haittaavaa pienpuustoa. Edelleen jatkuvissa nuorten metsien harvennuksissa puusto hakataan tavanomaiseen ensiharvennuksen jälkeiseen kasvatustiheyteen, ellei metsän tila edellytä jättämään suurempaa tiheyttä (Nuoren metsän... 1993).

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää ojitusalueiden kunnostushakkuukohteilta kerätyn aineiston perusteella hakkuupoistuman rakenne ja arvioida manuaaliseen hakkuuseen perustuvien nuoren metsän kunnostusvaihtoehtojen kannattavuutta metsikkötasolla. Tutkimuksessa tarkastellaan puunkorjuukustannusten rakennetta sekä arvioidaan leimikkotekijöiden vaikutusta kustannuksiin. Tuloksia voidaan käyttää mm. arvioitaessa kunnostushakkuukohteiden markkinakelpoisuutta ja energiapuun korjuun kannattavuutta sekä suunnattaessa metsänparannusvaroja mahdollisimman tarkoituksenmukaisella tavalla.

Tutkimus rahoitettiin pääosin maa- ja metsätalousministeriön myöntämällä metsänparannusvaroilla. Lisärahoitusta maastomittausten toteuttamiseen saatiin Bioenergian tutkimusohjelmasta. Maastotöissä avustivat Ari Lamberg, Timo Saaranen ja Juha Yli-Korpela sekä aineiston tallennuksessa Aila Iso-Heiniemi ja Eeva Parkkila. VTK Jaakko Heinonen muokkasi aineiston KPL-ohjelmalle sopivaan muotoon ja opasti ohjelman käytössä. MMK Kari Härkönen laski puukohtaiset latvusmassat. Seppo Vihanta avusti tulosten laskennassa ja Keijo Polet viimeisteli julkaisun ulkoasun. Metsätehon tutkijoista erityisesti Jouko Örn ja Teppo Oijala autoivat ratkomaan hakkuu- ja kuljetuskustannusten laskentaan liittyviä ongelmia. He myös tarkistivat kustannuslaskelmat. Lisäksi Metsäteho luovutti tutkimuskäyttöön laskentaohjelmia ja muuta materiaalia. Kannattavuuslaskentaohjelman ohjelmointityöstä vastasi siviilipalvelumies Harri Hyyppä. YTL Mikko Toropainen kommentoi aluetaloudellisissa laskelmissa. Koko käsikirjoituksen lukivat MML Jyrki Hytönen, MMT Jyrki Kan-

gas ja MML Juha Nurmi. Kannen kuvitus on Sirkka Heimosen käsialaa. Edellä mainittujen lisäksi kiitokset kaikille muille tutkimukseen osallistuneille.

Merkinnät

$d_{1,3}$	= läpimitta rinnankorkeudella
sd	= keskihajonta
R^2	= selitysaste
SEE	= arvion keskivirhe
p	= havaittu merkitsevyystaso

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Puustotiedot

2.1.1 Tutkimusmetsiköt

Tutkimuksen aineisto kerättiin Keski-Pohjanmaan metsälautakunnan alueelta, jossa ensiharvennusmetsien suhteellinen osuus metsämaasta on suurin koko maassa (Harvennushakkuiden... 1992). Perusjoukon muodostivat kesäkuun 1993 alkuun mennessä hyväksytyt, pinta-alaltaan vähintään yhden hehtaarin suuruiseksi ilmoitetut ojitusalueiden metsikkökuviot, joiden kunnostushakkuisiin oli myönnetty metsänparannustukea. Matkakustannusten minimoimiseksi näistä kohteista mitattavaksi valittiin yhteensä 43 Kannuksen ja lähikuntien (Alavieska, Toholampi, Ullava ja Ylivieska) kunnostushakkuukuviota. Mitatuista kohteista hylättiin laskennoissa kaksi. Yksityiskohtainen kuvaus aineistosta, mittausmenetelmästä ja tulosten laskennasta on esitetty toisaalla (Jylhä 1995).

2.1.2 Mittaukset

Metsikkökuviot inventoitiin kunnostushakkuun jälkeen kesä-elokuussa 1993 linjoittaisella ympyräkoealamittauksella. Tavoitteena oli mitata kultakin kuviolta vähintään 100 puuta runkolukusarjan määrittämiseksi, joten mitattavien koealojen luku saatiin silmämääräisesti arvioitua runkoluvun perusteella. Pinta-alaltaan 50 m²:n koealat sijoitettiin tasavälein sarkojen poikki kulkeville linjoille. Koealojen määrä metsikkökuvion sisällä vaihteli 9:n ja 17:n välillä.

Koealan kaikista yli 13 dm pitkistä puista kirjattiin mm. puulaji ja puustoryhmä sekä mitattiin rinnankorkeusläpimitta millimetrin tarkkuudella (ks. Penttilä & Honkanen 1986). Koepuina mitattiin puulajeittain joka viides puu sekä lisäksi yhden puulajin koealalla läpimitan perusteella kaksi paksuinta puuta tai useamman puulajin koealalla kahdesta puulajista paksuimmat puut. Koepuista mitattiin pituus ja elävän latvuksen alaraja sekä arvioitiin latvuksen puristuneisuus (ks. Penttilä & Honkanen 1986). Kantoläpimitta mitattiin ylimmän kaatoa haittaavan juurenniskan korkeudelta. Koealan kaikista vähintään 20 mm:n kannoista määritettiin

puulaji ja mitattiin läpimitta kuten koepuilla. Pienemmistä kannoista kirjattiin ainoastaan lukumäärä.

2.1.3 Puustotunnusten laskenta

Hakkuupoistuma selvitettiin kannoista laskemalla koepuiden kanto- ja rinnankorkeusläpimittojen välinen regressioyhtälö erikseen havu- ja lehtipuille (Jylhä 1995). Näin kannoista saatiin aineisto, jota käsiteltiin samalla tavalla kuin lukupuuta.

Puutunnukset laskettiin Koealojen peruslaskentaohjelmalla (KPL) Heinosen (1994) kuvaamalla tavalla. Runkojen apteerauksessa kuitupuun vähimmäisläpimittoina olivat 6, 7 ja 8 cm kuoren päältä ja pölkyn ohjepituutena 3 m. Karsitun rangan vähimmäispituus oli 2 m ja pienin läpimitta 3 cm. Muut lehtipuulajit kuin koivut (haapa, leppä ym.) oletettiin korjattavaksi energiapuuna. Hakkuupoistuman tukkipuun mitat täyttävät rungot apteerattiin kuitupuuksi, sillä hakkuupoistuma oli pääasiassa pieniläpimittaista puuta (ks. taulukko 2, kuva 1). Lisäksi sahapuun määrän arviointi olisi ollut vaikeaa, sillä poistettujen puiden laatua ei tunneta.

Latvusmassojen laskennassa käytettiin Hakkilan (1991) malleja. Tutkimuksessa mitattiin myös pienempiä puuta kuin latvusmassamallien laadinnassa oli käytetty (läpimitta alle 45 mm). Näiden puiden latvusmassoille laskettiin yksinkertaiset lineaariset mallit. Oksien kuoriprosentit saatiin Hakkilan (1971) ja Kärkkäisen (1976a) tutkimuksista. Mallien tuottamat kuivamassat muunnettiin tilavuudeksi käyttäen Hakkilan (1989), Gislerudin (1974) ja Kärkkäisen (1976b) esittämiä kuiva-tuoretiheyksiä. Hakemäärästä vähennettiin viheraineen ja kuolleiden oksien tilavuutta vastaava osuus, joka oletettiin hankintaketjun eri vaiheiden yhteiseksi hävikiksi. Hakkeen kosteudeksi oletettiin 40 %, joka vastaa hieman kuivahtaneen hakkeen kosteutta (ks. Immonen & Seppälä 1984, Uusvaara & Verkasalo 1987). Kokopuu-hakkeen tehollinen lämpöarvo saatiin Hakkilan (1978) tutkimuksesta. Kokopuukuutiometrin energiasisältö ei ole vakio, vaan lämpöarvo laskettiin kulloisenkin hakkuukertymän puulajisuhteiden perusteella. Energiapuun tilavuudet ilmoitetaan aina kokopuun kiintotilavuuksina.

Kuviokohtaisten puustotunnusten laskentaan ja aineiston jatkokäsittelyyn käytettiin BMDP-ohjelmistoa (Dixon 1992).

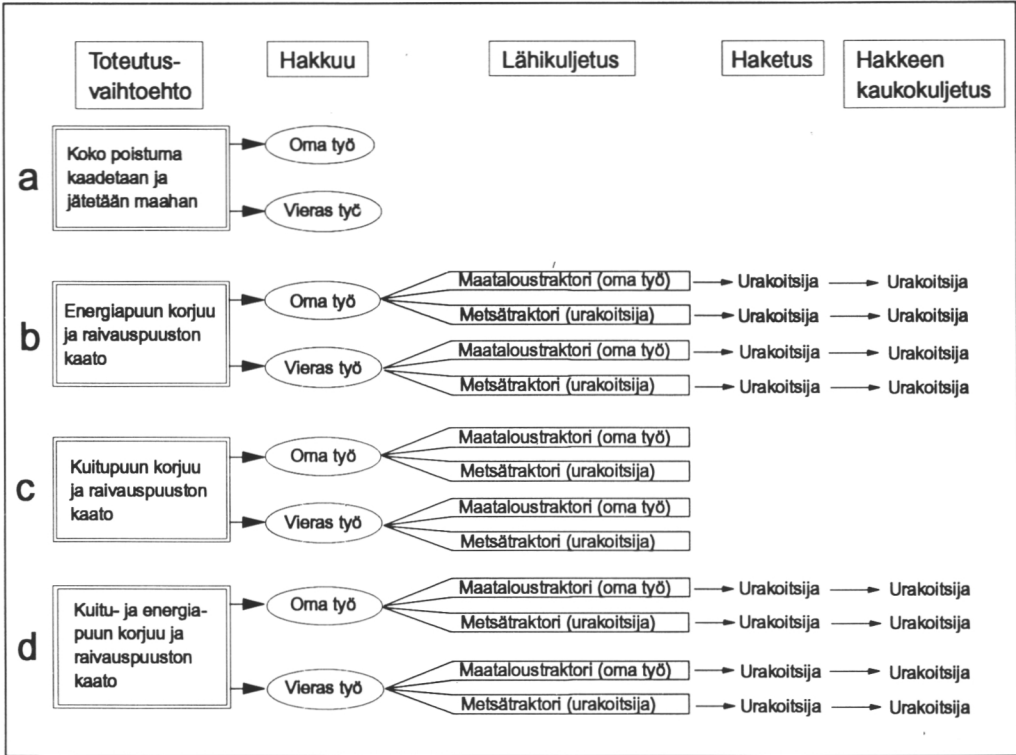
2.2 Kannattavuuslaskelmat

2.2.1 Hakkuuvaihtoehdot

Kannattavuuslaskelmat perustuvat toteutuneeseen hakkuupoistumaan. Aineistoon sisältyi sekä raivaus- että harvennuskohteita, mutta käsittelyiden väliset keskimääräisten puustotunnusten erot olivat erittäin pieniä (Jylhä 1995). Sen vuoksi tulokset esitetään yleensä koko aineistolle yhteisenä.

Nuoren metsän kunnostuksen kannattavuuslaskelmat tehtiin neljälle erilaiselle vaihtoehdolle: (a) koko hakkuupoistuman kaataminen maahan, (b) energiapuun korjuu ja raivauspuuston

kaato, (c) kuitupuun korjuu ja raivauspuuston kaato sekä (d) yhdistetty kuitu- ja energiapuun korjuu ja raivauspuuston kaato (kuva 1).



Kuva 1. Kunnostushakkuun kannattavuuslaskelmien vaihtoehdot.

Hakkuukertymän suuren tilavuuden ja rakenteen vaihtelun vuoksi laskelmat tehtiin kertymältään keskimääräiselle, pienimmälle ja suurimmalle kunnostushakkuukohteelle lukuun ottamatta vaihtoehtoa a, jossa raivauskustannukset laskettiin kaikille metsikkökuvioille. Laskelmien hakkuukertymältään suurimmat kohteet oli metsänparannusavustusten tilityksessä luokiteltu harvennuksiksi ja pienimmät raivauksiksi. Hakkuu tehtiin laskelmissa omana työnä tai teetettiin vieraalla työvoimalla, esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksen metsurilla. Muut työvaiheet teetettiin urakoitsijalla lukuun ottamatta lähikuljetusta, joka oli mahdollista tehdä myös metsänomistajan omana työnä metsävarusteisella maataloustraktorilla. Energiapuulaskelmissa talteen otettavan puuston läpimitan alarajaa vaihdeltiin senttimetrin luokissa välillä 3 - 7 cm. Siten kustannuslaskelmia tehtiin a-vaihtoehdossa 82 ja vaihtoehdoissa b - d yhteensä 132.

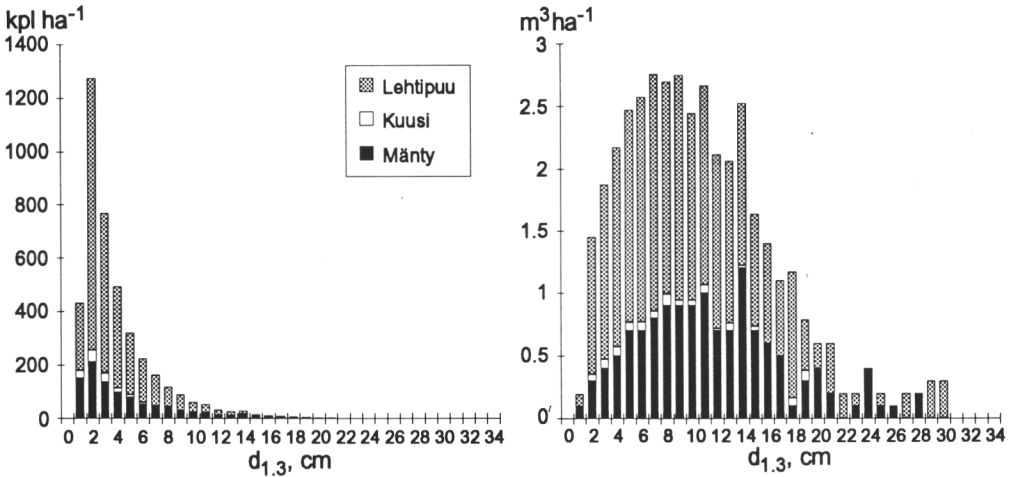
Taulukko 1. Keskimääräiset, suurimmat ja pienimmät hakkuupoistumat tai -kertymät laskentavaihtoehtoisissa sekä vastaavat metsikkökuvioiden numerot.

Toteutusvaihtoehto	Energia-puun min. lpm (cm)	Raivauspuuston määrä (kpl/ha) tai hakkuukertymä (m ³ /ha)				
		Maksimi			Minimi	
		Keskiarvo	Kuvio n:o	Keskiarvo	Kuvio n:o	Keskiarvo
A	-	4264 kpl/ha	14	9309 kpl/ha	21	1139 kpl/ha
B	3	46,2 m ³ /ha	12	107,1 m ³ /ha	33	12,5 m ³ /ha
-"	4	43,6 m ³ /ha	12	105,1 m ³ /ha	33	11,3 m ³ /ha
-"	5	40,8 m ³ /ha	12	102,2 m ³ /ha	33	11,1 m ³ /ha
-"	6	37,9 m ³ /ha	12	98,6 m ³ /ha	32	9,4 m ³ /ha
-"	7	34,8 m ³ /ha	12	93,7 m ³ /ha	32	7,7 m ³ /ha
C	-	23,1 m ³ /ha	12	73,3 m ³ /ha	32	3,8 m ³ /ha
D	3	36,2 m ³ /ha	12	87,9 m ³ /ha	33	9,4 m ³ /ha
-"	4	33,7 m ³ /ha	12	85,9 m ³ /ha	33	8,1 m ³ /ha
-"	5	30,9 m ³ /ha	12	83,0 m ³ /ha	33	7,9 m ³ /ha
-"	6	28,0 m ³ /ha	12	79,4 m ³ /ha	33	7,2 m ³ /ha
-"	7	24,9 m ³ /ha	12	74,5 m ³ /ha	24	5,5 m ³ /ha

Taulukko 2. Hakkuupoistuman keskimääräinen läpimittajakauma sekä hakkuupoistumaltaan tai -kertymältään suurimpien ja pienimpien metsikkökuvioiden poistettujen puiden runkolukusarjat (vrt. taulukko 1).

Kuvio n:o	Kpl/ha											Yht.
	Läpimittaluokka (d _{1,3}), cm											
	- 2,4	2,5 - 4,4	4,5 - 6,4	6,5 - 8,4	8,5 - 10,4	10,5 - 12,4	12,5 - 14,4	14,5 - 16,4	16,5 - 18,4	18,5 - 20,4	20,5 -	
12	1118	1188	800	447	329	247	118	59	106	47	0	4459
14	4969	2539	785	477	231	154	62	46	31	0	15	9309
21	569	246	77	15	62	46	31	62	31	0	0	1139
24	1520	907	427	187	27	27	13	0	0	0	0	3108
32	3033	1933	550	200	17	0	0	17	0	0	0	5750
33	1933	400	117	33	33	33	50	17	0	0	0	2616
Koko aineisto	1725	1325	573	289	156	87	55	25	14	7	8	4264

Minimi- ja maksimikertymien kriteerinä käytettiin korjattavan aines- ja energiapuumäärän yhteistilavuutta (taulukko 1). Taulukossa 2 on esitetty esimerkkilaskelmissa käytettyjen metsikkökuvioiden hakkuupoistuman runkolukusarjat. Poistuma oli pääasiassa hieskoivua ja mäntyä (kuva 2). Kantoläpimitaltaan alle 2 cm puiden kaato katsottiin metsänhoidollisesti tarpeettomaksi. Sen vuoksi kunnostushakkuussa kaadetut, kantoläpimitaltaan alle 2 cm:n puut (keskim. 1450 kpl/ha) eivät ole mukana runkolukusarjoissa eivätkä raivauskustannusten laskennassa.



Kuva 2. Keskimääräinen hakkuupoistuman runkoluvun ja tilavuuden läpimittajakauma puulajeittain.

2.2.2 Tuotot ja kustannukset

Kuitupuuhakkuun tuotoksi katsottiin puutavaran hankintamyyntitulo. Koivun hankintahinta oli 150 mk/m^3 ja havupuun 140 mk/m^3 . Kunnostushakkuukohteiden markkinakelpoisuuden arvioimiseksi kuitupuuhakkuun tuottojen ja kustannusten erotusta verrattiin ensiharvennuskuidun kantohintaan, joka oli 45 mk/m^3 sekä havu- että lehtipuulla. Hinnat vastaavat puunostajille tehdyn puhelinkyselyn perusteella Keski-Pohjanmaan ensiharvennuspuiden hintatasoa syksyllä 1994. Käyttöpaikalla kokopuuahakkeesta maksettavaksi hinnaksi oletettiin 45 mk/MWh , jolloin hake olisi kilpailukykyinen vaihtoehdoisen polttoaineen, turpeen, kanssa (Korpilahti 1994). Metsänparannustuki ei sisälly hakkuun tuottoihin. Vertailulaskelmien teossa käytettiin tietokoneohjelmaa, joka oli laadittu Pascal-ohjelmointikielillä. Ohjelmalla laskettiin kuitupuun korjuun kustannukset kannolta tien varteen ja energiapuun hankinnan kustannukset kannolta aluelämpölaitokselle *arvonlisäverottomina*. Hakkuukertymät, energiapuurunkojen keskiläpimitat sekä hakkuun ja raivauksen kustannukset laskettiin erikseen ja annettiin ohjelmalle syöttötiedostona. Ohjelman vapaasti vaihdeltavia syöttötietoja olivat työmaan koko, koneiden siirtomatkat ja kilometrikorvaukset, hakkurin vuosisuorite, lähikuljetusmatka, ajouraväli, hakkeen kaukokuljetusmatka sekä kuitupuun ja energiapuun hinnat. Suunnittelu-, työjohto-, korko-, varastointi- ja yleiskustannuksia ei laskelmissa otettu huomioon.

Hakkuu

Hakkuukustannukset laskettiin Etelä-Suomen toiseen kalleusluokkaan kuuluvien kuntien urakkataksailla. Taksoihin tehtiin tarvittaessa alitiheyskorotukset (4 - 11 %) pienten hakkuukertymien vuoksi. Kuitu- ja energiapuuhakkuun kustannusten laskennassa sovellettiin Metsätehon puunkorjuukustannusten vertailuohjelmaa, joka perustuu vuonna 1994 voimassa olleisiin työehtosopimukseen (Oijala ym. 1994, Metsäpalkkarakenteen uudistaminen 1994).

Puiden oksaisuus ja hakkuun maastoluokka oletettiin normaaleiksi, eikä hakkuutaksoihin tehty kausikorotuksia. Vieraalla työvoimalla tehdyn hakkuun kustannuksiin sisältyy työmittauksen osuus. Metsänomistajan omatoimisessa hakkuussa ei tarvita työmittausta, minkä vuoksi työmenetelmäkohtaisesta hakkuun perustaksasta vähennettiin 5 % puiden luvun arvioituna osuutena (ks. Metsä- ja uittoalan...). Sekä aines- että energiapuun hakkuukustannukset sisältävät korvauksen ajourien suunnittelusta ja raivauksesta.

Vieraalla työvoimalla teetetyn hakkuun ja raivauksen sivukustannusosuutena käytettiin puunkorjuukustannusten vertailuohjelman oletusarvona ollutta 71,5 %:a, joka sisältää pakolliset eläke- ja vakuutusmaksut, työvoimahallinnon, terveydenhuollon, varusteet ja ansiontasauksen. Metsänomistajan omatoimisen hakkuun kustannuksiin lisättiin maatalousyrittäjien pakolliset eläke- ja tapaturmavakuutusmaksut (8,53 % hakkuutaksan työn osuudesta). Hakkuukustannusten sisältämä arvonlisävero vähennettiin metsänomistajan tekemän hakkuun kustannuksista Onttisen (1986) tutkimuksen perusteella, vaikka arvonlisävero ei ole aina vähennyskelpoinen. Metsänomistajalle hakkuutyöstä aiheutuvia matka- ja työvarustekustannuksia ei sisällytetty laskelmiin.

Kuitupuun hakkuussa käytettiin tavaralajimenetelmää. Kunnostushakkuun toteutusvaihtoehtojen välisissä vertailuissa käytetty kuitupuun vähimmäisläpimitta oli 6 cm. Teetettäessä hakkuu vieraalla työvoimalla taksaan tehtiin pinomittauskorotus, joka kattaa työntekijän tarkistuspainajuuksien, vaikka työnjohto suorittaakin mittauksen varastolla (Oijala ym. 1994).

Energiapuu korjattiin kokopuun siirtelykaadolla. Vieraalla työvoimalla tehdyn hakkuun kustannuksiin sisältyy korvaus kaksivaiheisesta metsurimittauksesta.

Hakkuun yhteydessä tehtävän raivauspuuston kaadon taksat saatiin nuoren metsän kunnostuksen palkkausohjeesta (Nuoren metsän... 1994). Niissä laskentavaihtoehdoissa, joissa kaikki poistettava puusto kaadettiin raivauspuustona ja jätettiin maahan, raivauskustannukset laskettiin työehtosopimukseen perustuvalla Metsätehon taksanlaskentaohjelmalla (Metsäpalkkarakenteen uudistaminen 1993, Vastamäki ja Örn 1994). Tällöin vieraalla työvoimalla teetetävän raivauksen työmittauskustannusten laskennassa oletettiin, että työkauden pituus vastaa kunkin työmaan raivaamiseen kulunutta tuotoslukujen mukaista aikaa.

Lähikuljetus

Lähikuljetuksen yksikkökustannukset saatiin jakamalla käyttötuntikustannus käyttötuntituotoksella. Kustannukset laskettiin keskikokoiselle kuormatraktorille sekä hydraulikuormaimella ja metsäperävaunulla varustetulle maataloustraktorille (liitteet 1 ja 2). Metsätraktorin käyttötuntikustannus laskettiin metsäkuljetuksen kustannuslaskentamallin oletusarvoilla (Oijala & Rajamäki 1992, Oijala & Rajamäki 1994). Maastokuljetus maataloustraktorilla oletettiin tehtäväksi metsänomistajan omana työnä. Palkkavaatimus oli tällöin 40 mk/h, johon lisättiin maatalousyrittäjän pakolliset eläke- ja tapaturmavakuutusmaksut (8,53 %). Maataloustraktorin ja metsävarustuksen hinnat ja vuosityöaika perustuvat pääosin Työtehoseuran tietoihin (Valkonen 1993). Metsätraktorin käyttötunnin arvonlisäverottomaksi hinnaksi saatiin 262 mk ja maataloustraktorin ja metsävarusteiden 195 mk (liitteet 1 ja 2).

Metsätraktorilla tehtävän lyhyen kuitupuun lähikuljetuksen ajanmenekki laskettiin Metsätehon malleilla (Kuitto ym. 1994). Kuitupuu ajettiin sekakuormina, minkä takia purkamisaikaan lisättiin puutavaralajien erottelua 2 min/kuorma (Oijala 1994, suullinen tiedonanto). Maataloustraktorin kuitupuun lähikuljetustuotoksen laskennassa käytettiin Rummukaisen ym. (1993) esittämiä malleja, jotka perustuvat Mikkosen (1984) tutkimukseen. Maataloustraktorin tuotosmallissa lumikerroksen paksuus on tuottavuuteen vaikuttavana tekijänä matkan ja puutavaralajitiheyden lisäksi. Esimerkkilaskelmissa lumen paksuutena käytettiin 14 cm:ä, jotta lähikuljetuksen olosuhteet vastaisivat hakkuun työvaikeutta.

Kuitupuu ja energiapuu ajettiin eri kuormissa. Metsätraktorin energiapuun lähikuljetustuotoksen laskennassa muutettiin Kuiton ym. (1994) lyhyen kuitupuun metsäkuljetuksen ajanmenekkimalleja vastaamaan kokopuun kuljetusta Kahalan (1981) tulosten perusteella. Tuotoksen laskennassa oletettiin, että kuljetuskaluston kehittyessä karsitun ja karsimattoman puun kuljetustuotoksien suhde on pysynyt ennallaan ja että kuitupuun ja kokopuun kuljetustuotosten suhde on sama havu- ja lehtipuilla. Maataloustraktorin tuotosta kokopuun lähikuljetuksessa ei tunneta. Sen vuoksi oletettiin, että kuitupuun ja kokopuun metsäkuljetuksen tuottavuuksien suhde on sama metsä- ja maataloustraktorilla. Metsätraktorin tuotosluvuista laskettiin lähikuljetusmatkan (s) funktiona kerroin (k), jolla maataloustraktorin kuitupuun metsäkuljetustuotoksesta johdettiin kokopuun kuljetustuotos:

$$k = 1,475 * s^{-0,1753}$$

($R^2=0,987$, $SEE=0,0137$, $p < 0,001$)

Metsikkökuvioiden laskennallinen ojitussaran leveys oli noin 40 m, joten lähikuljetuksen puutavaralajitiheyden laskennassa käytetty ajouraväli oli 20 m (ks. Jylhä 1995). Tällöin hehtaarilla on 600 metriä ajouraa (Niemistö 1992). Laskelmien keskimääräinen lähikuljetusmatka oli 250 m sekä aines- että energiapuulla (vrt. Uotila & Toivanen 1992, Kuitto ym. 1994).

Haketus

Energiapuuta voidaan hakettaa hyvin erilaisilla hakkureilla, minkä vuoksi tutkimuksessa sovellettiin viimeisimpiä ohjemaksuja tuotos- ja kustannustietojen selvittämisen asemesta. Haketuksen ohjemaksuja (ks. Nousiainen ym. 1993) korotettiin 7 %:lla vastaamaan syksyn 1994 arvonlisäverotonta kustannustasoa (Jaakkola 1994, suullinen tiedonanto). Hakkurin vuosisuoritteeksi oletettiin 20001-25000 i-m³. Haketusmaksut muunnettiin koskemaan kiintokuutiometriä Verkasalon (1988) esittämien tiiviyslukujen avulla. Muunnosta tehtäessä kesä- ja talviaikaisen haketuksen suhteeksi oletettiin 40:60, joka vastaa lähikuljetuksen tuotosmallien kesä- ja talvikorjuun suhdetta (ks. Kuitto ym. 1994 s. 33).

Koneiden siirrot

Sekä metsätraktorin että hakkurin työmaiden väliseksi siirtomatkaksi oletettiin 25 km (vrt. Kuitto ym. 1994, liite 6). Metsätraktorin lavettisiirron korvaus oli 10 mk/km, ja hakkurin siir-

rosta maksettiin 8 mk/km. Traktorin siirron kustannukset kohdistettiin yhtä suurina aines- ja energiapuun korjuukustannuksiin niissä tapauksissa, joissa korjattiin kumpaakin puutavaralajia. Maataloustraktorin siirroista aiheutuvia kustannuksia ei laskelmissa otettu huomioon. Kohdistettaessa siirtokustannuksia korjattavalle puulle työmaan kooksi oletettiin 2,3 ha, joka vastaa keskimääräisen kunnostushakkuuhankkeen pinta-alaa Keski-Pohjanmaalla vuonna 1993.

Hakkeen kaukokuljetus

Hakeauton kustannuslaskelma (liite 3) tehtiin hakkeen autokuljetusta vastaamaan muunnetulla Metsätehon kustannuslaskentamallilla (Asikainen ja Kärhä 1994, Oijala ja Rajamäki 1992, Oijala ja Rajamäki 1994). Kuorman koko oli 35 tonnia ja hakkeen keskimääräinen tiheys 800 kg/m³. Esimerkkilaskelmissa käytetty hakkeen kuljetusmatka oli 20 km (vrt. Immonen ja Seppälä 1984, s. 36) vuotuisen keskikuljetusmatkan ollessa 40 km. Vajaakuormilla ajamisen vaikutusta kustannuksiin ei otettu huomioon.

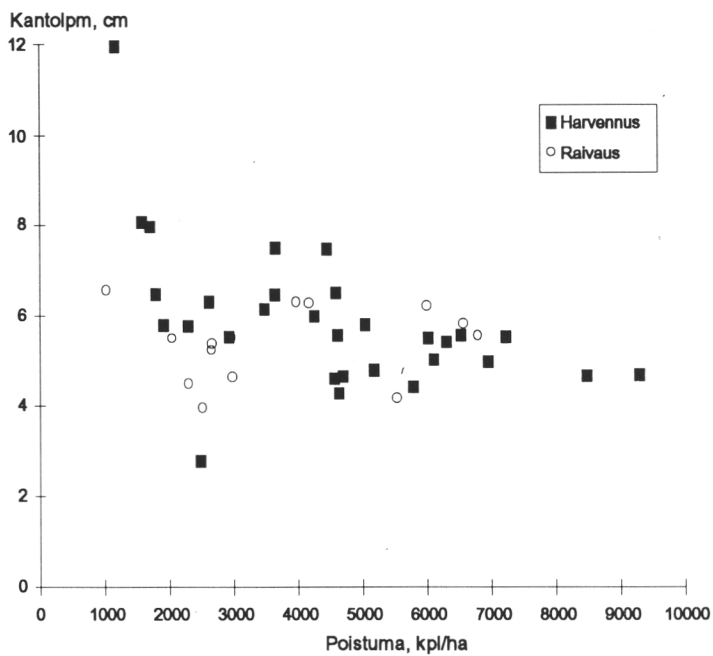
3. TULOKSET

3.1 Raivauspuuston kaato

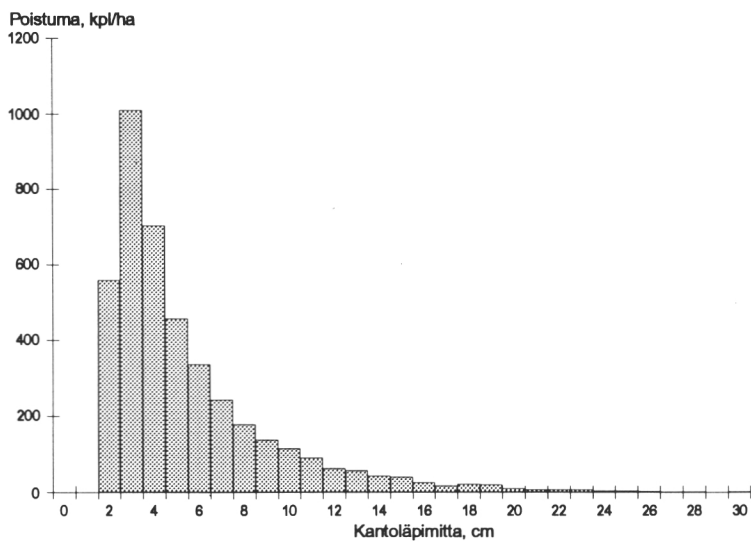
Hakuuipoistuman runkoluvun ja keskimääräisen kantoläpimitan kuvioittainen vaihtelu oli suurta (kuva 3). Kuvioittainen hakuuipoistuman runkoluku oli keskimäärin 4264 kpl/ha (1100 - 9300 kpl/ha, sd 2034 kpl/ha) ja keskiläpimitta 5,7 cm (3,8 - 11,9 cm, sd 1,4 cm). Harvennuskohteiden poistuman keskimääräinen runkoluku ja kantoläpimitta olivat hieman suurempia kuin raivauskohteiden (ks. kuva 3), mutta erot eivät varianssianalyysien perusteella olleet tilastollisesti merkitseviä ($p > 0,05$).

Keskimääräiset raivauspuuston kaadon kustannukset olivat metsänomistajan omatoimisessa työssä noin 470 mk/ha (200 - 780 mk/ha, sd 200 mk/ha). Kustannuksiltaan pienimmällä kohteella poistuman runkoluku oli 2400 kpl/ha ja suurimmilla 6000 - 10000 kpl/ha. Vieraalla työvoimalla teetetyn työn kustannukset olivat keskimäärin 860 mk/ha (420 - 1400 mk/ha, sd 330 mk/ha). Metsänparannustuen tilityksessä harvennuksiksi luokiteltujen käsittelyiden keskimääräiset kustannukset olivat ainoastaan noin 10 % suuremmat kuin raivaukseksi luokiteltujen käsittelyiden. Poistuman runkoluvun ja keskimääräisen kantoläpimitan perusteella samanlaisia kunnostushakkuukohteita oli luokiteltu sekä raivaukseksi että harvennuksiksi.

Esimerkkilaskelmissa raivaus oletettiin tehtäväksi raivaussahalla. Vakioraivaussahan sahausnopeus runkoa kohti hidastuu selvästi kantoläpimitan ylittäessä 6 cm (Lounasvuori 1989). Puuston suuren järeyden vuoksi yksittäisen kunnostushakkuukuvion raivauskustannuksia ei aina voida arvioida taimikonhoidon hinnaston mukaan (Hämäläinen ja Lilleberg 1995). Kantoläpimittojen jakauman perusteella raivaussaha kuitenkin soveltuu kunnostushakkuuseen tyypillisellä keskipohjalaisella kohteella (kuva 4).



Kuva 3. Kuviokohtaiset hakkuupoistuman runkoluvut ja vastaavat keskimääräiset kantoläpimitat.



Kuva 4. Poistettujen puiden kantoläpimittojen jakauma.

3.2 Energiapuun korjuu

Keskimääräinen kokopuukertymä kasvoi 35:stä 46 m³/ha:iin, kun talteen otettavan energiapuun vähimmäisläpimita laski 7:stä 3 cm:iin (taulukko 1). Korjattujen puiden keskiläpimita laski vastaavasti 9,8 cm:stä 5,6 cm:iin (kuva 5). Kokopuun kertymä vaihteli kuitenkin metsiköittäin huomattavasti. Esimerkkilaskelmien suurin energiapuukertymä oli 107m³/ha ja pienin 8 m³/ha. Kokopuun vähimmäisläpimitan muutoksilla ei metsikkötasolla ollut merkittävää vaikutusta hakkeen yksikkökustannuksiin käyttöpaikalla, mikäli kaikki kustannukset kohdistettiin energiapuulle. Yleensä yksikkökustannukset pysyivät lähes muuttumattomina vähimmäisläpimitan muuttuessa (taulukko 3). Sen sijaan kustannusten rakenne vaihteli jonkin verran (kuva 5). Hakkeen kustannukset käyttöpaikalla olivat keskimäärin noin 55 mk/MWh (n.120 mk/m³) tehtäessä hakkuu omana työnä ja lähikuljetus metsätraktorilla urakoitsijatyönä. Teetettäessä hakkuu vieraalla työvoimalla hakkeen kustannus käyttöpaikalla olisi keskimäärin 70 mk/MWh (n. 145 - 150 mk/m³).

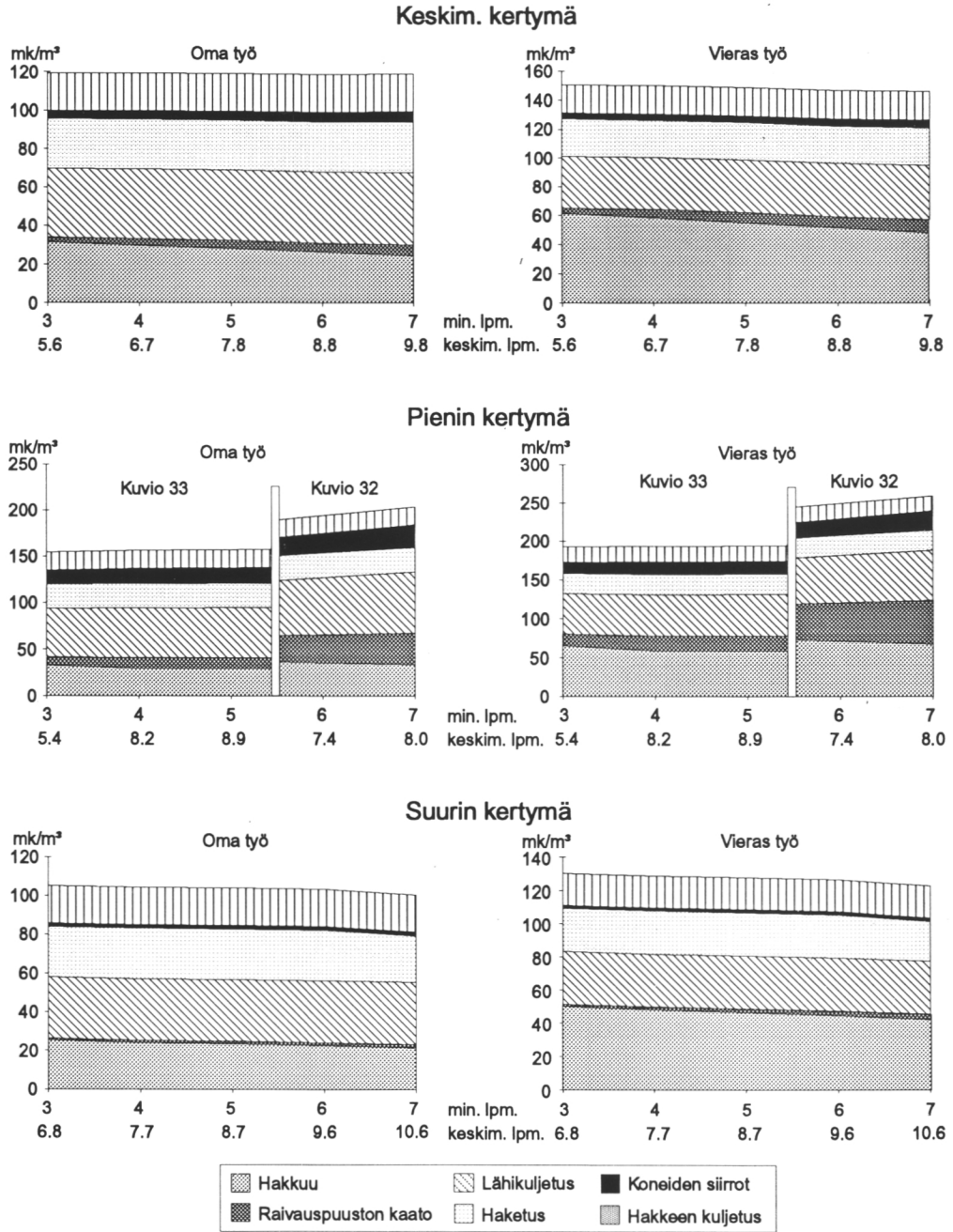
Hehtaarikohtaiset hakkeen myyntitulojen ja hankintakustannusten erotukset kasvoivat vähimmäisläpimitan laskiessa ja hakkuukertymän kasvaessa. Tappio oli suurin hakkuupoistumaltaan suurimmalla kunnostushakkuukohteella, kun hakkuu teetettiin vieraalla työvoimalla ja metsänomistaja kuljetti puut itse tien varteen (taulukko 4).

Taulukko 3. Kokopuuhakkeen kustannukset käyttöpaikalla (mk/MWh) korjattaessa pelkästään energiapuuta.

Energiapuun vähimmäis- lpm, cm	Kokopuuhakkeen kustannukset käyttöpaikalla, mk/MWh					
	Hakkuu omana työnä			Hakkuu vieraalla työvoimalla		
	Pienin	Keskim.	Suurin	Pienin	Keskim.	Suurin
	<i>Lähikuljetus metsätraktorilla</i>					
3	79	55	47	98	70	59
4	81	55	47	101	70	58
5	82	55	47	101	69	57
6	93	55	47	119	68	57
7	98	55	45	126	68	55
	<i>Lähikuljetus maataloustraktorilla</i>					
3	83	59	51	103	74	63
4	86	59	51	105	74	62
5	86	59	51	105	74	62
6	97	59	51	123	72	61
7	102	59	50	129	72	60

Kokopuuhakkuun yksikkökustannukset olivat alhaisimmat hakkuukertymältään suurimmalla kohteella, jossa myös hakatut puut olivat järeimpiä. Metsurihakkuun kustannukset olivat metsänomistajan omatoimisen hakkuun kustannuksiin verrattuna lähes kaksinkertaiset (ks. kuva 5). Vähimmäisläpimitan lasku alensi raivauspuuston kaadon hehtaari- ja kuutiometrikohtaisia kustannuksia, sillä energiapuuna korjattavan puuston osuus hakkuupoistumasta kasvoi. Hakkuukertymältään pienimmällä nuoren metsän kunnostuskohteella raivauspuuston

kaadon kustannukset kokopuuuutiometriä kohti olivat enimmäkseen lähes kokopuuuuhakuun kustannusten suuruiset (kuva 5).

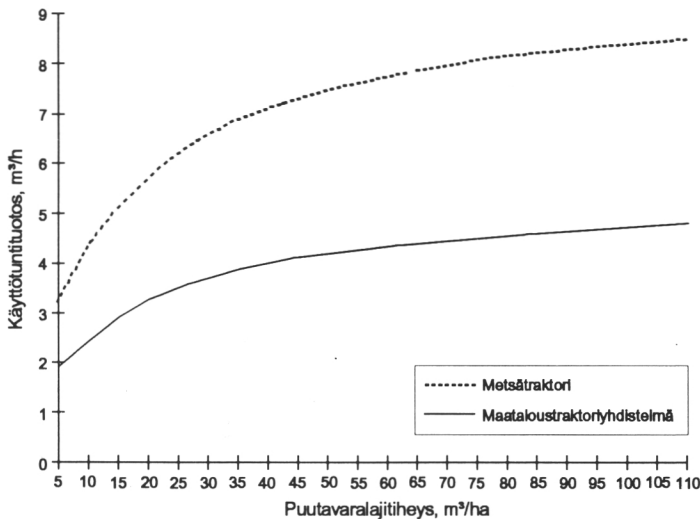


Kuva 5. Energiapuun vähimmäisläpimitan ($d_{1,3}$) vaikutus hakkuukertymältään pienimmän, keskimääräisen ja suurimman kunnostushakkuukohteen energiapuun hankinnan yksikkökustannuksiin. Lähikuljetus tehtiin laskelmissa metsätraktorilla.

Taulukko 4. Energiapuun myyntitulojen ja hankintakustannusten erotukset (mk/ha) laskentavaihtoehtoittain.

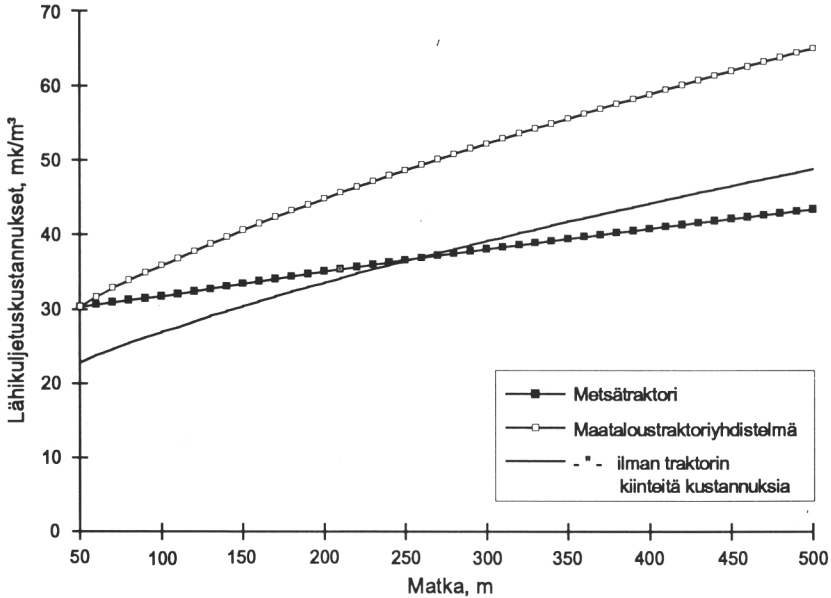
Energiapuun vähimmäis- lpm, cm	Kokopuuhakkeen hankinnan tulos, mk/ha					
	Hakkuu omana työnä			Hakkuu vieraalla työvoimalla		
	Pienin	Keskim.	Suurin	Pienin	Keskim.	Suurin
<i>Lähikuljetus metsätraktorilla</i>						
3	-830	-1000	-530	-1310	-2480	-3250
4	-790	-950	-430	-1210	-2330	-3020
5	-790	-890	-390	-1200	-2130	-2830
6	-920	-800	-340	-1440	-1900	-2630
7	-850	-750	-70	-1280	-1720	-2150
<i>Lähikuljetus maataloustraktorilla</i>						
3	-930	-1440	-1540	-1410	-2920	-4260
4	-880	-1360	-1420	-1300	-2740	-4000
5	-880	-1270	-1350	-1280	-2510	-3800
6	-1000	-1160	-1270	-1510	-2250	-3560
7	-900	-1070	-950	-1340	-2020	-3030

Energiapuun vähimmäisläpimitan ja siitä aiheutuvat puutavaralajitiheyden muutokset eivät vaikuttaneet olennaisesti lähikuljetuskustannuksiin (kuva 5). Metsätraktorilla tehdyn kokopuun lähikuljetuksen kustannukset olivat keskimäärin 36 - 38 mk/m³, kertymältään pienimmällä kohteella jopa 66 mk/m³. Yksikkökustannusten nousu energiapuumäärän pienentyessä oli selvintä hakkuukertymältään pienimmällä kohteella. Kuvassa 6 on esitetty hakkuukertymän vaikutus lähikuljetuksen tuotokseen 250 m:n matkalla, kun lähikuljetuksen puutavaralajitiheys on laskettu 20 m:n ajouravälin mukaan.



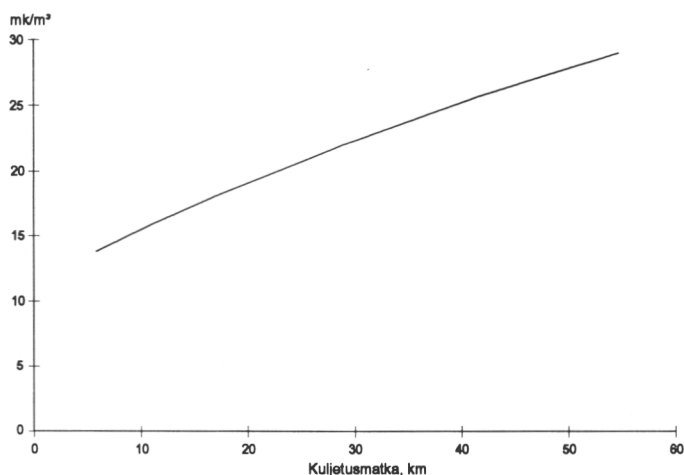
Kuva 6. Hakkuukertymän (puutavaralajitiheyden) vaikutus lehtipuuvaltaisen (63 % tilavuudesta) kokopuun lähikuljetuksen käyttötuntituotokseen 250 m:n kuljetusmatkalla.

Mikäli maataloustraktorin ja metsävarustuksen kiinteät kustannukset otetaan täysimääräisenä huomioon, metsätraktorin käyttö kokopuun lähikuljetuksessa on yksikkökustannuksiltaan selvästi maataloustraktoria edullisempaa (kuva 7). Metsä- ja maataloustraktorien käyttöön perustuvien korjuuketjujen hehtaarikohtaisten tulosten erotus olisi hakkuupoistumaltaan suurimmalla kohteella jopa yli 1000 mk/ha (taulukko 4). Traktorin kiinteiden kustannusten osuus oli noin 25 % maataloustraktorin ja metsävarustuksen yhteisestä tuntikustannuksesta (liite 2). Mikäli yhdistelmän kiinteistä kustannuksista ainoastaan metsävarustuksen osuus otetaan huomioon, maataloustraktori on pienemmästä tuotoksestaan huolimatta metsätraktoriin verrattuna kilpailukykyinen lyhyillä, alle 250 m:n lähikuljetusmatkoilla (kuva 7).



Kuva 7. Kuljetusmatkan vaikutus kokopuun lähikuljetuksen yksikkökustannuksiin hakkuukertymältään keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella, kun lehtipuuvaltainen (63 % tilavuudesta) kokopuukertymä on $41 \text{ m}^3/\text{ha}$ (vähimmäisläpimitta 5 cm) ja ajouraväli 20 m.

Haketuskustannukset olivat kaikissa vaihtoehdoissa likimain samat, noin $26 \text{ mk}/\text{m}^3$, ellei hakkurin siirtokustannuksia oteta huomioon. Hakkurin siirtokustannukset vaihtelivat esimerkiksi laskemissa välillä $1\text{-}11 \text{ mk}/\text{m}^3$. Hakkurin ja metsätraktorin yhteiset siirtokustannukset olivat hakkuukertymästä riippuen $2\text{-}25 \text{ mk}/\text{m}^3$. Hakkeen kuljetus 20 km:n päässä sijaitsevalle lämpölaitokselle maksoi n. $19 \text{ mk}/\text{m}^3$, mutta tällöin ei otettu huomioon mahdollisten vajaa-uormien vaikutusta. Kuvassa 8 on esitetty hakkeen kuljetusmatkan vaikutus kustannuksiin.



Kuva 8. Matkan vaikutus hakkeen kaukokuljetuskustannuksiin (Asikainen ja Kärhä 1994).

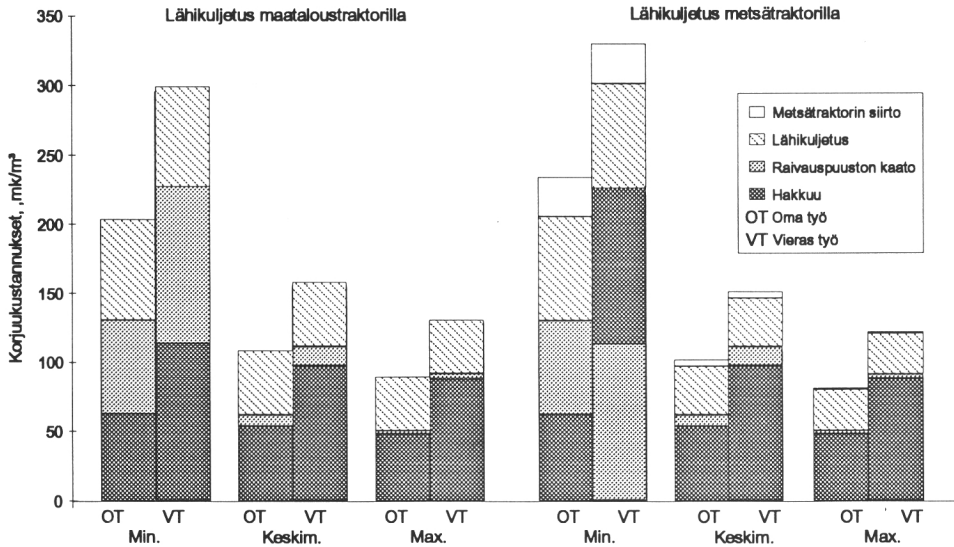
3.3 Ainespuun korjuu

Hakkuukertymältään keskimääräisellä nuoren metsän kunnostuskohteella kuitupuun hankintamyynnin tulot kattoivat korjuukustannukset tehtäessä hakkuu omana työnä (taulukko 5). Tällöin hakkuukertymän puulajisuhteilla painotettu kuitupuun kantohinta oli 38 - 44 mk/m³. Teetettäessä hakkuu vieraalla työvoimalla hehtaarikohtaiset hankintakustannukset ylittivät myyntitulot 120 -270 mk:lla, ja kuitupuun kantohinta jäi 5 - 11 mk/m³ negatiiviseksi. Hakkuukertymältään suurimmalla kohteella kuitupuun hankintamyynnitulot kattoivat kustannukset jopa teetettäessä hakkuu vieraalla työvoimalla. Kuitenkin kuitupuulle jäävä kantohinta oli selvästi pienempi kuin ensiharvennuskuidusta Keski-Pohjanmaalla maksettu pystyhinta. Hakkuukertymältään pienimmällä kohteella kuitupuun korjuun tulos oli tappiollinen myös tehtäessä hakkuu omana työnä. Teetettäessä hakkuu vieraalla työvoimalla kuitupuukuutiometrin korjuu voi olla jopa 185 mk/m³ tappiollista. Kuitupuuta ei kuitenkaan käytännössä korjata tällaisilta kohteilta.

Taulukko 5. Hehtaarikohtaiset hankintamyynnitulojen ja korjuukustannusten erotukset sekä kuitupuulle jäävä kantohinta.

Lähikuljetus	Hakkuukertymä	Hakkuu			
		Oma työ		Vieras työ	
		Tulos, mk/ha	Kantohinta, mk/m ³	Tulos, mk/ha	Kantohinta, mk/m ³
Metsätraktori	Pienin	- 330	- 88	-700	-185
	Keskim.	+ 1030	+ 44	-120	-5
	Suurin	+ 4880	+ 67	+1870	+26
Maatalous-traktori	Pienin	- 220	- 57	-590	-154
	Keskim.	+ 880	+ 38	-270	-11
	Suurin	+ 4300	+ 59	+1290	+18

Kuituosan keskikoko oli hakkuukertymältään keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella 43 dm³. Kuituosan järeys oli suurin (57 dm³) hakkuukertymältään suurimmalla kohteella, jolla myös hakkuun yksikkökustannukset olivat pienimmät (kuva 9). Esimerkkilaskelmissa korjuukustannukset olivat lähes poikkeuksetta suuremmat kuin hakkuukertymän puulajisuhteilla painotetut hankinta- ja pystyhintojen erotukset (hankintalisät, 101-103 mk/m³), joiden tulisi kattaa korjuukustannukset kannattavissa hankintakaupoissa. Kuituosan keskikoko oli ainoastaan 29 dm³ kertymältään pienimmällä kohteella, jolla hakkuukustannuksia lisäsi myös pienestä hakkuukertymästä aiheutunut 11 %:n alitiheyskorotus. Heikoimmalla kohteella oli eniten kaadettavaa raivauspuustoa, ja kuitupuukuutiometrille kohdistetut raivauksen kustannukset ylittivät varsinaiset kuitupuun hakkuukustannukset (ks. kuva 9).

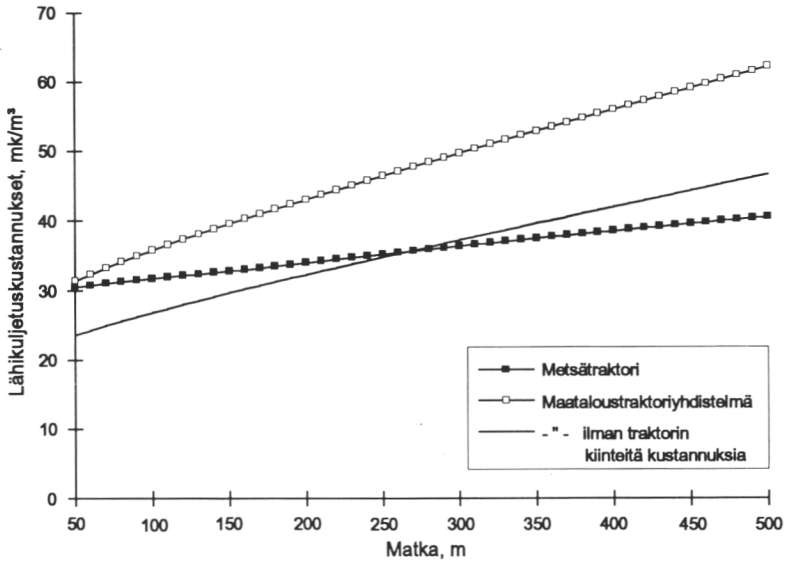


Kuva 9. Kuitupuun korjuun yksikkökustannusten jakaumat hakkuukertymältään pienimmällä, keskimääräisellä ja suurimmalla kunnostushakkuukohteella.

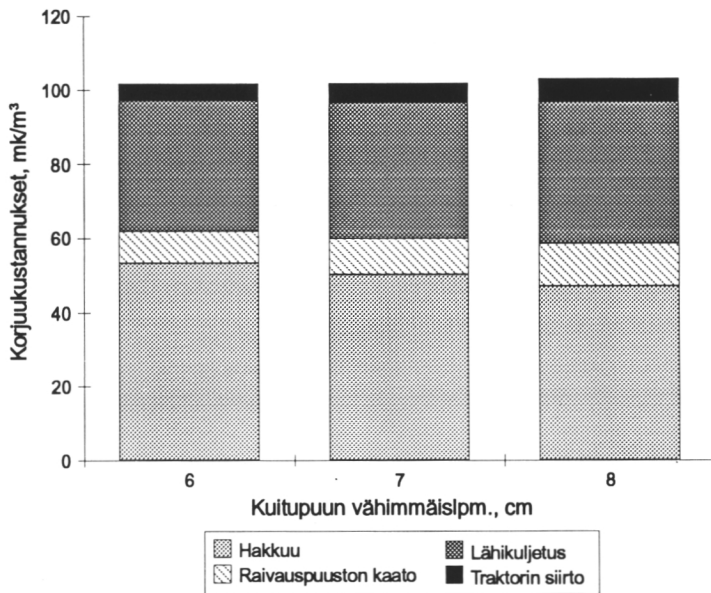
Kun hakkuukertymä oli pieni, kuitupuun korjuukustannukset olivat poikkeuksellisesti pienemmät tehtäessä lähikuljetus maataloustraktorilla kuin metsätraktorilla. Tulos johtuu siitä, että maataloustraktorin siirrosta aiheutuvia kustannuksia ei otettu huomioon laskelmissa. Maataloustraktorin käyttötuntituotos on pienempi kuin metsätraktorin myös kuitupuun kuljetuksessa. Kuten kokopuun lähikuljetuksessakin, kilpailukyky metsätraktoriin verrattuna heikkenee lähikuljetusmatkan pidentyessä. Mikäli maataloustraktoriyhdistelmän tuntikustannukseen ei lasketa traktorin pääomakustannuksia, maataloustraktori on kuitenkin hiukan edullisempi kuitupuun lähikuljetuksessa lyhyillä matkoilla (kuva 10).

Vertailulaskelmissa kuitupölkyn vähimmäisläpimittana oli 6 cm, jolloin kuituosan keskijäreys oli 43 dm³. Kuitupuuta kertyi oli 23,1 m³/ha, josta oli 64 % koivua ja loput pääasiassa mäntyä. Läpimitan nousu 7 cm:iin pienentäisi kertymää keskimäärin 3,0 m³/ha (0,2-7,3 m³/ha, sd 1,7 m³/ha) ja nostaisi kuituosan keskijäreuden 50 dm³:iin. Edelleen vähimmäisläpimitan nousu 7 cm:stä 8 cm:iin pienentäisi kuitupuukertymää 3,1 m³/ha (0-6,7 m³/ha, sd 1,9) ja nos-

taisi kuituosan keskijäreiden 60 dm³:iin. Lämpimitan muutokset eivät vaikuttaisi olennaisesti kuitupuun korjuukustannuksiin (kuva 11).



Kuva 10. Matkan vaikutus kuitupuun lähikuljetuskustannuksiin kertymältään keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella



Kuva 11. Kuitupuun vähimmäislämpimitan vaikutus korjuukustannuksiin hakkuukertymältään keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella. Laskelmissa metsänomistaja teki itse hakkuun ja lähikuljetus teetettiin metsäkoneurakoitsijalla.

3.4 Yhdistetty aines- ja energiapuun korjuu

Korjattaessa yhtä aikaa kuitu- ja energiapuuta kokopuukertymät jäivät kaikissa vaihtoehdoissa erittäin pieniksi (taulukko 1). Mikäli kaikki ainespuun mitat alittavat, rinnankorkeudelta vähintään 3 cm:n puut korjattaisiin kokopuuna, energiapuukertymä olisi keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella ainoastaan 13 m³/ha, pienimmällä 3 m³/ha ja suurimmalla 14 m³/ha. Energiapuun vähimmäisläpimitan noustessa hakkuukertymät pienentyvät edelleen, joten tehokkaalle energiapuun korjuulle ei ole edellytyksiä.

Hehtaarikohtaiset kuitu- ja energiapuun hankinnan kustannukset ylittivät lähes kaikissa vaihtoehdoissa myyntitulot, kun hakkuu teetettiin vieraalla työvoimalla (taulukko 6). Tehtäessä hakkuu omana työnä myyntitulot riittivät yleensä kattamaan hankinnan kustannukset lukuun ottamatta hakkuukertymältään pienimpiä kunnostushakkuukohteita. Yleensä hehtaarikohtainen tulos parani korjattavan energiapuun määrän pienentyessä.

Taulukko 6. Hehtaarikohtaiset kuitupuun ja hakkeen myyntitulojen ja hankintakustannusten erotukset korjuuketjuittain.

Energiapuun vähimmäis- lpm, cm	Yhdistetyn aines- ja energiapuun hankinnan tulos, mk/ha					
	Hakkuu omana työnä			Hakkuu vieraalla työvoimalla		
	Pienin	Keskim.	Suurin	Pienin	Keskim.	Suurin
	<i>Lähikuljetus metsätraktorilla</i>					
3	-520	270	4060	-1070	-1470	350
4	-460	360	4200	-950	-1270	640
5	-450	470	4310	-930	-1030	890
6	-400	560	4400	-830	-800	1130
7	-580	670	4550	-1000	-540	1490
	<i>Lähikuljetus maataloustraktorilla</i>					
3	-580	-120	3230	-1130	-1850	-490
4	-500	0	3390	-990	-1630	-170
5	-490	150	3530	-970	-1350	110
6	-420	270	3670	-860	-1090	390
7	-550	430	3890	-960	-780	830

Kun raivauspuuston kaadon ja metsätraktorin siirron kustannukset kohdistettiin korjattua kuutiometriä kohti yhtä suurina kuitu- ja energiapuulle, kuitupuun korjuun yksikkökustannukset laskivat hieman ja vastaavasti kuitupuulle jäävä kantohinta nousi verrattuna vaihtoehtoon, jossa korjattiin ainoastaan kuitupuuta. Kokopuuhakkeen yksikkökustannukset käyttöpaikalla nousivat selvästi kertymän pienentyessä. Esimerkiksi tehtäessä hakkuu vieraalla työvoimalla ja lähikuljetus metsätraktorilla, hakkuukertymältään keskimääräiseltä kunnostushakkuukohteelta korjatun kokopuuhakkeen hinta käyttöpaikalla nousi 101 mk/MWh:sta 175 mk/MWh:aan (220 - 345 mk/m³), kun energiapuun vähimmäisläpimita nousi 3 cm:stä 7 cm:iin (taulukko 7). Yksikkökustannukset kasvoivat pääasiassa lähes kolminkertaistuneiden lähikuljetuskustannusten ja yli viisinkertaistuneiden koneiden siirtokustannusten vuoksi. Kokopuuhakkuun yksikkökustannukset olivat kertymältään keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella samoilla vähimmäisläpimitoilla 65 - 75 % suuremmat korjattaessa aines- ja

energiapuuta yhdessä kuin korjattaessa pelkästään energiapuuta, sillä puusto oli pienempää. Myös kuitupuun korjuun yksikkökustannukset nousivat energiapuun vähimmäisläpimitan noustessa, kun raivauspuuston määrä kasvoi ja traktorin siirtokustannukset kohdistuivat pienemmälle puumäärälle.

Taulukko 7. Kuitupuun kantohinta ja kokopuuhakkeen kustannukset käyttöpaikalla, kun kunnostushakkuukohteelta korjataan sekä aines- että energiapuuta. Laskelmissa lähikuljetus tehtiin metsätraktorilla.

Energiapuun vähimmäis- lpm, cm	Hakkuu omana työnä			Hakkuu vieraalla työvoimalla		
	Pienin	Keskim.	Suurin	Pienin	Keskim.	Suurin
	<i>Hakkuukertymän koko</i>					
	<i>Kuitupuun kantohinta, mk/m³</i>					
3	3	52	68	-53	6	28
4	-3	50	68	-62	3	28
5	-3	48	68	-63	1	27
6	-6	47	67	-67	-2	26
7	-44	45	67	-122	-4	26
	<i>Kokopuuhakkeen kustannukset käyttöpaikalla, mk/MWh</i>					
3	125	78	74	156	161	98
4	159	79	73	192	103	94
5	170	84	75	204	108	96
6	217	95	84	247	119	105
7	199	151	191	231	175	215

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Tulosten yleistettävyys

Kannattavuuslaskelmissa mukana olleiden metsikkökuvioiden (41 kpl) pinta-ala oli 2,6 % kaikista vuonna 1993 alueella kunnostetuista nuorista metsistä (yht. 2796 ha). Inventoidut alueet edustavat hyvin Keski-Pohjanmaan ojitusaluemetsiä, sillä kasvupaikkatyyppien jakautuma vastasi Keltikankaan ym. (1986) valtakunnallisessa ojitusalueinventoinnissa saamaa tulosta (Jylhä 1995). Kannattavuuslaskelmat perustuvat metsänparannustyönä hyväksyttävästi toteutettujen kunnostushakkuiden hakkuupoistumaan. Hakkuupoistuman vaihteluväli oli suuri, minkä vuoksi tuloksia voidaan soveltaa laajemminkin ojitusalueiden kunnostushakkuukohteille.

Inventoidut kohteet olivat luontaisesti syntyneitä nuoria ojitusaluemetsiä, joille on tyypillistä pieniin läpimittaluokkiin painottunut runkolukusarja. Kangasmaiden metsiin verrattuna ojitusalueilla esiintyy runsaammin pieniläpimittaista koivua ja puustot ovat yleensä epätasaisempia. Syitä tähän ovat puiden ryhmittäinen sijoittuminen ja aukkopaikkojen runsaus sekä puiden iän suuri vaihtelu luonnontilaisella suolla (Hökkä ja Laine 1988). Puusto vaihtelee lisäksi ojien reunan ja keskisaran välillä (Pohjola 1983). Ojitusalueiden kunnostushakkuiden kannattavuuslaskelmia ei siten voida suoraan soveltaa hakkuupoistuman keskitunnusten perusteella vastaaviin kivennäismaiden metsiin, ellei poistuman rakennetta tunneta.

4.2 Menetelmävaihtoehtojen valinta

Mahdollisia puunhankinnan työmenetelmiä, oloja ja niiden yhdistelmiä on runsaasti, joten tutkimusasetelmaa jouduttiin yksinkertaistamaan. Koneelliset pienpuun hakkuumenetelmät eivät ole vielä kustannuksiltaan kilpailukykyisiä miestyönä tehdyn hakkuun kanssa (Hakkila 1992, Keskimölä 1994, Nousiainen ym. 1993, Paajala ja Kiukaanniemi 1994, Perälä 1994). Uudet koneelliset korjuumenetelmät eivät myöskään ole vakiintuneet laajamittaiseen käyttöön. Sen vuoksi tutkittavaksi valittiin kunnostushakkuukohteille sopivaksi katsottuja manuaaliseen hakkuuseen perustuvia korjuuketjuja. Tulevaisuudessa esimerkiksi integroitui aines- ja energiapuun korjuu voi olla osaratkaisu pienpuuongelmaan (ks. esim. Hakkila ja Kalaja 1993, Korpilahti 1994, Mielikäinen ym. 1995).

Energiapuun hankinnan kannattavuuslaskelmat rajoitettiin koskemaan hakkeen myyntiä tilan ulkopuolelle. Systemaattisesti tehtyjen laskelmien joukossa on vaihtoehtoja, jotka eivät käytännössä ole järkeviä toteuttaa. Esimerkiksi puunkorjuu hakkuukertymältään erittäin pienellä kohteella ei yleensä tule kysymykseen. Puunkorjuukustannusten ja myyntitulojen vaihteluväli ei välttämättä osunut aina hakkuukertymältään pienimmän ja suurimman kohteen välille, sillä kertymien rakenne voi vaihdella metsiköittäin. Tuloksia tarkasteltaessa on otettava huomioon myös muut laskelmissa tehdyt oletukset.

Kokopuukorjuun pitkäaikaisista ravinnevaikutuksista turvemaileda tiedetään toistaiseksi hyvin vähän. Ravinnetappioiden vuoksi hakkuupoistuman koko biomassan talteenotto ei ole suositeltavaa ainakaan karuimmilla kasvupaikoilla. Kivennäismailla tehdyn tutkimuksen perusteella kokopuukorjuu ei hakkuuta seuranneen 10-vuotiskauden aikana vaikuttanut kovin merkittävästi jäävän puuston kasvuun (Hakkila 1994).

4.3 Hakkuupoistuman arvioinnin luotettavuus

Kantomittauksia pidetään varsin luotettavana tapana arvioida hakkuupoistuman runkotilavuus (Nyyssönen 1955, Rantonen ja Päivänen 1989). Kuitenkin alaharvennuksen tyyppisessä hakkuussa jäävien puiden runkomuoto on yleensä parempi kuin poistettujen puiden. Tällöin hakkuupoistumasta saataneen lievä yliarvio, kun poistuma arvioidaan kannoista. (Rantonen ja Päivänen 1989).

Kokopuukertymien laskennassa hankinnan eri vaiheiden yhteiseksi hävikiksi oletettiin viherainetta ja kuolleita oksia vastaava osuus latvusmassan tilavuudesta. Näin ollen esimerkiksi männyllä oletettiin saatavaksi talteen keskimäärin 53 % laskennallisesta kokonaislatvusmassasta. Kuitenkin Hakkilan (1992) mukaan ainakin kaksi kolmasosaa latvusmassasta on otettavissa talteen.

Kuiturunkojen latvusten korjuusta ei ole kustannuslaskentaan soveltuvaa tutkimustietoa, min-kä vuoksi latvukset eivät sisälly hakkuukertymiin kuitu- ja energiapuun korjuuta käsittävissä vaihtoehdoissa. Lisäksi latvakappaleen kokonaistilavuuden määrittäminen on epävarmaa. Metsään jäävien kuiturunkojen latvusten runkohukkapuun määrän voi arvioida ainespuukertymän avulla. Latvahukkapuun osuus ainespuutilavuudesta oli männyllä keskimäärin 17 % ja koivul-

la 13 %. Latvakappaleeseen jäävän latvusmassan määrä voidaan arvioida Hakkilan (1991) tutkimuksen perusteella.

4.4 Konekustannusten laskenta

Lähikuljetustuotosten laskennassa käytetyt mallit on laadittu eri aikoina ja ne ovat rakenteeltaan erilaisia. Maataloustraktorin lähikuljetusmallit on laskettu vuonna 1983 täysiaikaisten urakoitsijoiden käytössä olleille pienille yhdistelmille (Mikkonen 1984, Rummukainen 1993). Lähikuljetuksen tuotos on parantunut kaluston kehittymisen myötä. Kuitenkin laskennassa käytetty malli katsottiin edelleen käyttökelpoiseksi, sillä osa-aikaisen hankintahakkaajan taidot eivät vastaa ammattikuljettajan taitoja (Rummukainen ym. 1993). Erityisesti maataloustraktorilla tehtävän kokopuun lähikuljetustuotoksen arviointi on epävarmaa, koska käytettävissä ei ollut sopivia tuotostutkimuksia.

Kaikki lähikuljetusmallit voivat antaa virheellisiä tuloksia etenkin puutavaralajitiheydeltään äärimmäisen pienillä kohteilla, sillä mallit laaditaan yleensä käytännön työmaiden puutavaralajitiheyden vaihteluvälille. Lähikuljetuksen kustannukset olisivat olleet hieman alhaisemmat, mikäli laskelmissa olisi käytetty suurempaa ajouraväliä kuin 20 m. Ojatiheydestä (m/ha) johdetun sarkaleveyden vuoksi päädyttiin suositeltua tiheimmän ajouraverkoston käyttöön. Lisäksi on huomattava, että laskelmissa lähikuljetuksen työvaikeus oletettiin normaaliksi. Esimerkiksi paksu lumi heikentää selvästi maataloustraktorin tuotosta metsätraktoriin verrattuna (Mikkonen 1984).

Työkoneiden kiinteiden kustannusten laskentaperusteilla, erityisesti käyttötuntien määrällä, voidaan vaikuttaa olennaisesti tuntikustannuksiin. Myös maataloustraktorin pääomakustannusten jakamistapa voi vaikuttaa lähikuljetusvaihtoehtojen keskinäiseen edullisuuteen. Valtakunnallisia metsäkoneurakoinnin hintasopimuksia ei ole tehty enää muutamaan vuoteen, minkä vuoksi lähikuljetuksesta käytännössä maksettavat korvaukset voivat poiketa tässä tutkimuksessa esitetyistä (ks. Saksa 1994, Solmio 1994).

Välivarastohaketuksessa voidaan käyttää kustannuksiltaan ja tuotokseltaan hyvin eritasoista kalustoa, joten kustannusten laskennassa käytetyt, jo vanhentuneeseen maksutaulukkoon pohjautuvat haketusmaksut eivät välttämättä aina vastaa todellista kustannustasoa.

4.5 Kunnostushakkuuleimikoiden markkinakelpoisuus

Metsäteollisuus ei viime vuosina ole pystynyt hyödyntämään kaikkea tarjolla olevaa puuraaka-ainetta, minkä vuoksi erityisesti ensiharvennukset ovat jääneet tavoitteesta. Ensiharvennuspuun markkinakelpoisuutta ovat heikentäneet kiristyneet mitta- ja laatuvaatimukset, ensiharvennusleimikoiden heikot korjuutekniset ominaisuudet sekä puun kysynnän ylittänyt tuotanto (Hakkila 1992). Ongelmallisimpia ovat hoitamattomat nuoret metsät, joiden puunkorjuun yksikkökustannukset ovat pienten kertymien vuoksi keskimääräistä suuremmat (Kaivola 1993). Myös hakkuuta haittaavan pienpuuston raivaus nostaa hakkuun yksikkökustannuksia nuoren metsän kunnostuskohteilla. Esimerkiksi hakkuukertymältään keskimääräisessä

leimikossa raivauspuuston kaadon osuus kuitupuun korjuukustannuksista oli noin kymmenesosa. Koneellisen hakkuun yhteydessä tehdyllä manuaalisella alikasvoksen poistolla voidaan usein alentaa harvennushakkuun kokonaiskustannuksia (Rajamäki ym. 1994). Metsurityönä tehtävällä pienpuuston hakkuulla voitaneen myös laajentaa tavanomaisten hakkuukoneiden käyttöaluetta. Metsänhoidollisesti raivauspuuston kaato voi olla turhaa, sillä pienet puut eivät aina haittaa kasvatettavan puuston kehitystä (Jylhä 1995). Liian tehokas alikasvosten poistaminen heikentää myös riistan elinmahdollisuuksia (Kangas ja Karsikko 1993).

Nuoren metsän kunnostuksen rahoitusehtojen mukaan metsänparannusvaroilla tuettavan kunnostushakkuukohteen tulee olla pystyleimikkona markkinakelvoton (Nuoren metsän...1993). Kohteiden markkinakelpoisuutta arvioitiin tarkastelemalla korjuuketjua, jossa kuitupuun hakkuu teetetään vieraalla työvoimalla ja lähikuljetus metsäkoneurakoitsijalla. Markkinakelpoisuutta olisi voitu arvioida vertaamalla tienvarsikustannuksia ensiharvennuskuidun puustamaksukykyyn. Puustamaksukyky on kuitenkin huono mittari markkinakelpoisuuden arvioinnissa, sillä kaikki toimintaylijäämä kohdistetaan raaka-aineelle (Harvennushakkuiden... 1992). Lisäksi markkamääräisen puustamaksukyvyn johtaminen on ongelmallista, joten tienvarsikustannusta verrataan ensiharvennuspuun hankintahintaan, jonka oletetaan vastaavan ensiharvennuskuidun todellista puustamaksukykyä tien varressa.

Hakkuukertymältään suurimmalla kohteella hankintamyyntitulojen ja korjuukustannusten erotus (26 mk/m^3) jäi tavanomaisen ensiharvennuspuun kantohinnan alle. Kuitupuukuutiometrin hankinta johti keskimääräisellä kohteella 5 mk:n tappioon, kertymältään pienimmällä kohteella 185 mk:n menetykseen. Laskelmista puuttuvien puunhankinnan yleiskustannusten vuoksi kuitupuulle jäävät kantohinnat ovat todellisuutta suurempia. Puunkorjuun suunnittelun, työnjohdon ja mittauksen kustannukset ensiharvennuksilla olivat vuonna 1993 $n. 15 \text{ mk/m}^3$ (Lindroos ym. 1993). Puunhankinnan kustannuksiin sisältyy myös erilaisia organisaation rakenteesta riippuvia kiinteitä kustannuksia. Näin ollen kunnostushakkuukohteet eivät ole metsäteollisuudelle kannattavia puunkorjuukohteita, mikäli raaka-ainetta on saatavissa riittävästi korjuukustannuksiltaan edullisemmista leimikoista.

Tässä tutkimuksessa kuiturunkojen kuvioittainen keskiläpimitta oli noin 10 cm , mikä on pienempi kuin Mielikäisen (1992) kannattavalle korjuulle asettama alaraja. Kaivolan (1993) mukaan kunnostushakkuukohteilta korjattu puutavara on teollisuuden jalostusprosesseille liian pienikokoista. Kuitenkin Hakkila (1995) on todennut, että pieniläpimittaisen männyn kuituominaisuudet eivät olennaisesti heikkene, vaikka vähimmäisläpimitta laskettaisiin 5 cm:iin . Pieniläpimittaisen puun kuorintahävikki voi kuitenkin kasvaa suureksi, ellei ensiharvennuspuuta käsitellä muusta kuitupuusta erillään. Hakkilan (1995) mukaan hakkuun yksikkökustannus ei kasva läpimitan pienentyessä, sillä korjuun yleiskustannukset ja kuljetuskustannukset alenevat, kun leimikkokohtainen kertymä kasvaa. Imponen (1994) on päättänyt koneellisen tavaralajihakkuun kustannuksia käsittelevässä tutkimuksessaan samansuuntaiseen tulokseen. Tässäkään tutkimuksessa kuitupuun vähimmäisläpimitalla ei ollut olennaista vaikutusta korjuun yksikkökustannuksiin. Kuitupuun vähimmäisläpimitan vaikutus hakkuukertymään oli pienempi kuin Hakkilan (1995) tutkimuksessa, sillä rungot apteerattiin aina lyhyeksi kuitupuuksi ($n. 3 \text{ m}$). Sen vuoksi kaikkea ainespuun vähimmäisläpimitan täyttävää puuta ei pystytty hyödyntämään.

Ainespuun korjuussa olisi mahdollista käyttää tavaralajimenetelmän asemesta edullisempaa osapuumenetelmää. Kunnostushakkuukohteilta korjattavan puutavaran kustannuksia voitaisiin alentaa myös suurentamalla leimikoiden kokoa tai työmaiden keskityksillä. Tällöin koneiden siirtojen ja yleiskustannusten osuus korjuun yksikkökustannuksista laskisi. Korjuupinta-alojen suurentamisen lisäksi leimikon kokoon voidaan jossain määrin vaikuttaa tekemällä voimakkaampia harvennuksia. Inventoiduilla nuoren metsän kunnostuskohteilla lähtöpuuston tilavuudesta hakattiin keskimäärin 31 %, voimakkaimmin käsitellyillä kohteilla jopa yli 60 % (Jylhä 1995). Kasvutappiovaaran vuoksi hakkuupoistumaa ei ole syytä lisätä, etenkin kun metsäojat olivat tutkituilla alueilla heikkokuntoisia. Ilman kunnostusojitusta pohjaveden pinta voi nousta haitallisen korkeaksi, kun haihduttavaa puustoa poistetaan (Heikurainen 1980, Päivänen 1982). Ojien perkauksen tai täydennysojituksen yhdistämisellä kunnostushakkuusiin voitaneen parantaa puunkorjuun kannattavuutta, sillä hakkuukertymä kasvaa ojalinjosten hakkaamisen ansiosta.

4.6 Energiapuun hankinta kunnostushakkuukohteilta

Pienpuusta valmistetun polttohakkeen hankintakustannusten vaihteluväli on laaja. Kustannuksiin vaikuttavat leimikkotekijät, hakkuumenetelmä, työntekijöiden ammattitaito, koneiden käyttöaste, kuljetusetäisyydet, polttopuun kantohinnat, hankitun polttohakkeen määrä ja sen jakautuminen toimitusvuoden kalenterikuukausille, hankintaorganisaation tehokkuus sekä tuotetun polttohakkeen lämpöarvo, kosteus ja muut laatuominaisuudet (Hakkila 1992). Kuitenkin niissä rajoissa, joissa polttopuun kosteus käytännössä vaihtelee, kosteuden vaikutus puun teholliseen lämpöarvoon on pienehkö (Hakkila 1978). Korjuuteknisistä syistä kokopuu-hakkuu tulisi keskittää kesäaikaan, jolloin myös kuivuminen on tehokkainta. Toisaalta lähikuljetus olisi puusto- ja maaperävaurioiden vuoksi tehtävä jäisen maan aikana heikosti kantavilla turvemaidella.

Energiapuu korjattiin laskelmissa kokopuumenetelmällä, vaikka osa aluelämpölaitosten käytästä hakkeesta tehdään yhä karsitusta rangasta (Solmio 1994). Jos polttoaineen syötön helpottamiseksi on kokopuuhakkeen sijasta tehtävä palakokojakaumaltaan tasaisempaa rankahaketta ja puut on sen vuoksi karsittava ja katkottava, rankahakkeen kustannukset käyttöpaikalla ovat noin kymmeneksen kokopuuhaketta suuremmat (Immonen ja Seppälä 1984, Hakkila 1985, Hakkila 1992, Nousiainen ym. 1993). Jos energiapuu olisi korjattu keskimääräiseltä kunnostushakkuukohteelta karsittuna rankana, kertymä olisi ollut noin 10 m³/ha pienempi kuin korjattaessa kaikki vähintään 3 cm:n puut kokopuuna.

Korjattaessa ainoastaan energiapuuta vähimmäisläpimitta ei yleensä vaikuttanut työehtosopimusten mukaisesti yksikkökustannuksiin. Poistetut puut olivat niin pieniä, että läpimitan muutokset eivät vaikuttaneet olennaisesti myöskään hakkuukertymiin. Hakkuun yksikkökustannukset laskivat lievästi vähimmäisläpimitan noustessa ja hakkuukertymän pienentyessä, mutta samalla raivauspuuston kaadon ja koneiden siirron kustannukset kasvoivat. Myös lähikuljetuskustannukset nousivat hieman puutavaralajitiheyden laskun vuoksi. Keskimönlön (1994) tutkimuksessa energiapuun hakkuukustannukset lisääntyivät pienissä läpimittaluokissa selvästi rinnankorkeusläpimitan laskiessa. Olisikin syytä tarkistaa, vastaako työehtosopimuksen mukainen hakattujen puiden keskiläpimitan ja tilavuusperusteisen tiheysluokituksen

käyttö todellista hakkuun työvaikeutta puustoltaan epätasaisissa leimikoissa. Lisäksi kokopuu-hakkuun perustaksa sisältää korvauksen puiden katkaisusta ja latvaosien siirtämisestä (Metsä-palkkarakenteen... 1993), jotka ovat yleensä tarpeettomia työvaiheita pieniläpimittaisen energiapuun korjuussa. Lähinnä teollisuuspuun hakkuutaksojen laskentaan kehitettyä menetelmää pitäisikin kehittää paremmin energiapuun hankintaan soveltuvaksi.

Hakkeesta saatava hinta kattoi melkein kaikki hankintakustannukset vain silloin, kun energiapuun korjattiin hakkuukertymältään suurimmalta kunnostushakkuukohteelta ja metsänomistaja teki hakkuun itse. Tällöin energiapuun arvonlisäverottomat kustannukset käyttöpaikalla olivat 45-51 mk/MWh. Hakkuukertymältään keskimääräiseltä kohteelta korjatun energiapuun kustannukset käyttöpaikalla olivat vieraalla työvoimalla tehdyssä hakkuussa 68-74 mk/MWh. Kustannuksiin olisi vielä lisättävä erilaisia yleiskustannuksia, joiden suuruus riippuu polttoaineen hankinnan järjestelyistä. Hakkilan (1992) mukaan korko-, työnjohto- ja yleiskulujen osuus on n. 14 % hakkeen kantohinnattomasta kustannuksesta käyttöpaikalla. Työtehoseuran kyselytutkimuksen mukaan jopa kolmasosa hakekuution hankintakustannuksista voi aiheutua korkotappioista, varastohävikistä, teiden, varasto- ja haketusalueiden kunnostuksesta sekä hallintokuluista (Solmio 1994). Todennäköisesti em. kustannusten suhteellinen osuus jäisi pienemmäksi tässä tutkimuksessa käytetyillä laskentaperusteilla, sillä Solmion (1994) selvityksessä esitetyt lähikuljetus- ja haketus-kustannukset olivat huomattavan alhaiset.

Laskentavaihtoehtoissa ei päästy lähellekään energiapuulle käyttöpaikalla asetettua enimmäishintaa (45 mk/MWh) lukuun ottamatta joitakin metsänomistajan omatoimiseen hakkuuseen perustuvia vaihtoehtoja. Yhdistetyssä energia- ja ainespuun korjuussa energiapuun kustannukset olivat pienten kertymien vuoksi huomattavasti suuremmat kuin korjattaessa pelkästään energiapuuta.

Laskelmien perusteella kunnostushakkuukohteilta korjatusta energiapuusta ei ole vara maksaa kantohintaa, mikäli puuenergian hinta pyritään saamaan kilpailukykyiseksi muihin kiinteisiin polttoaineisiin verrattuna. Vaikka energiapuun hankinnan metsänhoidolliset hyödyt on tiedostettu, alhaista kantohintaa pidetään yhtenä esteenä energiapuun myymiselle (Kiukaanniemi ja Karjalainen 1993).

4.7 Vaihtoehtojen keskinäinen edullisuus

Kuitupuun korjuu osoittautui huomattavasti energiapuun korjuuta kannattavammaksi vaihtoehdoksi, mikäli kuitupuulle on menekkiä. Energiapuun kustannukset käyttöpaikalla ylittivät yleensä selvästi puuenergeialle asetetun enimmäishinnan (45 mk/MWh). Ensiharvennusmetristä korjattavan energiapuun heikon kilpailukyvyyn teollisuuspuuhun verrattuna ovat aikaisemmin todenneet Parikka ja Vikinge (1994) sekä Mielikäinen ym. (1995). Ellei kunnostushakkuukohteilta korjatulle hankintapuulle ole menekkiä tai energiapuun korjuuta ei tueta, on yleensä edullisempaa kaataa koko poistuma raivauspuustona maahan kuin korjata energiapuuta. Raivausta suunniteltaessa on kuitenkin otettava huomioon hyönteistuhojen mahdollisuus (ks. Mälkönen ym. 1985, Kukkonen 1991). Hakkuukertymältään suurimmilla kohteilla energiapuun korjuu voi olla hieman kannattavampi ratkaisu kuin raivaaminen, mikäli hakkuu tehdään omana työnä. Energiapuun hankinnan kannattavuus kuitupuun korjuun yhtey-

dessä on heikko, sillä puuenergian yksikkökustannukset nousevat suuriksi pienten kertymien vuoksi.

5. JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Kunnostushakkuiden aluetaloudelliset vaikutukset

Kokopuuhakkeen kustannukset käyttöpaikalla olivat yleensä selvästi/ suuremmat kuin hakkeelle asetettu enimmäishinta, joka määräytyi kilpailevan polttoaineen, turpeen, hintatason perusteella. Energiapuun hankinta kunnostushakkuukohteilta ei siten ole liiketaloudellisesti perusteltua. Kunnostushakkuiden vaikutuksia puuntuotukseen ei tunneta, joten kunnostushakkuiden yksityistaloudellista kannattavuutta pitemmällä aikavälillä ei voitu arvioida. Kuitenkin harvennushakkuiden on todettu lisäävän metsästä tulevaisuudessa saatavia nettotuloja (Harvennushakkuiden... 1992). Mielikäisen ym. (1995) mukaan vain pieni osa Keski-Pohjanmaan energiapuun korjuumahdollisuuksista voidaan hyödyntää nykyisessä tilanteessa, jolloin energiapuun puustamaksukyky ei riitä kilpailemaan teollisuuspuun kanssa. Energiapuun korjuulla ei siten voida vaikuttaa metsien metsänhoidolliseen tilaan ja metsien tulevaan kehitykseen ennen kuin energiapuun erilliskorjuu tulee kannattavaksi (Mielikäinen ym. 1995).

Korkeiden hankintakustannusten lisäksi puuenergian kilpailukykyä tuontipolttaineisiin verrattuna heikentää kiinteitä polttoaineita käyttävien laitosten suuret investointi- ja käyttökustannukset. Investointikustannukset ovat viisinkertaiset ja käyttöhenkilöstökustannukset noin nelinkertaiset öljylaitokseen verrattuna (Luoma 1992). Polttopuun käyttöä voidaan metsänhoidollisten syiden lisäksi perustella mm. kunnallis-, valtion- ja kansantaloudellisilla eduilla (Toropainen 1984). Korvaamalla fossiilisia polttoaineita puulla voidaan myös vähentää hiilidioksidipäästöjä (Kanninen 1992). Heikon kilpailukyvyn takia energiapuun käytön lisääminen edellyttää puuenergian tukemista. Metsänparannustuen lisäksi kysymykseen voitulla nykyistä enemmän puuta suosiva haittaverotus tai puuta polttoaineenaan käyttävien laitosten suora tukeminen.

Ensiharvennusemetsien suhteellinen osuus metsämaan pinta-alasta on Keski-Pohjanmaalla suurin koko maassa (Harvennushakkuiden... 1992). Metsälautakunnan arvion mukaan lähi-vuosien kunnostushakkuutarve alueella on noin 5000 ha/v. Mikäli koko pinta-ala pystyttäisiin korjaamaan energiapuuna keskimääräistä ojitusalueen kunnostushakkuukohdetta vastaavista oloista, vuosittaiselta kunnostushakkuupinta-alalta korjattava kokopuumäärä olisi n. 230 000 m³. Hakkilan (1992) esittämien keskimääräisten pienpuuleimikoiden työmenekkilukujen perusteella hakkeen hankinnan välitön työllistävä vaikutus olisi tällöin noin 190 henkilötyövuotta käytettäessä hakkuussa ammattimetsureita ja muissa hankinnan vaiheissa urakoitsijoita. Hankinnan arvonlisäverottomat vuotuiset kustannukset olisivat ilman työnjoh-to- ym. yleiskustannuksia 35 milj. mk, josta lähes 40 % on työntekijöiden saamia veronalaisia palkkatuloja. Muita suorita veronalaisia tuloja ovat yrittäjätulot. Lisäksi energiapuun hankinta luo välillisiä työpaikkoja. Tehtaessa hakkuu omana tai metsurityönä ja lähikuljetus metsätraktorilla energiapuun hankinnan tappio oli hakkuukertymältään keskimääräisellä kunnostushakkuukohteella 1000-2480 mk/ha. Vuosittain tarvittava energiapuun hankinnan rahal-

linen tuki olisi siten 5-12 milj. mk, josta osa palautuisi yhteiskunnalle verotuloina. Lisäksi työttömyydestä aiheutuvat kustannukset vähenisivät. On kuitenkin huomattava, että energiapuun hankinnan työllisyysvaikutusten arviointi perustuu keskimääräisiin työmenekkilukuihin, jotka eivät välttämättä vastaa kunnostushakkuuleimikoiden olosuhteita.

Keski-Pohjanmaan metsälautakunnan alueella toimi vuonna 1992 kahdeksan Lämpölaitosyhdistys ry:n ja Suomen kunnallisliiton kyselyihin vastannutta alue- tai kaukolämpölaitosta, jotka käyttivät puuta, turvetta tai molempia polttoaineita. Laitosten käyttämä vuotuinen polttoainemäärä oli keskimäärin 26400 MWh, josta puun osuus oli ainoastaan 15 % (Lämpölaitosyhdistys 1993, Suomen kunnallisliitto 1993). Mikäli kotimaisia kiinteitä polttoaineita käyttävät laitokset tuottaisivat kaiken myymänsä lämmön kokopuuhaikkeella, 230 000 m³ riittäisi lähes 20 pienen laitoksen tarpeisiin.

Laajamittainen energiapuun korjuu koko kunnostushakkuupinta-alalta ei kuitenkaan ole käytännössä mahdollista, sillä osa puusta ohjautuu kotitarvekäyttöön, eikä energiapuun korjuu aina tule kysymykseen mm. leimikon sijainnin ja korjuuteknisten ominaisuuksien vuoksi. Lisäksi puu oli pääasiallinen polttoaine ainoastaan yhdessä kyselyihin vastanneista keskipohjalaisista lämpölaitoksista. Laitokset käyttävät puun ohella muita polttoaineita lämmönkulutuksen ja polttoaineen toimitusten mukaan, joten aluetaloudelliset vaikutukset jäisivät todellisuudessa vähäisemmiksi.

Jos kunnostushakkuu toteutettaisiin ainespuun korjuuna keskimääräistä ojitusalueen kunnostushakkuukohtetta vastaavista oloista, vuosittain korjattava kuitupuumäärä olisi n. 115 000 m³. Johtamalla hakkuun työajanmenekki työehtosopimuksen mukaisesta päiväpalkkatavoitteesta ja tavaralajihakkuun yksikkökustannuksista, kunnostushakkuut työllistäisivät noin 85 metsuria vuodessa. Lähikuljetusmallin keskimääräisen kuitupuun kuljetustuotoksen ja kustannuslaskennassa käytetyn metsätraktorin vuosityöajan perusteella kunnostushakkuukohteilta korjattavan kuitupuun lähikuljetukseen tarvittaisiin kuusi metsätraktoria. Kunnostushakkuuiden luomat työtilaisuudet jakaantuisivat käytännössä suuremmalle joukolle ihmisiä, sillä tarjoutuvat työtilaisuudet eivät ole aina ympärivuotisia (ks. Hakkila 1992). Lisäksi metsänomistajat tekisivät itse osan töistä. Hakkuun ja lähikuljetuksen arvonlisäverottomat kustannukset olisivat noin 17 milj. mk vuodessa, josta n. 40 % olisi suoria työntekijöiden veronalaisia palkkatuloja. Vierasta työvoimaa käytettäessä kuitupuun hakkuusta ei kertyisi kantorahatuloja korjattaessa kuitupuuta tyyppilliseltä kunnostushakkuukohteelta.

5.2 Metsänparannustuen tason määrittäminen

Nuoren metsän kunnostustuki on tarkoitettu pystyleimikkoina markkinakelvottomiin kohteisiin, joilta on kuitenkin mahdollista myydä puuta hankintakaupoilla. Sen vuoksi tuen tason määrittämisperusteet kaipaavat selkiyttämistä erityisesti niissä tapauksissa, joissa korjataan myytävää kuitupuuta. Esimerkkilaskelmien perusteella metsänparannustukea oli myönnetty sellaisiin kohteisiin, jossa kuitupuun hankintamyynnin tuotot kattaisivat kunnostushakkuun kustannukset, mikäli puulle olisi menekkiä. Eräissä tapauksissa kuitupuulle jäi jopa kantohintaa. Kunnostushakkuukohteille myönnettävän metsänparannustuen perusteita tulisi tarkistaa vuosittain, sillä ensiharvennuspuun kysyntä ja hinnat vaihtelevat puumarkki-

natilanteen mukaan. Metsänomistajan omatoimisen puunkorjuun kannattavuuteen vaikuttaa olennaisesti puun hintataso. Kuitupuun reaaliset hankintahinnat laskivat esimerkiksi vuodesta 1990 syksyyn 1994 puulajista riippuen jopa kolmanneksen. Myös metsänomistajan työstään vaatima korvaus ja muut kustannusten laskentaperusteet voivat vaikuttaa huomattavasti kunnostushakkuun kannattavuuteen.

Metsänomistajan tekemän raivauksen arvioitu keskimääräiskustannus oli kevääseen 1995 saakka 1000 mk/ha ja harvennuksen 1400 mk/ha (Nuoren metsän... 1993), joista Keski-Pohjanmaalla maksettiin metsänomistajille 50 % metsänparannustukena. Energiapuun kasaukseen ja metsäkuljetukseen kustannuksiksi oli arvioitu 25 mk/m³. Keskimääräiseltä kunnostushakkuukohteelta korjattavan kokopuun kertymä oli enimmillään 46 m³/ha. Näin ollen metsänparannusohjeiston mukaiset keskimääräiset kokopuun tienvarsikustannukset olisivat 47-55 mk/m³ metsänomistajan tehdessä itse hakkuun. Kuutiometriä kohti laskettu metsänparannustuki olisi siten 36-40 mk/m³. Tässä tutkimuksessa käytetyillä laskentaperusteilla kokopuun arvonnlisäverottomat tienvarsikustannukset olivat 72-82 mk/m³ lähikuljetusvaihtoehdosta riippuen, kun kunnostushakkuukohteelta korjattiin ainoastaan energiapuuta.

Pinta-alaperusteisen metsänparannustuen oli tarkoitus kattaa puolet metsänhoidollisista kustannuksista eli jäävän puuston kehitystä haittaavien puiden kaadon kustannukset. Taimikon perkaus-harvennuksen hinnaston perusteella tehtyjen laskelmien mukaan todelliset kustannukset jäivät arvioitua keskimääräiskustannusta pienemmiksi Keski-Pohjanmaan ojitusalue-metsissä. Metsänparannustuki kattoi usein kaikki kustannukset. Sen sijaan energiapuun kasaukseen ja metsäkuljetukseen tarkoitettu tuki (25 mk/m³) oli riittämätön tässä tutkimuksessa käytetyillä laskentaperusteilla.

Kevääseen 1995 saakka metsänparannustuen perusteena olleista työlajeittaisista keskimääräiskustannuksista luopuminen oli oikeaan osunut päätös. Laskelmat osoittavat, että tuen tarpeen metsiköittäinen vaihtelu on suurta. Kunnostushakkuukohteiden luokittelu raivaukseen ja harvennukseen on vaikeaa erityisesti epätasaisissa suometsiköissä. Esimerkiksi kantoläpimitan ja hakkuupoistuman runkoluvun perusteella samanlaisista kohteista oli maksettu eri suuruista metsänparannustukea.

KIRJALLISUUS

- Asikainen, A. & Kärhä, K. 1994. Hakkeen autokuljetuksen kustannuslaskelma. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta 26.10.1994. Julkaisematon.
- Dixon, W.J. (toim. - ed) 1992. BMDP Statistical Software Manual. Volume 1. University of California Press. 678 s. ISBN 0-520-08138-2.
- Eeronheimo, O. 1991. Suometsien puunkorjuu. Summary: Forest harvesting on peatlands. Folia Forestalia 779. 29 s. ISBN 951-40-1173-2, ISSN 0015-5543.
- Gislerud, O. 1974. Heltreutnyttelse. IV. Biomasse og biomasseegenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, bjørk og or. Summary: Biomass and biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. Norsk Institutt for skogforskning. Skogteknologisk avdeling. Rapport 6/74.
- Hakkila, P. 1971. Coniferous branches as a raw material source. A sub-project of the joint Nordic research programme for the utilization of logging residues. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 75.1. 60 s.
- 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood for fuel. Folia Forestalia 342. 38 s.
- (toim. - ed.) 1985. Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. Summary: The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project. Folia Forestalia 624. 86 s. ISBN 951-40-0704-2, ISSN 0015-5543.
- 1989. Utilization of residual forest biomass. Springer-Verlag, Heidelberg. 586 s.
- 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. Folia Forestalia 773. 24 s.
- (toim.) 1992. Metsäenergia. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 422. 51 s. ISBN 951-40-1236-4, ISSN 0358-4283.
- 1994. Biomassatase ja energiapuun kertymä. Vuosikirja 1993, osa 1. Puupolttoaineiden tuotantotekniikka. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 3: 239-252. VTT Energia.
- 1995. Biomassatase ja energiapuun kertymä. Abstract: Raw material balance and the yield of energy wood. Vuosikirja 1994, osa 1. Puupolttoaineiden tuotantotekniikka. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 6: 53-67. VTT Energia. ISSN 1236-4738, ISBN 952-9500-68-8.
- & Kalaja, H. 1993. Ketjukarsinta ensiharvennusmännikön korjuuratkaisuna. Summary: Flail delimiting on the first commercial thinning of Scots pine. Folia Forestalia 803. 31 s. ISBN 951-40-1288-7, ISSN 0015-5543.
- Harvennushakkuiden taloudellinen merkitys ja toteuttamisvaikutukset. Metsäntutkimuslaitos, Metsäteho, Jaakko Pöyry Oy. Maa- ja metsätalousministeriö 1992. 121 s. ISBN 951-40-1191-0.

- Heikurainen, L. 1980. Kuivatuksen tila ja puusto 20 vuotta vanhoilla ojitusalueilla. Summary: Drainage condition and tree stand on peatlands drained 20 years ago. Acta Forestalia Fennica 167. 39 s. ISBN 951-651-042-6.
- Heinonen, J. 1994. Koelajojen puu- ja puustotunnusten laskentaohjelma KPL. Käyttöohje. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 504. 80 s. ISBN 951-40-13697, ISSN 0358-4283.
- Hökkä, H. & Laine, J. 1988. Suopuustojen rakenteen kehitys ojituksen jälkeen. Summary: Post-drainage development of structural characteristics in peatland forest stands. Silva Fennica 22(1):45-65. ISSN 0037-5330.
- Immonen, K. & Seppälä, R. 1984. Polttopuun ja palaturpeen alueittainen tuotanto, jakelu ja käyttö. SITRA, sarja B 76. 164 s. + 2 liitettä. ISBN 951-563-131-9, ISSN 0355-1989.
- Imponen, V. 1994. Hake-, puu- ja puutavaralajimenetelmien taloudellisuus massatehtaan kuitu- ja energiapuun hankinnassa. Vuosikirja 1993, osa 1. Puupolttoaineiden tuotantotekniikka. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 3: 239-252. VTT Energia.
- Jaakkola, S. 1994. Koneyrittäjien liitto ry, toimialapäällikkö. Suullinen tiedonanto 21.10.1994.
- Jylhä, P. 1995. Nuorten metsien metsänhoidollinen tila ennen kunnostushakkuuta ja sen jälkeen Keski-Pohjanmaan ojitusalueilla. Folia Forestaliaan hyväksytty käsikirjoitus.
- Kahala, M. 1981. Pieniläpimittaisen lehtikokopuun metsäkuljetus. Metsätehon katsaus 6/1981.
- Kaivola, A. 1993. Nuoret metsät kunnostettava. Teho 4/1993:21-23.
- Kangas, J. & Karsikko, J. 1993. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset, metsänhoito ja metsäsuunnittelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 467. 60 s. ISBN 951-40-1313-1, ISSN 0358-4283.
- Kanninen, M. (toim.) 1992. Muuttuva ilmamehä. Ilmasto, luonto ja ihminen. Katsaus ilmamehämuutosten peruskysymyksiin. Suomen Akatemia, Suomalainen Ilmamehämuutosten Tutkimusohjelma (SILMU). Valtion painatuskeskus/VAPK-kustannus. 163 s. ISBN 951-37-0832-2.
- Keltikangas, M., Puttonen, P., & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193. 94 s. ISBN 951-651-070-1.
- Keskimölö, A. 1994. Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimusalueella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 518. 30 s. ISBN 951-40-1385-9, ISSN 0358-4283.
- Kiukaanniemi, E. & Karjalainen, T. 1993. Energiapuun tuotanto tiloilta. Teho 4/1993:4-5.
- Korpilahti, A. 1994. Tulokset puupolttoaineiden tuotantotekniikan tutkimuksista. Vuosikirja 1993, osa 1. Puupolttoaineiden tuotantotekniikka. Bioenergian tutkimusohjelma, julkaisuja 3: 33-53. VTT Energia.
- Kuitto P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon tiedotus 410. Helsinki. 37 s + 13 liitettä. ISBN 951-673-139-2. ISSN 0356-7257.

- Kukkonen, H. 1991. Metsätuhojen torjuntaa koskevat määräykset. Työtehoseuran metsätiedote 15/1991 (493). 3 s.
- Kärkkäinen, M. 1976a. Puun kuoren tiheys ja kosteus sekä kuoren osuus koivun, kuusen ja männyn oksissa. Summary: Density and moisture content of wood and bark, and bark percentage in the branches of birch, Norway spruce, and Scots pine. *Silva Fennica* Vol. 10 N:o 3.
- 1976b. Havutukkien kuoren tiheys ja kosteus. Summary: Density and moisture content of bark in pine and spruce logs. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 87(5). 23 s. ISSN 0026-1610.
- Hämäläinen, J. & Lilleberg, R. 1995. Taimikon myöhäisen harvennuksen olosuhteet ja kustannukset. Summary: Delayed precommercial thinning. *Metsätehon katsaus* 2/1995. 6 s. ISSN 1235-483X.
- Lindroos, J., Rajamäki, J. & Örn, J. 1993. The costs of different harvesting systems in Finland 1993. *Metsätehon moniste* 1.2.1993. 20 s.
- Lounasvuori, J. 1989. Kahden ketjuraivaussahaprototyypin vertailu pyöröterälliseen raivaussahaan taimikonhoitotyössä. Työtehoseuran metsäosaston monisteita 2/1989. 42 s. ISBN 951-788-138-x.
- Luoma, K. 1992. Hakkeen käytön lisääminen alue- ja kaukolämmityksessä. Suomen kunnallisliitto, ympäristöosasto. Muistio 18.2.1992. 7 s.
- Lämpölaitosyhdistys ry. 1993. Kaukolämpötilasto 1992. 76 s. ISSN 07864809.
- Metsä- ja uittoalan työehtosopimus 1.3.1992 - 31.10.1993 ja sen mukaiset metsätyöpalkkojen taulukot. Matkakustannusten korvaukset 1.1.1992 - 31.12.1992. Palkkausalue 3.
- Metsäpalkkarakenteen uudistaminen. Koulutusaineisto. II Painos. Metsäpalkkauksen kehittämisen projektiryhmä 10.12.1993. 41 s.
- Mielikäinen, K. 1992. Kannattaako taimikkoa harventaa? *Käytännön Maamies* 3/92:63-64.
- , Hirvelä, H., Härkönen, K. & Malinen, J. 1995. Energiapuun osana metsänkasvatusta Keski-Pohjanmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 556. 68 s. ISBN 951-40-1430-8, ISSN 0358-4283.
- Mikkonen, E. 1984. Puutavaran metsäkuljetus maataloustraktorilla. Summary: Forest haulage of timber with an agricultural tractor. *Metsätehon tiedotus* 391. 22 s.
- Mälkönen, E., Annala, E. & Kallio, T. 1985. Energiapuun talteenotto metsäekosysteemin kannalta. Teoksessa Hakkila, P. (toim.) 1985. Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. Summary: The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project. *Folia Forestalia* 624:23-28. ISBN 951-40-0704-2, ISSN 0015-5543.
- Niemistö, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 432. 18 s. ISBN 951-40-1249-6, ISSN 0358-4283.
- Nousiainen, I., Imponen, V., Jaatinen, E. & Korpilahti, A. 1994. Puupolttoaineiden tuotantomenetelmien nykytekniikka, kustannukset ja kehittämismahdollisuudet. Esitutkimus, käsi-kirjoitus.

- Nuoren metsän kunnostuksen ja taimikonhoidon työvaikeusluokitus. Muisti. Metsäkeskus Tapio 11.11.1994.
- Nuoren metsän kunnostuksen toimintaohjeet. Metsäkeskus Tapio 3.3.1993.
- Nuoren metsän kunnostushakkuun palkkausohje 1.5. - 31.12.1994. Metsä- ja uittoalan työehtosopija-osapuolet.
- Nyysönen, A. 1955. Hakkuumäärän arvioiminen kannoista. Summary: Estimation of the cut from stumps. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 45. 68 s.
- Oijala, T. 1994. Metsäteho, tutkija. *Suullinen tiedonanto* 3.11.1994.
- & Rajamäki, J. 1992. Metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallit. Käyttöohjeita. *Metsäteho* 15.4.1992. 23 s + 5 liitettä.
- & Rajamäki, J. 1994. Metsäalan urakoinnin kustannuslaskentamallien muutokset. *Metsäteho. Muistio* 8.6.1994. 5 s.
- , Vastamäki, A. & Örn, J. 1994. Korjuun kustannusvertailun laskentaohjelman käyttö - Excel. *Metsäteho* 16.5.1994.
- Onttinen, S. 1986. Metsurin työvälinekustannukset 1985. Abstract: Forest workers' equipment costs in Finland in 1985. *Folia Forestalia* 672. 20 s. ISBN 951-40-0761-1, ISSN 0015-5543.
- Paajala, J. & Kiukaanniemi, E. 1994. Biopolttoaineiden hintarakenne ja biopolttoainevarat ja varojen sekä käytön tasapaino Pohjois-Suomessa. Oulun yliopisto, Pohjois-Suomen tutkimuslaitos. *Tiedonantoja* 97. 39 s. ISBN 951-42-3810-9. ISSN 0785-1766.
- Parikka, M. & Vikinge, B. 1994. Kvantitetet och ekonomi vid bränsle- och massaveduttag i första gallring. Summary: Quantities and economy at removal of woody biomass for fuel and industrial purposes from early thinning. *Sveriges lantbruksuniversitetet, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier. Rapport nr 37.* 115 s. ISSN 0284-379X. ISRN SLU-SIMS-R--37--SE.
- Penttilä, T. & Honkanen, M. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 226. 98 s. ISBN 951-40-0882-0, ISSN 0358-4283.
- Perälä, Y. 1994. Haka 100-kourasaha taimikonhoidossa ja nuoren metsän kunnostuksessa. *Työtehoseuran metsätiedote* 4/1994. 4 s.
- Pohjola, T. 1983. Puuston vaihtelu ojitusalueiden nuorissa kasvatusmetsissä. *Metsähallitus, kehittämisjaosto. Tutkimuslaskelma* 137. 10 s.
- Päivänen, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia Forestalia* 516. 19 s. ISBN 951-40-0568-6, ISSN 0015-5543.
- Rajamäki, J., Terävä, J. & Örn, J. 1994. Metsurityöt koneellisen korjuun yhteydessä. Summary: Manual work in conjunction with mechanised harvesting. *Metsätehon katsaus* 11/1994. 8 s. ISSN 1235-438x.

- Rantonen, H. & Päivänen, J. 1989. Kasvatusmetsien metsänhoidollinen tila ojitusalueilla puunkorjuun jälkeen. Summary: Silvicultural condition of tree stands after thinning on drained peatlands. *Silva Fennica* 23(1):33-50. ISSN 0037 -5330.
- Rummukainen, A., Alanne, H. & Mikkonen, E. 1993. Puunhankinta muutospaineesa. Voimavaratarpeiden arviointimalli vuoteen 2010. Helsingin yliopiston Metsävarojen käytön laitoksen julkaisuja 2. ISBN 951-45-6401-4. ISSN 1236-1313. 103 s + 12 liitettä.
- Saksa, T. 1994. Etelä-Savon energiapuuprojekti. Esitelmä, Bioenergia '94 -seminaari. 7 s.
- Solmio, H. 1994. Polttopuun hankinta aluelämpölaitoksille. Työtehoseuran metsätiedote 15/1994 (538). 4 s.
- Suomen kunnallisliitto. 1993. Tietoja pienistä lämpölaitoksista vuodelta 1992. Helsinki.
- Toropainen, M. 1984. Aluelämpölaitosten polttoainevalintojen kannattavuus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 162. 117 s. ISBN 951-40-0941-X, ISSN 0358-4283.
- Uotila, E. & Toivanen, E. 1992. Hankintaleimikoiden työvaikeustekijät ja runkolajeittaiset puunkorjuukustannukset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 434. 29 s. ISBN 951-40-1253-4. ISSN 0358-4283.
- Uusvaara, O. & Verkasalo, E. 1987. Metsähakkeen tiiviys ja muita teknisiä ominaisuuksia. Summary: Solid content and other technical properties of forest chips. *Folia Forestalia* 683. 53 s. ISBN 951-40-0775-1. ISSN 0015-5543.
- Valkonen, J. 1993. Metsänomistajan tekemän metsätyön kustannuslaskenta. Työtehoseuran julkaisuja 331. 50 s. ISBN 951-788-203-3. ISSN 0355-0710.
- Vastamäki, A. & Örn, J. 1993. Taksanlaskentaohjelman käyttö - Excel. Metsäteho 22.9.1993.
- Verkasalo, E. 1988. Polttohakkeen ja -hakepuun mittaust. Työtehoseuran metsätiedote 14/1988 (447). 4 s.

I PERUSTIEDOT

Työaika, käyttötuntia/vuosi:	2490	
Vuotuinen työaika, viikkoa:		47
Kuormatraktorin hinta, mk:		919703 (veroton)
Kuormatraktorin pitoaika, vuotta:		4,8

II KIINTEÄT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Pääoman poistot:	133221	53,49
Korkokustannukset:	51792	20,80
Työvoimakustannukset:	301224	120,95
Vakuutusmaksut:	8842	3,55
Hallinto- ja ylläpitomaksut:	24927	10,01
Muut kiinteät kustannukset:	0	0,00
Laskentamarginaali:	10400	4,18
Yhteensä:	530406	212,98

III MUUTTUVAT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Polttoainekustannukset:	29152	11,71
Korjaus- ja huoltokustannukset:	90093	36,18
Muut muuttuvat kustannukset:	0	0,00
Laskentamarginaali:	2385	0,96
Yhteensä:	121630	48,84

II - III YHTEENSÄ VEROTTOMANA

Kustannukset yhteensä:	652036	mk/vuosi
	262	mk/käyttötunti

MAATALOUSTRAKTORIN KUSTANNUSLASKELMA

LIITE 2
1(2)

I PERUSTIEDOT

	maataloustyö	metsätyö	Yhteensä
Työaika, käyttötuntia:	400		75 475
Maatalousraktorin hinta, mk:			123000 (veroton)
Pitoaika, vuotta:			6

II KIINTEÄT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Pääoman poistot:	14350	30,21
Korkokustannukset:	6956	14,64
Vakuutusmaksut:	2000	4,21
Hallinto- ja ylläpitomaksut:	0	0
Muut kiinteät kustannukset:	0	0
Laskentamarginaali:	0	0
Yhteensä:	23306	49,06

III MUUTTUVAT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Poltto- ja voiteluainekustannukset:	5165	10,87
Korjaus- ja huoltokustannukset:	3230	6,80
Palkkavaatimus	20621	43,41
Muut muuttuvat kustannukset:	0	0
Laskentamarginaali:	0	0
Yhteensä:	29015	61,09

II - III YHTEENSÄ VEROTTOMANA

Kustannukset yhteensä:	52321 mk/vuosi
	110,15 mk/käyttötunti

MAATALOUSTRAKTORIN METSÄVARUSTUKSEN
KUSTANNUSLASKELMA (perävaunu ja hydraulikuormain)

LIITE 2
2(2)

I PERUSTIEDOT

	Maataloustyö	Metsätyö	Yhteensä
Työaika, käyttötuntia:	0	75	75
Metsävarustuksen hinta		41000 (veroton)	
Pitoaika, vuotta:		10	

II KIINTEÄT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Pääoman poistot:	3567	47,56
Korkokustannukset:	2015	26,87
Vakuutusmaksut:	0	0
Hallinto- ja ylläpitomaksut:	0	0
Muut kiinteät kustannukset:	0	0
Laskentamarginaali:	0	0
Yhteensä:	5582	74,43

III MUUTTUVAT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Polttoainekustannukset:	0	0
Korjaus- ja huoltokustannukset:	765	10,20
Muut muuttuvat kustannukset:	0	0
Laskentamarginaali:	0	0
Yhteensä:	765	10,20

II - III YHTEENSÄ VEROTTOMANA

Kustannukset yhteensä:	6347 mk/vuosi
	84,62 mk/käyttötunti

LÄHIKULJETUKSEN KÄYTTÖTUNTIKUSTANNUS YHTEENSÄ

Maataloustraktori	110,15 mk/käyttötunti
Metsävarustus	84,62 mk/käyttötunti
Yhteensä	194,77 mk/käyttötunti

HAKEAUTON KUSTANNUSLASKELMA

LIITE 3

1(2)

I PERUSTIEDOT

	Yhteensä	
Kuljetusmäärä, m ³ / vuosi	28000	
Kuljetusmäärä, t / vuosi	23050	
Ajosuorite, km / vuosi	52686	
Kuormia, kpl / vuosi	659	
Työaika, käyttötuntia / vuosi:	2524	
Keskim. kuljetusmatka, km:	40	
Vuotuinen työaika, viikkoa:	47	
Yhdistelmän hinta, mk:	1180000	(veroton)
Auton pitoaika, vuotta:	9	
Perävaunun pitoaika, vuotta:	13,4	

II KIIINTEÄT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/vuosi	mk/käyttötunti
Pääoman poistot:	101297	40,13
Korkokustannukset:	56107	22,23
Työvoimakustannukset:	295535	117,07
Vakuutus- ja liikennöintimaksut:	54677	21,66
Hallinto- ja ylläpitomaksut:	25934	10,27
Muut kiinteät kustannukset:	10078	3,99
Laskentamarginaali:	10873	4,31
Yhteensä:	554500	219,65

III MUUTTUVAT KUSTANNUKSET VEROTTOMINA

	mk/km
Polttoainekustannukset:	1,91
Korjaus- ja huoltokustannukset:	0,74
Rengaskustannukset:	0,60
Muut muuttuvat kustannukset:	0,00
Laskentamarginaali:	0,06
Yhteensä:	3,31

II - III YHTEENSÄ VEROTTOMANA

Kustannukset yhteensä:	729058	mk/vuosi
	31,63	mk/tonni
	13,84	mk/kilometri
	289	mk/käyttötunti

Kannuksen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja-sarjan julkaisut:

- N:o 98 Jyrki Hytönen 1983. Vaaka- ja pystyistutuksen vertailua pajunkasvatuksessa. Abstract: Comparison of horizontal and vertical planting of willow cuttings. 14 s.
- N:o 120 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 15.9.1983. 40 s.
- N:o 132 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Säilytyksen vaikutus kosteusnäytteeseen puun kuivamassan määrittämisessä. Abstract: Effect of sample storage in determination of tree dry mass. 16 s.
- N:o 163 Ari Ferm ja Jyrki Hytönen 1984. Vesipajun vesojen puuteknisiä ominaisuuksia. Abstract: On the technical properties of *Salix 'Aquatica'* sprouts. 20 s.
- N:o 206 Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 28.11.1985. Forest Research Day at Kannus 28.11.1985. 99 s.
- N:o 245 Jyrki Hytönen 1987. Lannoituksen vaikutus koripajun ravinnetilaan ja tuotokseen kahdella suonpohja-alueella. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and dry mass production of *Salix Viminalis* on two peat cut-away areas. 31 s.
- N:o 250 Metsäntutkimuspäivä Kokkolassa 13.3.1987. Metsäteknologian teemapäivä. 113 s.
- N:o 304 Ari Ferm (ed.) 1988. Proceedings of the IEA Task II meeting and workshop on cell culture and coppicing. In Oulu, Finland, August 24—29, 1987. 115 s.
- N:o 320 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Kimmo K. Kolari & Heikki Veijalainen 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Sammandrag: Tillväxstörningar i skogs-träd i närheten av pälsfamer. Abstract: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. 77 s.
- N:o 322 Ari Ferm & Maire Ala-Pönttiö (toim.) 1989. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1988. 96 s.
- N:o 329 Esa Heino 1989. Suomalainen pajukirjallisuus. Finnish bibliography on willow. 30 s.
- N:o 346 Juha Nurmi & Keijo Polet (ed.) 1990. Measurement and evaluation of wood fuel. Proceedings of the IEA/BE TASK VI Activity 5 Workshop in Jyväskylä, Finland. October 25-27, 1989. 64 s.
- N:o 348 Ari Ferm 1990. Coppicing, aboveground woody biomass production and nutritional aspects of birch with specific reference to *Betula pubescens*. 35 s.+osajulkaisut.
- N:o 374 Ari Ferm ja Esa Heino (toim.) 1991. Keski-Pohjanmaa — Nouseva metsämaakunta. Metsäntutkimuspäivä Ylivieskassa 14.6.1990. 43 s.
- N:o 391 Ari Ferm ja Keijo Polet (toim.) 1991. Peltojen metsitysmenetelmät. Tutkimushankkeen väliraportti. Developing methods for afforestation of fields. Interim report. 120 s.
- N:o 401 Risto Lauhanen 1992. PATU M 100-kaivuri metsäojituksessa. Abstract: PATU M 100 excavator in forest drainage. 23 s.
- N:o 409 Risto Lauhanen 1992. Kunnostusojituksen ongelmat ja tutkimustarpeet. Abstract: Ditch network maintenance, its problems and research needs. 45 s.
- N:o 457 Kristian Karlsson (red.) 1993. Skogsforskningsdag i Vörå 1992 — Metsäntutkimuspäivä Vöyrissä 1992. 47 s.
- N:o 458 Risto Lauhanen & Tero Takalo 1993. Yksitelainen LA-MA 10-kaivuri metsäojien perkauksessa. Abstract: LA-MA 10 single track backhoe in forest ditch cleaning. 20 s.
- N:o 463 Ari Ferm, Jyrki Hytönen, Katri Koski, Seppo Vihanta & Olavi Kohal. Peltojen metsitysmenetelmät. Kenttäkokeiden esittely ja metsitysten kehitys kolmen ensimmäisen vuoden aikana. 127 s.
- N:o 540 Jyrki Hytönen & Keijo Polet (toim.) 1994. Metsäntutkimuspäivä Kälviällä 1994. 74 siv.
- N:o 544 Sauli Takalo, Tero Takalo & Risto Lauhanen 1995. Pontus-pientelamaasturi harvennuspuun metsäkuljetuksessa erällä työmaalla. 16 siv.
- N:o 545 Sauli Takalo 1995. Mäntyöljyn mahdollisuudet poltto- ja voiteluaineena. 17 siv.

Kannus 1995
ISBN 951-40-1437-5
ISSN 0358-4283
KP Paino, Kokkola 1995