



Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimusalueella

Ari Keskimölä

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema
1994

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 518

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

1. Keskivälillä
2. Keskivälillä
3. Keskivälillä

Kansikuva: Ari Keskimölo

Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimusalueella

Ari Keskimölo

Metsäntutkimuslaitos
Helsingin tutkimuskeskus
Kirjasto

Metsäntutkimuslaitos
Rovaniemen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 518
Rovaniemi 1994

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Keskimölo, Ari. 1994. Energiapuun korjuumenetelmien vertailua Kivalon tutkimusalueella. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 518. 30 s.

Tutkimuksessa selvitettiin koneellisen energiapuukouralla varustetulla Terri-telamaasturilla tehdyn energiapuun hakkuun ja metsäkuljetuksen sekä manuaalisen energiapuun hakkuun tuottavuus ja kustannukset. Lisäksi selvitettiin energiapuun hakkuun aiheuttamat lisäkustannukset normaaliin taimikonhoitoon verrattuna. Työmaina olivat ensiharvennusmännikkö sekä riukuasteen koivikko ja männyn kylvötaimikko.

Koneellisen hakkuun tehotuntituotos oli ensiharvennusmännikössä 4,5 ja riukuasteen koivikossa 1,9 m³ kokopuuta. Kustannukset olivat vastaavasti 37 ja 88 mk/m³ 2000 käyttötunnilla. Pystyssä olevan puun katkaisu osoittautui kaadon jälkeistä katkaisua tehokkaammaksi. Metsäkuljetuksessa keskikuljetusmatkat olivat ensiharvennustyömaalla 65 ja riukuasteen koivikossa 40 metriä. Ensin mainitulla tehotuntituotos oli 7,5 ja jälkimmäisellä 4,2 m³ kokopuuta. Kustannukset olivat vastaavasti 22 ja 39 mk/m³ 2000 käyttötunnilla. Korjuukustannukset olisivat pudonneet noin viidenneksen, jos puut olisi kuormattu kourakasojen sijasta suoraan kuormatilaan.

Manuaalisen hakkuun tehotuntituotos oli riukuasteen koivikossa 2,0 ja männyn kylvötaimikossa 1,9 m³ kokopuuta. Kustannukset vaihtelivat välillä 39 ja 79 mk/m³. Kaatokahvoista oli apua vain pieniläpimittaisessa luontaisesti syntyneessä koivikossa. Energiapuun hakkuun aiheuttamat lisäkustannukset olivat noin puolet koko hakkuun kustannuksista.

Koneellisen hakkuun kilpailukyky riukuasteen metsässä oli huono. Sen sijaan ensiharvennuksessa Terri pääsi miltei samalle kustannustasolle miestyön kanssa. Lumiolosuhteissa koneellisen korjuun kilpailukyky paranee, koska talvella miestyön kilpailukykyä rasittavat kausikorotukset ja työn tuottavuuden pieneminen. Metsäkuljetuksessa Terrin pieni kuormatila pienentää tuottavuutta pitkällä kuljetusmatkoilla huomattavasti. Terrin mahdollisuudet energiapuun korjuussa ovat hakkuun ja metsäkuljetuksen yhdistämisen mahdollistamissa kustannussäästöissä.

Avainsanat: energiapuu, telamaasturi, kourasaha, tuottavuus, kustannukset

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema. Hyväksynyt: Jari Parviainen, tutkimusjohtaja 30.8.1994.

Kirjoittajan yhteystiedot: Keskimölo, Ari: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 ROVANIEMI, puh. (960) 336411, telefax (960) 3364 640.

Julkaisua myy: Metsäntutkimuslaitos, Kaija Westin, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, puh. (90) 85705721, telefax (90) 85705717. Hinta 50 mk.

ISBN 951-40-1385-9
ISSN 0358-4283

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄ.....	5
21. Koneellinen energiapuun korjuu	5
211. Terri 2040D Hydro -telamaasturin esittely.....	5
212. Korjuuolosuhteet	7
213. Työmenetelmät	7
214. Aikatutkimusmenetelmä.....	8
22. Manuaalinen energiapuun hakkuu	8
221. Työvälineet ja koehenkilö	8
222. Korjuuolosuhteet	9
223. Työmenetelmät	9
224. Aikatutkimusmenetelmä.....	9
3. TULOKSET.....	11
31. Koneellinen energiapuun korjuu	11
311. Ajankäyttö	11
312. Tuottavuus	14
313. Kustannukset	16
314. Korjuuvauriot.....	17
32. Manuaalinen energiapuun hakkuu	18
321. Ajankäyttö	18
322. Tuottavuus	19
323. Kustannukset	19
4. TUOTTAVUUS- JA KUSTANNUSVERTAILUA.....	21
5. TULOSTEN TARKASTELU.....	24
KIRJALLISUUS.....	28
LIITE.....	30

1. JOHDANTO

Suomen metsät ovat sodan jälkeisen hakkuutoiminnan vaikutuksesta melko nuoria. Noin kolmasosa metsistä on 21–60 vuotiasta. Soiden osuus Suomen metsätalouden pinta-alasta on runsas kolmannes, josta noin puolet on ojitettu (Metsätaloustilastollinen... 1993). Nuorten metsien ja kantavuudeltaan huonojen ojitusalueiden puunkorjuun kehittäminen on tärkeää, jotta näitä voimakkaan kasvun vaiheessa olevia metsiä pystyttäisiin hoitamaan tehokkaasti.

Engelmaolosuhteisiin tarkoitettujen telamaastureiden kehittäminen alkoi 1980-luvun alussa. Suomessa myytiin 1980-luvun lopussa noin 70 telamaasturia vuodessa (Metsäkoneiden... 1988–1992, Nuolivirta 1994, kirjallinen tiedonanto). Myynti kuitenkin väheni laman ja myös teknistaloudellisten ongelmien vaikutuksesta. Kaikkiaan Suomessa on nykyisin käytössä noin 250 telamaasturia.

Metsätaloudessa telamaastureita on käytetty pääasiassa puutavaran maastokuljetuksessa. Viime vuosina telamaastureita on kuitenkin kokeiltu myös ensiharvennusten hakkuukoneina (Ala-Ilomäki 1988, Karlsson 1988, Mäkelä 1990a, Sirén 1990). Karsitun ensiharvennuspuiden koneellinen hakkuu on kallista, koska karsinta vie paljon aikaa ja metsään jäävän puuaineksen osuus on suuri.

Terri-telamaasturia on tutkittu aiemmin puutavaran metsäkuljetuksessa (Takalo & Väyrynen 1982). Sen jälkeen Terristä on kehitetty uusi versio. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uuden Terri-telamaasturin tuottavuus ja kustannukset pieniläpimittaisen karsimattoman puun hakkuussa ja metsäkuljetuksessa. Hakkuussa konetyötä verrattiin sekä miestyön aikatutkimuksiin että aikaisempien tutkimusten tuloksiin ja metsäkuljetuksessa muuhun kuljetuskalustoon.

Pienpuun hakkuussa kaatokahvan ja moottorisahan yhdistelmää käytettäessä tuottavuus on Lehtosen (1976) mukaan parempi kuin pelkällä moottorisahalla. Kaatokahvojen käyttö on kuitenkin jäänyt vähäiseksi. Konetyöhön vertailun lisäksi miestyökokeilussa tutkittiin kaatokahvojen soveltuvuutta ja ajanmenekkiä männyn kylvötuppaiden harventamisessa ja tiheässä riukuasteen koivikossa. Olennainen miestyötutkimuksen osa oli selvittää energiapuun korjuun aiheuttamat lisäkustannukset normaaliin taimikonhoitoon verrattuna.

Tutkimus on toteutettu Metsäntutkimuslaitoksen Rovaniemen tutkimusaseman tutkimusmetsä-hankkeessa. Rovaniemen tutkimusaseman tutkimusalueen nuorten metsien hyödyntämisen tehostamistarpeen myötä tuli ajankohtaiseksi tutkia pienpuuston korjuuta energiakäyttöön Lapin olosuhteissa.

Tutkimuksen kenttäkokeisiin ja niiden perusteella laaditun käsikirjoituksen onnistumiseen vaikuttivat lukuisat henkilöt. Koneen kuljettajana toimi Risto Kvist ja miestyötutkimuksen koehenkilönä Jorma Saraniemi. Aikatutkimuksen konetyöosan kelloituksen hoiti metsätyönjohtaja Antti Mustonen Metsähallituksesta. Konetyötutkimuksen mahdollisti Nordtrac Oy:n myyntipäällikkö Jouko Nuolivirran myönteinen yhteistyö. Prof. Pentti Hakkila, MH Timo Penttilä ja metsätal.ins. Tapani Pohjola Metsäntutkimuslaitokselta sekä MML Antti Korpilahti Metsätehosta lukivat käsikirjoituksen ja tekivät arvokkaita korjausehdotuksia. Kiitän lämpimästi kaikkia tämän tutkimuksen toteuttamiseen myötävaikuttaneita henkilöitä ja Nordtrac Oy:tä.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

21. Koneellinen energiapuun korjuu

211. Terri 2040D Hydro -telamaasturin esittely

Terri 2040D Hydro -telamaasturia valmistaa Nordtrac Oy Rovaniemellä. Terri-telamaasturi soveltuu telojensa ansiosta ympärivuotisiin olosuhteisiin. Sen voimansiirto on vanhemmasta versiosta (Takalo & Väyrynen 1982) poiketen hydros-taattinen. Vaihteisto on mekaaninen käsittäen 2 vaihdetta eteen ja 2 taakse. Veto välittyy kaikille neljälle telalle, joten sen maastossakulkukyky on parantunut. Te-loja on saatavissa sekä kesä- että talvikäyttöön. Koneessa on hydraulinen runko-ohjaus ja vakiovarusteena tasauspyörästön lukko. Toinen suuri muutos koskee moottoria. Voimanlähteenä Terri 2040D Hydrossa on kolmisylinterinen diesel-moottori. Uusi moottori on iskutilavuudeltaan suurempi ja yli 20 % tehokkaampi kuin vanhassa mallissa.

PERUSKONEEN TEKNISET TIEDOT:

Moottori	Kubota D1105 3-syl. diesel
Teho	21 kW/3000 rpm
Vääntömomentti	73 Nm/2000 rpm
Iskutilavuus	1124 cc
Laturi	12 V/480 W
Jäähdytysjärjestelmä	Nestejäähdytys
Pyörät	4" x 8"/8 PR
Suurin korkeus	2350 cm
Suurin leveys	1460 mm
Leveys 670 mm teloin	1800 mm
Polttoainesäiliö ja -kulutus	35 l, max 3,5 l/h
Voimansiirto	Hydrostaattinen, suljetussa piirissä
Ajovoimansiirtopumppu	150 l/min
Vaihteisto	2 nopeutta eteen, 2 taakse, vapaa mekaaninen tasauspyörästön lukko
Vinssi, mekaaninen	2000 kp, vakiovaruste, edessä
Nopeus	Max 19 km/h
Ohjaus	Hydraulinen runko-ohjaus ± 50 astetta
Hydraulipumppu	Avoin piiri 180 bar, 33 l/min
Hydrauliikkaöljysäiliö	50 l
Jarrut	Suljettu voimansiirtopiiri toimii ajojarruna. Veto-koneessa mekaaninen pysäköintijarru. Perävaunun moottoreissa lamelliset pysäköintijarrut.
Työvalot	4 x 55 W

Perävaunu

Perävaunu on telirakenteinen ja sen kuormatila on puutavaranaajaan suunniteltu. Perävaunun pituutta voidaan säätää kuljetettavan puutavaran ominaisuuksien mukaan. Tässä tutkimuksessa kuljetettu noin 5-metriseksi katkottu karsimaton puu kulki hyvin, vaikka perävaunun pituus oli säädetty lyhyeksi. Kuormatilan edessä on suojaverkko, jota vasten puut voidaan kuormata. Perävaunun kuormatilan poikkipinta-ala on noin 1,5 m².

PERÄVAUNUN TEKNISET TIEDOT:

Mitat: kokonaispituus (peruskone mukana)	6500–6950 mm
Paino: kokonaispaino (peruskone mukana)	2800 kg
Kantavuus	2000 kg
Suurin leveys	teloin 1600 mm
Pyörät	640" x 13"/8 PR

Kuormain ja energiapuukoura

Terri-telamaasturi voidaan varustaa kahdella eri kuormainvaihtoehdolla ulottuvuuksiltaan 3,5 ja 4,2 metriä. Tässä tutkimuksessa kone oli varustettu pidemmällä vaihtoehdolla, johon oli asennettu Terri-energiapuukoura. Tällä kouralla varustettuna Terri voi kaataa, katkoa ja kasata puita. Keräily ei sen sijaan ole tällä kouralla mahdollista. Koura ei vaikuta koneen puutavaran kuljetusominaisuuksiin, vaan kouralla pystytään edelleen kuormaamaan normaalisti. Koura on ajokoneen lisävaruste, joka valmistajan mukaan mahdollistaa energiapuun korjuun kohtuullisin lisäkustannuksin.

KUORMAIMEN TEKNISET TIEDOT:

Ulottuvuus	4,2 m
Nostomomentti	1200 kpm
Nostokorkeus	5,1 m
Kääntökulma	270°
Tukijalat	vakio

ENERGIAPUUKOURAN TEKNISET TIEDOT:

Paino	85 kg
Pinta-ala	0,15 m ²
Avautuma	825 mm
Ketjusahan moottoriteho	14,8 kW
Ketjusahan katkaisulaipan pituus	15"
Öljynpaine	150 bar
Hydrauliöljyn tarve	30 l

212. Korjuulosuhteet

Energiapuuta korjattiin kesäolosuhteissa alkusyksystä lehden ollessa vielä puussa. Molemmat tutkitut työmaat sijaitsivat Rovaniemen maalaiskunnassa Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueella. Koiravaaran työmaa oli tyyppillinen mäntyvaltainen kuivahkon kankaan ensiharvennusmetsikkö. Jäävän puuston tavoiterunkoluku oli 1200 r/ha ja poistettavan puuston minimiläpimitta 3 cm. Maasto oli kulkukelpoisuudeltaan erittäin hyvä (taulukko 1).

Isokorven työmaa oli vuonna 1968 ojitettu korpi. Koivuvaltainen puusto oli kuivatuksen vaikutuksesta lähtenyt voimakkaaseen kasvuun. Runkoluku oli suuri, minkä vuoksi puusto oli riukuuntunut ja ainespuun kertymä vähäinen. Jäävän puuston tavoiterunkoluku oli 1800 r/ha ja poistettavan puuston minimiläpimitta 2 cm. Kulkukelpoisuudeltaan Isokorpi oli hieman Koiravaaraa huonompi johtuen maanpinnan painanteista (taulukko 1).

Taulukko 1. Konetyömaiden korjuulosuhteet.

	Koiravaara	Isokorpi
Pinta-ala, ha	0,195	0,136
Maastoluokka	1	1
Runkoluku/ha		
ennen harvennusta	1943	7336
harvennuksen jälkeen	1015	1667
Puulajisuhteet, % kertymästä		
mänty	100	-
kuusi	-	8
lehtipuu	-	92
Kertymä		
runkoa/ha	928	5669
runkoa/työmaa	181	771
m ³ /ha, kuorellista runkopuuta	29,90	54,60
m ³ /työmaa, "	5,8	7,4
Rungon koko, dm ³	32,2	9,6

213. Työmenetelmät

Koneen työmenetelmänä oli hakata ja kuljettaa puut erillisinä työvaiheina. Kaato-vaiheessa kone teki ajouran varteen kourakasoja katkoen karsimattoman puun 5 metrin ohjepituuteen. Myös latvat korjattiin talteen. Hakkuussa työmenetelmät olivat seuraavat:

1. Puut kaadettiin kokonaisena ja katkaistiin sen jälkeen tarvittaessa.
2. Puiden käsittely aloitettiin pystyssä olevan puun latvaosan katkaisulla. Tyviosa kaadettiin vasta seuraavaksi.

Molempia menetelmiä käytettiin satunnaisesti kuljettajan harkinnan mukaan. Isokorvessa kone työskenteli jäävän puuston suuren runkoluvun takia pelkästään ajouralla, mutta Koiravaarassa mahdollisuuksien mukaan myös ajouran ulkopuolella. Ajouraväli oli Isokorvessa noin 10 metriä. Koiravaarassa kone työskenteli yhdeltä ajouralta. Ajourien leveys oli 2,5–3,0 metriä.

214. Aikatutkimusmenetelmä

Aikatutkimuksessa tuotantoaika jaettiin tehoaikaan ja keskeytyksiin. Tehoaika jaettiin osa-aikoihin työvaiheiden perusteella. Osa-aikojen lyhyden takia muutamat osa-ajat yhdistettiin.

Energiapuun hakkuun tehoaika jaettiin osa-aikoihin seuraavasti:

- Siirtyminen sisältää koneen kaatopaikalta toiselle liikkumiseen kuluneen ajan. Siirtyminen sisältää myös mahdollisen peruuttamiseen tai kääntymiseen kuluneen ajan.
- Vienti ja kaato sisältää kouran viemisen puulle, tarttumisen, asettelun ja varsinaisen kaadon. Koura voidaan viedä joko puun tyvelle tai rungon puoleenväliin, jolloin yhdelle puulle tulee kaksi vienti- ja kaatovaihetta.
- Katkonta ja kasausta sisältää kaadon jälkeisen katkonnin ja kasaamisen. Tämä työvaihe on lähes yksinomaan kasausta.
- Kasakatkonta ja kasausta tarkoittaa puiden joukkokatkontaa kourakasassa ja sen jälkeistä kasaamista. Kasakatkonta on kohdistettu kaikille rinnankorkeusläpimitaltaan yli 6 cm:n puille, joita ei ole vienti ja kaato -vaiheessa valmiiksi katkottu.

Puutavaran metsäkuljetuksessa tehoaika jaettiin osa-aikoihin seuraavasti:

- Ajo tyhjänä alkaa, kun kone lähtee liikkeelle puutavaravarastosta ja päättyy kun kone pysähtyy kourakasan viereen.
- Kuormaus sisältää varsinaisen kuormauksen lisäksi tukijalkojen laskemisen ja nostamisen.
- Kuormausajo sisältää siirtymisen kuormauspaikalta toiselle sekä siirtymiseen liittyvät peruuttamiset ja kääntymiset.
- Kuormattuna ajo tarkoittaa siirtymistä täyden kuorman kanssa kuormauspaikalta varastopaikalle.
- Purkamisen sisältää kuorman purkamiseen kuluneen ajan lisäksi myös tukijalkojen laskemisen ja nostamisen.
- Ns. aputyöt sisältyvät meneillään olevaan työvaiheeseen.

22. Manuaalinen energiapuun hakkuu

221. Työvälineet ja koehenkilö

Kaatovälineenä käytettiin ilman kaatokahvoja työskenneltäessä Partner 5500 -moottorisahaa. Haittana pelkällä sahalla työskenneltäessä on ergonomisesti huono kumara työasento (Harstela & Tervo 1977). Siksi kokeiltiin myös Reo-tuotteen valmistamalla kaatokahvalla varustettua Husqvarna 524 -moottorisahaa.

Koehenkilönä oli 39-vuotias metsuri, jonka pituus oli 169 cm ja paino 69 kg. Metsurilla oli sekä kurssi- että työkokemusta siirtelykaadosta. Koska metsurilla ei

ollut aiempaa kokemusta kaatokahvojen käytöstä, hän totutteli yhden työpäivän ajan niiden käyttöön.

222. Korjuuolosuhteet

Hakkuuta miestyönä tutkittiin kahdella työmaalla, Höpöttäjässä ja Isokorvessa. Höpöttäjän työmaa sijaitsi Isokorven tapaan Rovaniemen maalaiskunnassa Metsäntutkimuslaitoksen Kivalon tutkimusalueella. Höpöttäjän työmaa oli vuonna 1965 ruutukylvetty mäntytaimikko. Puusto oli tuppaisa lukuunottamatta luontaisesti syntyneitä koivuja. Jäävän puuston tavoiterunkoluku oli 2000 r/ha ja minimiläpimitta 2 cm. Kuviolle sijoitettiin kymmenen koealaa kooltaan 25 x 50 metriä. Koealat arvottiin työmenetelmien kesken (taulukko 2).

Energiapuun manuaalisen hakkuun työmaa Isokorvessa oli samalla kuviolla kuin koneellisen korjuun. Kuvion tarkempi kuvaus on esitetty sivulla 7. Jäävän puuston tavoiterunkoluku oli 1800 r/ha ja minimiläpimitta 2 cm. Kuviolle sijoitettiin kahdeksan koealaa kooltaan 25 x 40 metriä. Koealat arvottiin työmenetelmien kesken (taulukko 2).

223. Työmenetelmät

Työmenetelmät olivat seuraavat:

1. Työvälineenä käytettiin moottorisahaa. Ajourat raivattiin koealojen pitkien sivujen suuntaisesti koealojen keskelle. Kokopuu kasattiin siirtelykaadon avulla 9 metrin vyöhykkeelle ajourasta. Pisimmät puut katkottiin kuljetuksen helpottamiseksi noin 5 metrin kohdalta.
2. Työvälineenä käytettiin kaatokahvoilla varustettua moottorisahaa. Muuten menetelmä oli sama kuin yllä.

Raivaussahaa ei käytetty kahdesta syystä. Ensinnäkin jäävän puuston vaurioitumisriski olisi ollut suuri. Toiseksi siirtelykaato ei olisi ollut mahdollista raivaussahaa käytettäessä. Kasaus olisi pitänyt suorittaa kokonaan erillisenä työvaiheena, eikä siirtelykaadon kasausta helpottavaa vaikutusta olisi voitu hyödyntää.

224. Aikatutkimusmenetelmä

Metsurityön aikatutkimuksessa tehoaika jaettiin osa-aikoihin työvaiheiden perusteella:

- Kaato alkaa, kun metsuri tarttuu sahaan kasauksen jälkeen. Jos metsurin on siirryttävä puulta toiselle, kaato alkaa, kun metsuri on siirtynyt kaadettavan puun juurelle.
- Kasaus alkaa kaatosahauksen jälkeen.
- Siirtyminen alkaa, kun metsuri ottaa sahasta kiinni kasauksen jälkeen ja päättyy, kun hän on uuden kaadettavan puun juurella. Jos metsuri joutuu katkomaan puut, siirtyminen alkaa, kun

puut on katkottu. Jos siirtymiseen kulunut aika on alle 5 cmin, se luetaan kuuluvaksi kaatovaiheeseen.

- Katkenta alkaa, kun metsuri lähtee kävelemään kaadetun puun juurelta kohti latvaa ja loppuu, kun puu on katkaistu.
- Työn suunnittelu on työvaihe, jolloin metsuri ei varsinaisesti tee mitään, vaan suunnittelee seuraavaa työvaihetta.

Työaika sisältää myös keskeytykset. Ne alkavat sahan sammumisesta tai sammuttamisesta ja päättyvät sahan käynnistämiseen. Syynä voivat olla sahan huolto kuten terän teroitus tai paikalleenpaneminen, ilmanpuhdistimen ja tulpan tarkistus, tankkaus tai kaatokahvojen kiinnityksen kiristäminen. Syynä voi olla myös normaali työtauko.

Taulukko 2. Miestyönähakkuun tutkimuskoealojen korjuuolosuhteet.

	Työmenetelmä ¹⁾							
	A				B			
	\bar{x}	s	min	max	\bar{x}	s	min	max
Höpöttäjä								
Runkoluku/ha								
ennen harvennusta	4461	568	3772	5308	4376	482	3544	4728
harvennuksen jälk.	1600	187	1400	1900	1680	228	1400	2000
Puulajisuhteet								
% kertymästä								
mänty	91	4	88	97	92	5	85	97
lehtipuu	9	4	3	12	8	5	3	15
Kertymä								
runkoa/ha	2861	427	2272	3408	2696	325	2144	3000
runkoa/koeala	358	53	284	426	337	41	268	375
m ³ /ha, kuorell. runkop.	12,8	2,5	10,6	16,5	15,3	3,7	11,5	19,3
m ³ /koeala, "	1,6	0,3	1,3	2,1	1,9	0,5	1,4	2,4
Rungon koko, dm ³	4,5	0,4	4,1	4,9	5,7	1,1	4,4	7,1
Isokorpi								
Runkoluku/ha								
ennen harvennusta	7665	985	6470	8780	6090	594	5250	6650
harvennuksen jälk.	1888	221	1650	2100	1925	155	1800	2150
Puulajisuhteet								
% kertymästä								
kuusi	14	6	9	20	16	2	14	18
lehtipuu	86	6	80	91	84	2	82	86
Kertymä								
runkoa/ha	5778	1185	4420	7130	4165	579	3400	4750
runkoa/koeala	578	119	442	713	417	58	340	475
m ³ /ha, kuorell. runkop.	50,0	10,2	38,7	63,5	32,8	5,0	28,6	39,6
m ³ /koeala, "	5,0	1,0	3,9	6,4	3,3	0,5	2,9	4,0
runkon koko, dm ³	8,9	2,3	6,9	12,1	7,9	0,8	6,7	8,4

¹⁾ A = moottorisaha ja kaatokahvat, B = moottorisaha

Symbolit:

- \bar{x} = keskiarvo
- s = keskihajonta
- min = minimi
- max = maksimi

3. TULOKSET

31. Koneellinen energiapuun korjuu

311. Ajankäyttö

Tuotantoaika jakautui tehoaikaan ja keskeytyksiin. Tehoaikaan kuuluivat varsinaisiin työvaiheisiin sisältyvät lisätyöt kuten esimerkiksi tukijalkojen uudelleen virittely. Keskeytyksiin luettiin koneen huoltoihin ja korjauksiin kulunut aika. Korjaukset käsittivät työmaalla tehtävät pienet korjaukset kuten teräketjun ja laipan vaihdot. Kahvi- ja lounastaukoja ei laskettu keskeytyksiin. Koiravaarassa hakkuussa ja kuljetuksessa oli keskeytyksiä 5 % ja Isokorvessa 17 % käyttöajasta. Eniten keskeytyksiä aiheuttivat energiapuukouran teräketju ja laippa.

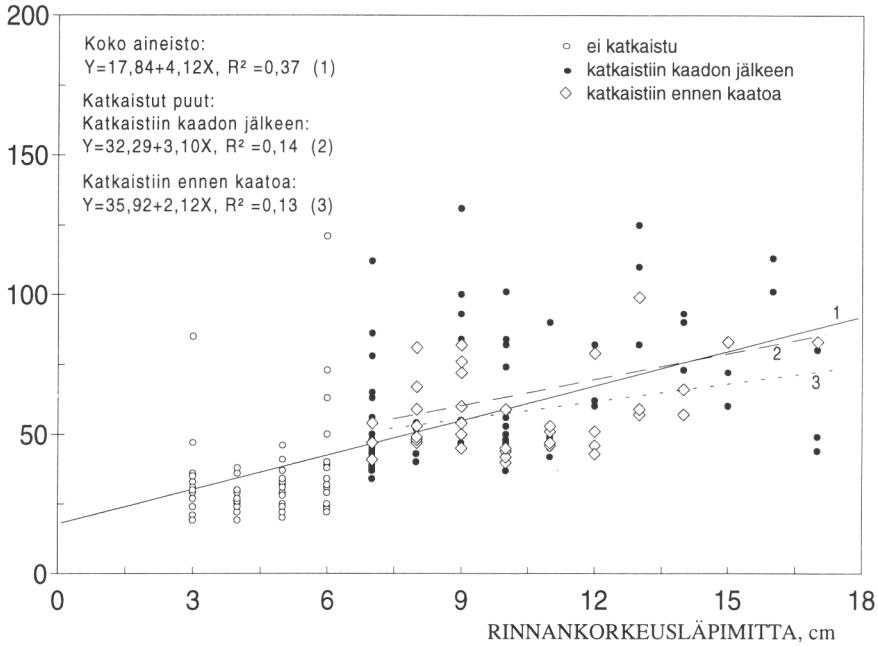
Koska Terri teki sekä hakkuun että kuljetuksen, voidaan tehoajan jakautumista tarkastella koko korjuutyön suhteen (taulukko 3). Koiravaarassa keskikuljetusmatka oli 65 ja Isokorvessa 40 metriä. Puuston suuri runkoluku vaikeutti kouran käsittelyä aiheuttaen vienti ja kaato -vaiheeseen kuluneen ajan osuuden kasvun sekä koko työtä että pelkästään hakkuuta tarkasteltaessa. Toisaalta riukupuuston hakkuussa katkottavaa oli vähemmän, joten kasakatkonta ja kasaus -vaiheen osuus oli pienempi. Siirtymiseen kuluneen ajan osuus oli suurempi runkoluvultaan pienemmällä työmaalla.

Taulukko 3. Tehoajan jakautuminen koneellisessa korjuussa.

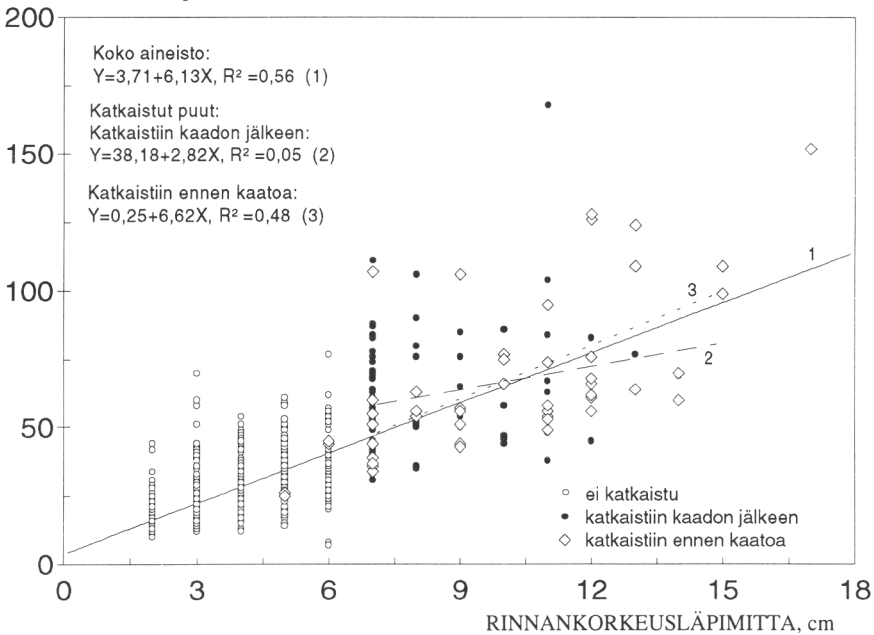
	Koiravaara %	Isokorpi
Hakkuu		
Vienti ja kaato	23,6	32,5
Katkonta ja kasaus	23,1	26,2
Kasakatkonta ja kasaus	5,5	2,0
Siirtyminen	10,1	7,9
Yhteensä	62,4	68,6
Metsäkuljetus		
Ajo tyhjänä	2,2	1,4
Kuormaus	19,5	20,3
Kuormausajo	4,4	2,6
Ajo kuormattuna	3,1	2,0
Purkaminen	8,5	5,2
Yhteensä	37,6	31,4
Koko työaika	100,0	100,0
Koko työaika, cmin	14977	37437

Rungon rinnankorkeusläpimitan vaikutus hakkuun runkokohtaiseen tehoaikaan on esitetty kuvassa 1. Kuvassa näkyvät pisteparvena kaikki havainnot. Siirtymiset laskettiin tehoaikaan jakamalla siirtymiseen kulunut aika tasaisesti kaikille puille. Koiravaarassa puukohtaisiin tehoaikoihin lisättiin 8,3 cmin ja Isokorvessa 3,9 cmin. Tällä toimenpiteellä tarkastelun kohteeksi saatiin koko työhön kulunut

a) Koiravaara
TEHOAIKA, cmin/puu



b) Isokorpi
TEHOAIKA, cmin/puu



Kuva 1. Rungon rinnankorkeusläpimitan vaikutus koneellisen hakkuun tehoajanmenekkiin.

teho aika. Ajankäyttöä kuvaavat suorat leikkaavat 6 cm:n kohdalla. Koiravaarassa alle 6 cm:n puihin kulunut teho aika oli suurempi kuin Isokorvessa. Tarkasteltaessa tätä järeämpiä puita tilanne kääntyi päinvastaiseksi.

Hakkuumenetelmistä pystyssä olevan puun katkaisu osoittautui Koiravaarassa selvästi tehokkaammaksi (kuva 1a). Tällä menetelmällä aineiston keskimääräisellä puulla ($d_{1,3} = 9$ cm) ajanmenekki oli noin 10 % pienempi kuin kaadon jälkeisellä katkaisulla. Isokorvessa pystyssä olevan puun latvan katkaisua käytettäessä ajanmenekki oli lähes sama kuin koko aineistolla (kuva 1b). Järeillä puilla kaadon jälkeistä katkaisua käytettiin ennen kaatoa tehtyä katkaisua vähemmän, koska kokonaisen puun käsittely suuren runkoluvun metsässä oli vaikeaa.

Terri-energiapuukouraa ei ole erityisesti suunniteltu puiden joukkokäsittelyyn, mutta Isokorvessa tämä näytti kuitenkin onnistuvan. Joukkokäsittelyllä tarkoitetaan tämän koneen yhteydessä useampaa kuin yhtä samalla kouran otteella kaadettavaa puuta. Puiden käsittelyn jakautuminen on esitetty seuraavassa:

	Kerralla käsiteltävien puiden lukumäärä					
	1	2	3	4	5	6
	%					
Koiravaara	99	1	-	-	-	-
Isokorpi	56	25	13	4	1	1

Isokorvessa lähes puolet puista valmistettiin joukkokäsittelynä. Koiravaarassa (ensiharvennustyömaa) sen sijaan lähes kaikki puut käsiteltiin yksitellen. Koiravaarassa yhden puun käsittelyyn kului aikaa keskimäärin 51,6 cmin ja Isokorvessa 33,3 cmin. Kolmasosalla katkaistuista puista latva katkaistiin ennen kaatoa. Eri menetelmillä katkaistujen puiden jakauma on esitetty seuraavassa:

	Ei katkaistu	Katkaistut		Yhteensä	Yhteensä
		Ennen kaatoa	Kaadon jälkeen		kpl
	%				
Koiravaara	38	21	40	100	181
Isokorpi	82	7	11	100	771

Energiapuun metsäkuljetuksen vertailun helpottamiseksi molempien työmaiden ajankäyttö laskettiin 200 metrin kuljetusmatkan perusteella (taulukko 4). Kuorma-
maus vei suhteellisesti vähemmän aikaa Koiravaarassa, koska taakan keskikoko oli järeämmän puuston takia suurempi. Tyhjänä ajo palstalle vei suhteellisesti vähemmän aikaa Koiravaarassa suuremman keskinopeuden vuoksi.

Koiravaarassa tyhjänä ajon keskinopeus oli 54 m/min ja kuormattuna ajon 41 m/min. Isokorvessa vastaavat keskinopeudet olivat 38 ja 36 m/min. Jälkimmäisellä työmaalla keskinopeudet olivat pienemmät, koska maaston painanteisuus ja tiheä kasvatusasento hidastivat ajoa. Tyhjänä ja kuormattuna ajonopeuksien pieni ero Isokorvessa johtui luultavasti kuorman pienestä keskitilavuudesta (1,39 m³

kokopuuta). Koiravaarassa kuorman keskittelavuus oli 2,33 m³ kokopuuta eli yli puolet suurempi kuin Isokorvessa. Suuri kuorma aiheutti kuormattuna ajoneuvon hidastumisen.

Taulukko 4. Tehoajan jakautuminen metsäkuljetuksessa 200 metrin kuljetusmatkalla.

	Koiravaara	Isokorpi
	%	
Ajo tyhjänä	15,0	18,6
Kuormaus	39,3	44,7
Kuormausajo	8,9	5,6
Ajo kuormattuna	19,7	19,6
Purkaminen	17,1	11,5
Yhteensä	100,0	100,0
Yhteensä, cmin	7423	16995

312. Tuottavuus

Tuottavuudet on esitetty kuorellisena runkopuuna sekä kokopuuna. Kokopuulla tarkoitetaan kuorellista runkopuuta ja oksia ilman neulasia ja lehtiä. Oksien määrän arvioinnissa käytettiin Mattilan & Keskimölön (1994) energiapuuvaraselvityksessä käyttämiä oksaosuuksia, jotka perustuvat pääasiassa Hakkilan (1991) tutkimukseen. Koiravaarassa oksien määränä käytettiin 20 % ja Isokorvessa 12 % kuorellisen runkopuun määräästä.

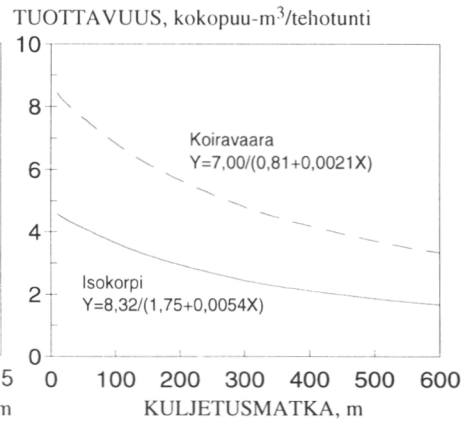
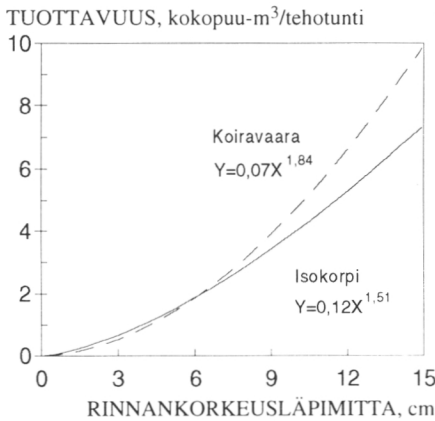
Koiravaarassa hakkuun ja koko korjuun kokopuun tuottavuudet olivat yli kaksinkertaisia Isokorpeen verrattuna (taulukko 5). Energiapuun hakkuun läpimittaluokakohtaisen ajankäytön perusteella lasketun regressiomallin avulla saatiin läpimittaluokkien tuottavuudet (kuva 2). Pienillä läpimitoilla tuottavuuksissa ei ollut eroa. Läpimitan kasvaessa 15 cm:iin hakkuun tehotuntituotosten ero kasvoi lähes 3 m³:iin. Rinnankorkeusläpimittoja vastaavat kokopuun tilavuudet on esitetty seuraavassa:

	Läpimitta, cm						
	3	5	7	9	11	13	15
	dm ³						
Koiravaara	2,5	8,2	19,3	36,2	59,9	87,2	129,4
Isokorpi	2,4	8,0	18,1	33,9	53,1	76,0	119,1

Koiravaarassa metsäkuljetuksen tehotuntituotos aikatutkimuksen todellisilla kuljetusmatkoilla (Koiravaara: 65 m, Isokorpi: 40 m) oli lähes kaksinkertainen Isokorpeen verrattuna (taulukko 5). Metsäkuljetuksen tuottavuuden riippuvuus kuljetusmatkoista on esitetty kuvassa 3. Koiravaarassa kuormauksen, kuormausajon ja purkamisen tehotuntituotos oli 8,6 m³ (kuljetusmatka 0 m) eli noin 3,9 m³ suurempi kuin Isokorvessa. Ero supistui 1,7 m³:iin, kun tehotuntituotos laskettiin keskiajonepeuksien perusteella 600 metrille.

Taulukko 5. Koneellisen korjuun tuottavuus.

	Koiravaara	Isokorpi
Rungon keskitilavuus, dm ³	32,2	9,6
Kokopuun keskitilavuus, dm ³	38,6	10,8
Hakkuu		
Runkopuu:		
Tehotuntituotos, m ³ /h	3,7	1,7
Käyttötuntituotos, m ³	3,6	1,5
Kokopuu:		
Tehotuntituotos, m ³ /h	4,5	1,9
Käyttötuntituotos, m ³	4,3	1,6
Metsäkuljetus		
Kuormat, kpl	3	6
Runkopuu:		
Kuorman keskikoko, m ³	1,9	1,2
Tehotuntituotos, m ³ /h	6,2	3,8
Käyttötuntituotos, m ³	5,9	3,2
Kokopuu:		
Kuorman keskikoko, m ³	2,3	1,4
Tehotuntituotos, m ³ /h	7,5	4,2
Käyttötuntituotos, m ³	7,1	3,5
Koko korjuu		
Runkopuu:		
Tehotuntituotos, m ³ /h	2,3	1,2
Käyttötuntituotos, m ³	2,2	1,0
Kokopuu:		
Tehotuntituotos, m ³ /h	2,8	1,3
Käyttötuntituotos, m ³	2,7	1,1



Kuva 2. Rungon rinnankorkeusläpimitan vaikutus koneellisen hakkuun tuottavuuteen.

Kuva 3. Kuljetusmatkan vaikutus metsäkuljetuksen tuottavuuteen.

313. Kustannukset

Käyttötuntikustannuslaskelmassa käytettiin koneen valmistajan ilmoittamia tietoja lukuunottamatta kuljettajan palkkaa. Koneen kuljettajan tuntipalkkana käytettiin 44,59 mk, joka on hakkuukoneen kuljettajien keskituntipalkka (Jaakkola 1993, suullinen tiedonanto). Henkilösivukulut olivat saman lähteen mukaan 65 % tuntipalkasta eli palkkakustannus oli kokonaisuudessaan 73,57 mk/h. Metsäkonealan työehtosopimuksen (1992) mukaan ammattitaitoisen metsäkoneen kuljettajan tuntipalkka on noin 32 mk. Urakkatuntipalkka lasketaan saman lähteen mukaan lisäämällä tähän 25 %. Tällöin urakkatuntipalkaksi saadaan noin 40 mk. Tässä tutkimuksessa käytettiin käytännöstä kerättyä tietoa.

Energiapuun korjuukustannukset laadittiin kahdelle vaihtoehdoiselle käyttötuntimäärälle. Pienempi, 1300 käyttötuntia vuodessa, vastaa tilannetta, jossa koneella ei ole tarpeeksi työmahdollisuuksia. Koneita käytetään työvuoden 230 työpäivänä vajaat kuusi tuntia päivässä. Suurempi 2000 tunnin vuotuinen käyttötuntimäärä vastaa tilannetta, jossa konetta käytetään vajaat yhdeksän tuntia päivässä. 1300 käyttötunnilla käyttötuntikustannus oli 178,73 mk ja 2000 käyttötunnilla 149,95 mk. Eritelty käyttötuntikustannuslaskelma on esitetty liitteessä.

Yksikkökustannukset riippuvat käyttötuntikustannuksista ja -tuotoksesta. Laskettaessa käyttötuntituotosta huomioitiin aikatutkimuksessa saatu keskeytysten osuus. Välttämättömien keskeytysten osuudet olivat 5 ja 17 % käyttöajasta. Isokorven vaikeat työolosuhteet nostivat keskeytysten osuutta, joten käyttötuntituotosta laskettaessa keskimääräisenä keskeytysten osuutena oli 10 %.

Hakkuun yksikkökustannukset (mk/kokopuu-m³) olivat 37–105 ja metsäkuljetuksen 22–47 mk/m³ (Koiravaaran keskikuljetusmatka 65 ja Isokorven 40 m), jolloin energiapuun korjuukustannukset yhteensä olivat 59–152 mk/m³ (taulukko 6). Korjuukustannukset olisivat olleet 47–122 mk/m³, jos puut olisi kuormattu kourakasan sijasta suoraan kuormatilaan. Tällöin erillinen kuormaus ja kuormausajo olisivat jääneet pois, jolloin tehoaikaa olisi kulunut runsaat 20 % vähemmän (ks. taulukko 3). Yhdistelmäkorjuussa puut kannattaa katkaista ennen kaatoa, jolloin yhden rungonosan korjaamiseen tarvittavien työvaiheiden määrä vähenee kokonaisuudessaan kaadettujen puiden katkaisuun verrattuna. Tämä tekniikka parantaa hiemen hakkuun tuottavuutta. Toisaalta kuorma heikentää koneen käsiteltävyyttä hakkuussa. Korjuumenetelmän muutoksen vaikutusta hakkuun tuottavuuteen ei ole tässä huomioitu.

Läpimitan vaikutus hakkuukustannuksiin on esitetty kuvassa 4. Koiravaarassa kustannukset olivat pienemmät järeillä puilla. Metsäkuljetuksessa kuormaamiseen kulunut aika oli Isokorvessa huomattavasti suurempi, joten lähtökustannuksissa oli 16–19 mk:n ero (kuva 5). Kuljetusmatkan kasvaessa ero kasvoi johtuen Isokorven pienemmistä ajonopeuksista.

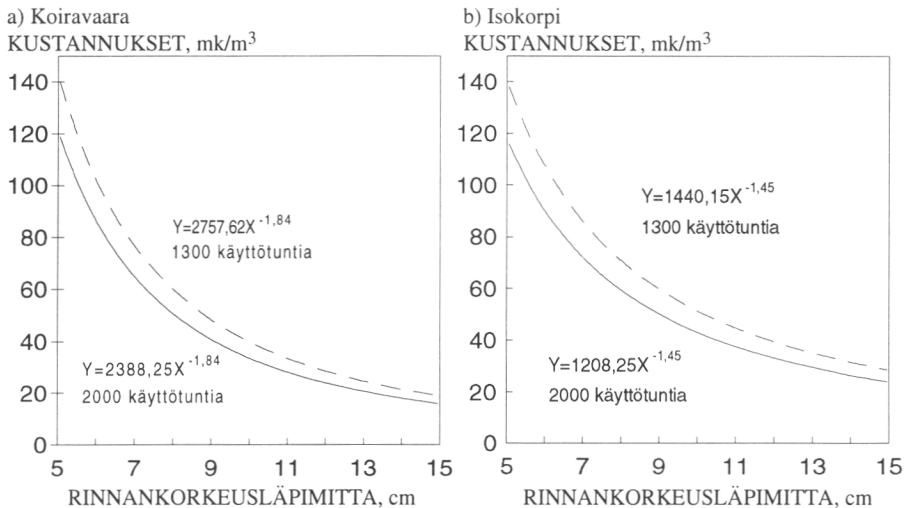
Taulukko 6. Koneellisen korjuun yksikkökustannukset. Käyttötuntituotos on laskettu kuorellisena kokopuuna (runkopuu ja oksat).

	Käyttötunti- tuotos, m ³ /h	Yksikkökustannus, mk/m ³	
		Vaihtoehto 1 ¹⁾	Vaihtoehto 2 ²⁾
Hakkuu			
Koiravaara	4,1	36,57	43,59
Isokorpi	1,7	88,21	105,14
Metsäkuljetus			
Koiravaara	6,8	22,05	26,28
Isokorpi	3,8	39,46	47,03
Korjuu yhteensä			
Koiravaara	2,5	58,62	69,88
Isokorpi	1,2	127,67	152,17
Yhdistelmäkorjuu yhteensä ³⁾			
Koiravaara	3,2	46,90	55,90
Isokorpi	1,5	102,14	121,74

¹⁾ 2000 käyttötuntia

²⁾ 1300 käyttötuntia

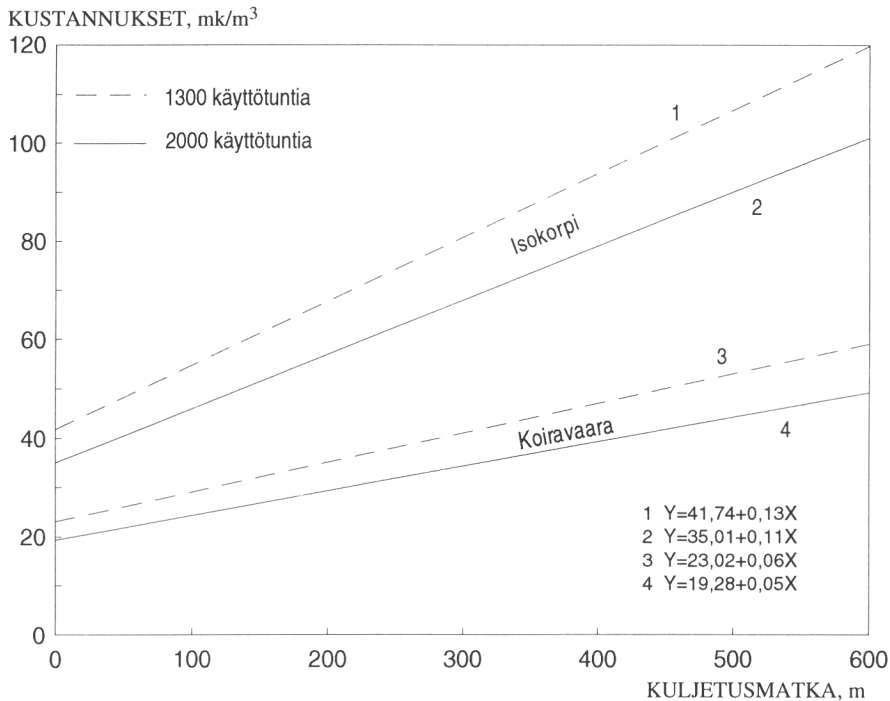
³⁾ Hakkuun ja metsäkuljetuksen yhteistehoajasta vähennetty 20 %



Kuva 4. Rungon rinnankorkeusläpimitan vaikutus koneellisen hakkuun kustannuksiin.

314. Korjuuvauriot

Työmaiden pienen koon takia korjuuvaurioiden määrän yleistettävyyks on huono, mutta niitä voidaan kuitenkin pitää suuntaa antavina. Vaurioituneiden puiden osuus Koiravaarassa oli 1,5 %. Kaikki vauriot olivat runkovaurioita. Isokorvessa vaurioprosentti oli 18,0. Vaurioista 89,9 % oli rungossa tai juurenniskassa ja 11,1 % juuristossa. Kaikki ilmenneet vauriot olivat pintavaurioita (itse puuaines ei vahingoittunut) ja pinta-alaltaan alle 100 cm².



Kuva 5. Kuljetusmatkan vaikutus metsäkuljetuksen kustannuksiin.

32. Manuaalinen energiapuun hakkuu

321. Ajankäyttö

Eniten tehoaikaa kului kasaukseen, sitten kaatoon ja siirtymiseen. Höpöttäjässä siirtymiseen kului enemmän aikaa, koska puuston runkoluku oli pienempi. Isokorvessa katkontaan kului enemmän aikaa johtuen puuston järeydestä. Tehoajasta puolet kului siirtymiseen ja kaatoon ja puolet katkontaan ja kasaukseen (taulukko 7).

Työvälineen aiheuttamia ajanmenekin eroja ei Höpöttäjässä ollut tarkasteltaessa eri työmenetelmillä saatuja keskimääräisiä puukohtaisia kaato- ja katkonta-aikoja keskitilavuuksien suhteen. Sen sijaan Isokorvessa kaatokahvoista oli etua tarkasteltaessa kaatovaiheen keskimääräistä puukohtaista ajanmenekkiä.

Metsurityön keskeytysten osuutta ei tässä tutkimuksessa tarkasteltu, koska erityisesti Höpöttäjässä yhteen koealaan kulunut aika oli niin lyhyt, että työhön normaalisti kuuluvat taudit ja huollot tehtiin yleensä vasta, kun koeala oli kokonaan tehty. Isokorvessa työpäivät olivat pidempiä, mutta samalla myös kaatokahvoista aiheutuneiden häiriöiden määrä kasvoi.

Taulukko 7. Miestyönähakkuun tutkimuskoealojen tehoajan jakautuminen.

	Työmenetelmä ¹⁾							
	A				B			
	\bar{x}	s	min	max	\bar{x}	s	min	max
	%							
Höpöttäjä								
Kaato	29,2	3,3	24,8	31,9	29,8	3,9	24,8	35,6
Kasaus	48,1	0,8	47,1	49,1	49,9	3,8	45,2	55,7
Katkonta	3,9	2,1	0,3	5,3	4,9	1,9	3,0	7,6
Siirtyminen	17,6	3,0	13,8	21,8	15,3	2,2	12,3	17,6
Työn suunnittelu	1,2	2,7	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	100,0				100,0			
Yhteensä, cmin	34 578				31 018			
Isokorpi								
Kaato	33,1	2,9	29,3	35,5	33,4	4,9	27,1	38,8
Kasaus	44,4	0,3	44,0	44,7	41,1	1,5	38,9	42,2
Katkonta	10,7	1,5	9,2	12,6	10,4	0,8	9,6	11,4
Siirtyminen	10,9	2,5	8,4	13,5	14,9	3,6	10,9	19,6
Työn suunnittelu	1,0	1,2	0,0	2,5	0,2	0,5	0,0	0,9
Yhteensä	100,0				100,0			
Yhteensä, cmin	64 330				46 430			

¹⁾ A = moottorisaha ja kaatokahvat, B = moottorisaha
 Symbolit: ks. taulukko 2

322. Tuottavuus

Höpöttäjässä runkopuun tehotuntituotos oli Isokorpea pienempi (taulukko 8). Ero oli kuitenkin melko pieni, kun huomioidaan rungon keskitilavuuksien suuri ero. Ilmeisesti Isokorvessa työtä vaikeuttivat kaikissa työvaiheissa suuri runkoluku ja puiden solakkuus. Koska saman runkotilavuuden puu oli Isokorvessa pidempi kuin Höpöttäjässä, oli sen käsittely työläämpää. Kokopuutuotoksien ero oli pienempi, koska oksien tilavuuden osuus kuorellisen runkopuun tilavuudesta (Mattila & Keskimölä 1994, vrt. Hakkila 1991) mäntyvaltaisessa taimikossa oli suurempi (20 %) kuin koivuvaltaisessa (12 %).

323. Kustannukset

Metsurin tuntikustannukset saatiin seuraavasti. Metsänhoitotoissa olleiden työntekijöiden urakkatyön päiväkeskiansio oli vuonna 1992 korkeimmillaan 369,63 mk (Metsätalustollinen... 1993). Tästä 30 % oli työvälinekorvausta ja loput verotettavaa ansiotuloa, josta laskettiin myös henkilösivukulut. Metsurityössä käytettiin samaa henkilösivukuluosuutta (65 %) kuin konetyön yhteydessä. Metsurin päiväkeskikustannuksiksi saatiin siten 537,81 mk. Kun metsurin työpäivä on keskimäärin 6 työtuntia (Hakkila 1978), työtunnin kustannukseksi saatiin 89,64 mk. Työtunnista noin 20 % on keskeytyksiä (Harstela & Tervo 1977), joten työtuntituotos on 80 % tehotuntituotoksesta.

Taulukko 8. Miestyönähakuun tutkimuskoealojen tuottavuus.

	Työmenetelmä ¹⁾							
	A				B			
	\bar{x}	s	min	max	\bar{x}	s	min	max
Höpöttäjä								
Runkopuu:								
Keskitilavuus, dm ³	4,5	0,4	4,1	4,9	5,7	1,1	4,4	7,1
Tehotuntuotos, m ³	1,39	0,16	1,19	1,60	1,85	0,38	1,40	2,37
Kokopuu:								
Keskitilavuus, dm ³	5,4	0,4	4,9	5,9	6,8	1,3	5,3	8,5
Tehotuntuotos, m ³	1,67	0,20	1,43	1,92	2,22	0,45	1,68	2,84
Isokorpi								
Runkopuu:								
Keskitilavuus, dm ³	8,9	2,3	6,9	12,1	7,9	0,8	6,7	8,4
Tehotuntuotos, m ³	1,86	0,18	1,71	2,11	1,70	0,15	1,49	1,82
Kokopuu:								
Keskitilavuus, dm ³	10,0	2,6	7,7	13,6	8,9	0,9	7,5	9,4
Tehotuntuotos, m ³	2,08	0,19	1,92	2,36	1,91	0,16	1,67	2,04

¹⁾ A = moottorisaha ja kaatokahvat, B = moottorisaha

Symbolit: ks. taulukko 2

Taulukko 9. Miestyönähakuun tutkimuskoealojen kustannukset. Työtuntuotos on laskettu kuollena kokopuuna (runkopuu ja oksat).

	Työmenetelmä ¹⁾							
	A				B			
	\bar{x}	s	min	max	\bar{x}	s	min	max
Höpöttäjä								
Työtuntuotos ²⁾ , m ³	1,34	0,16	1,14	1,54	1,78	0,36	1,34	2,27
Kustannukset, mk/m ³	67,77	8,17	58,21	78,63	52,13	10,61	39,49	66,90
Isokorpi								
Työtuntuotos ²⁾ , m ³	1,66	0,16	1,54	1,89	1,53	0,13	1,34	1,63
Kustannukset, mk/m ³	54,26	4,74	47,43	58,21	59,12	5,35	55,00	66,90

¹⁾ A = moottorisaha ja kaatokahvat, B = moottorisaha

²⁾ Keskeytyksiä 20 % työajasta

Symbolit: ks. taulukko 2

Höpöttäjässä energiapuun hakkuun yksikkökustannukset (mk/kokopuu-m³) olivat 58–79 ja Isokorvessa vastaavasti 47–58 mk/m³, kun työvälineenä oli kaatokahvoihin kytketty moottorisaha. Kun työvälineenä käytettiin pelkkää moottorisahaa, Höpöttäjässä kustannukset olivat 39–67 ja Isokorvessa 55–67 mk/m³. Koealojen yksikkökustannuksista laskettu keskimääräinen kustannus oli Höpöttäjässä noin 60 ja Isokorvessa 57 mk/m³ (taulukko 9).

Energiapuun hakkuun ajankäyttö voidaan jakaa normaaliin taimikonhoitotyöhön kuuluviin työvaiheisiin (siirtyminen ja kaato) ja energiapuun talteenoton aiheuttamiin työvaiheisiin (kasaus ja katkenta). Siirtymiseen ja kaatoon kului aikaa noin puolet koko tehoajasta. Energiapuun hakkuussa aikaa kului kaksinkertaisesti normaaliin taimikonhoitotyöhön verrattuna. Energiapuun korjuun aiheuttama lisäkustannus hakkuussa oli siten 20–40 mk/m³. Energiapuun hehtaarikohtaiset hakkuu-

kustannukset olivat Höpöttäjässä 730–1150 mk/ha ja Isokorvessa 1760–3370 mk/ha. Normaaliin taimikonhoitotyön hehtaarikohtaiset kustannukset olivat noin puolet koko työn kustannuksista.

4. TUOTTAVUUS- JA KUSTANNUSVERTAILUA

Telamaasturin ja kourasahan yhdistelmää ei ole aikaisemmin tutkittu. Sen sijaan on tehty useita yleensä telamaasturia raskaampia kaato-kasauskoneita koskevia tutkimuksia (taulukko 10). Terrin tehotuntituotos ei aivan yltänyt muiden koneiden tasolle. Muut koneet ovat Makeria lukuunottamatta selvästi Terriä raskaampia, mikä voi osaltaan selittää niiden paremman tuottavuuden. Ruotsissa Terriä on tutkittu myös varustettuna Tapio-harvesterilla (Karlsson 1988). Ainespuun hakkuussa tehotuntituotos oli 3,6 m³ rungon ollessa 60 dm³ eli lähes sama kuin tässä tutkimuksessa. Karsimattoman puun hakkuussa Terri pystyi samaan runkokuun tuottavuuteen huomattavasti pienemmällä rungon koolla.

Taulukko 10. Kaato-kasauskoneiden tehotuntituotoksia kirjallisuuden mukaan.

Peruskone	Korjuuolosuhteet	Kokopuun koko, dm ³	Tehotuntituotos, m ³ /h	Lähde
Fiatagri 80-90 DT ¹⁾	Kesä, harvennush.	7	1,2	Perälä 1994
"	"	38	2,0 ⁵⁾	"
Åkerman H7B ²⁾	Talvi, avohakkuu	40	4,6	Hägglom 1983
Makeri ³⁾	Kesä, harvennush.	36	5,0	Hakkila & Wojcik 1980
Lillebror FS 0410 ³⁾	"	37	6,1	Brunberg ym. 1988
Kockum 81-11 ³⁾	"	50	9,6	Ahlgren & Tosterud 1983
Aktiv Skotten ⁴⁾	Kesä, avohakkuu	180	9,9	Nissi 1984
Makeri ³⁾	Kesä, harvennush.	51	10,3	Kalaja 1984
<i>Terri 2040D Hydro</i>	<i>Kesä, harvennush.</i>	<i>11</i>	<i>1,9</i>	
"	"	39	4,5	

¹⁾ Maataloustraktori

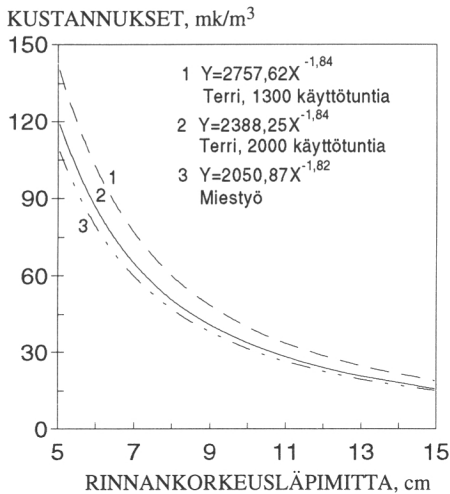
²⁾ Tela-alustainen kaivukone

³⁾ Pientraktori

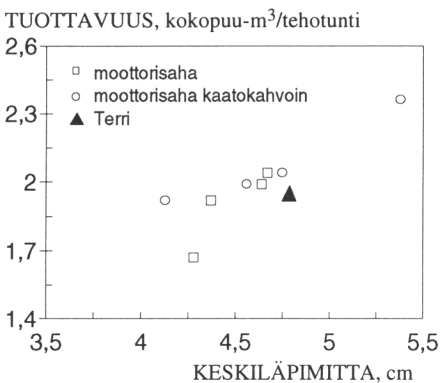
⁴⁾ Kuormatraktori

⁵⁾ Tyvipölkky karsittiin ainespuuksi

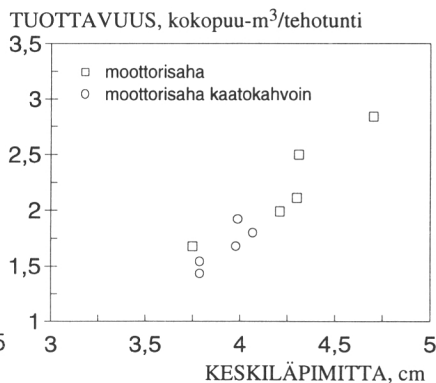
Koneellista energiapuun hakkuuta verrattiin myös miestyöhön (kuva 6). Kuvassa esitetään Koiravaaran koneellisen karsimattoman puun hakkuun kustannukset sekä Hakkilan (1984) esittämän miestyönä tehdyn kokopuun hakkuun tuottavuuden perusteella lasketut ihmistyön kustannukset (urakkatyön korkein päiväkeskiansio puutavaran valmistuksessa 492,59 mk ml. työvälinoisuus (Metsätilastollinen... 1993), sivukuluosuus 65 %). Vaikka normaalissa ainespuun hakkuussa metsurin ajasta suuren osan vievä karsinta (Hakkila ym. 1977) jää kokopuun korjuussa kokonaan pois, oli koneen tuottavuus suurempi. Miestyön kustannukset läpimitaltaan 9 cm:n puun hakkuussa (38 mk/m³) jäivät kuitenkin



Kuva 6. Rungon rinnankorkeusläpimitan vaikutus hakkuukustannuksiin ensiharvennuskäytännössä.



Kuva 7. Rungon keskiläpimitan vaikutus hakkuun tuottavuuteen Isokorven mies- ja konetyömailla.



Kuva 8. Rungon keskiläpimitan vaikutus miestyönähakkuun tuottavuuteen Höpöttäjässä.

hieman konetyötä (42 mk/m³) pienemmiksi johtuen koneen suuremmista tuntikustannuksista. Samaan tulokseen pääsivät Brunberg ym. (1988) vertaillessaan Lillebror FS 0410 -kaato-kasauskoneen ja miestyön yksikkökustannuksia.

Isokorvessa koneen tuottavuus oli samaa suuruusluokkaa kuin miestyön (kuva 7). Kuvassa on merkitty kolmiolla koko Isokorven Terri-aineistosta laskettu keskimääräinen tuottavuus. Miestyössä kaatokahvoilla saatu tuottavuus oli suurempi keskiläpimitaltaan alle 4,5 cm:n koaloilla kuin ilman niitä. Vaikka kone- ja miestyön tuottavuus oli samaa suuruusluokkaa, kone ei kuitenkaan pystynyt kilpailemaan kustannuksissa.

Höpöttäjässä (kylvötupasalue) moottorisahalla hakatuilla koealoilla oli suurimmat rungon keskitilavuudet, joten tuottavuuden vertailu oli vaikeaa (kuva 8). Havaintojen perusteella menetelmien välillä ei ollut mainittavaa tuottavuuseroa. Miestyön keskiläpimittoja vastaavat kokopuun tilavuudet olivat seuraavat:

	Keskiläpimitta, cm			
	3	4	5	6
	dm ³			
Höpöttäjä	2,5	4,8	8,2	13,1
Isokorpi	2,4	4,7	8,0	12,4

Lehtosen (1976) mukaan kaatokahvojen käytöstä saadaan 20–30 %:n hyöty pieni-läpimittaisen puuston hakkuussa. Tämän tutkimuksen perusteella kaatokahvoista ei ollut jäävän puuston varomisen takia apua kylvötuppaiden harvennuksessa. Sen sijaan luontaisesti syntyneessä pieniläpimittaisessa riukuasteen taimikossa kaatokahvoilla saatiin hieman paremmat tuottavuudet.

Tässä tutkimuksessa saadut miestyön työtuntituotokset riukuasteen metsiköissä olivat 1,14–2,27 m³, kun Harstela & Tervo (1977) saivat 1,39–1,48 m³ vastaavanlaisessa metsikössä. Keskimäärin tuottavuus oli siis samaa suuruusluokkaa, mutta vaihteluväli suurempi. Sen sijaan Ihosen (1989) esittämät taimikonhoidon tuottavuudet jäivät murto-osaan tämän tutkimuksen tuottavuuksista. Kylvötuppailla ei tässä tutkimuksessa ollut heikentävää vaikutusta työmaakohtaiseen keskituotokseen.

Terrin hakkuukustannukset ensiharvennusmännikössä olivat samaa suuruusluokkaa kuin Vuolletin & Mustosen (1992) esittämät koneellisen hakkuun yhteydessä tehtävän latvusten kasauksen kustannukset (33–46 mk/m³). Edellä mainitun maataloustraktori-kourasasaha-yhdistelmän (taulukko 10) hakkuukustannukset nuoren metsän kunnostuskohteessa korjattaessa tyvipölkky ainespuuksi ja loput energiapuuksi olivat kaksinkertaiset Terriin verrattuna (Perälä 1994). Miestyönä hakatuissa riukuasteen taimikoissa kustannukset olivat pienimmillään samaa suuruusluokkaa kuin latvusten kasauksessa. Puun koon pienetessä kustannukset kasvoivat kuitenkin nopeasti.

Toinen konetyön osa oli energiapuun metsäkuljetus. Terriä on tutkittu aikaisemmin karsitun puutavaran maastokuljetuksessa (Takalo & Väyrynen 1982). Kuljettavana puutavarana oli silloin tukkia ja 3-metristä kuitupuuta. Kuorman keskikoko oli silloin 1,5–2,4 m³ eli lähes sama kuin tässä tutkimuksessa. Vaikka kuljettavan puutavaran pituus oli nyt suurempi, pienensi kuorman alhaisempi tiiviys kuorman keskikokoa. Työn tehotuntituotos oli tässä tutkimuksessa 2,9–5,7 m³ 200 metrin kuljetusmatkalla. Aikaisemmin oli päästy 3,1–6,2 m³:iin vastaavalla kuljetusmatkalla.

Muut markkinoilla olevat telamaasturit ovat Terriä järeämpiä (Mäkelä 1990a, 1990b, Nissi 1984, Rieppo 1986a, 1986b), minkä takia niiden kuormat ovat suurempia. Farmi Trac-, Nokka-Joker- ja Telakarhu 2000 -telamaastureilla kuor-

man keskikoko on tutkimuksissa ollut suurimmillaan 3–6 m³. Terrin ajonopeudet muihin telamaastureihin verrattuna olivat samaa suuruusluokkaa niin tyhjänä kuin kuormattunakin, joten vain pienempi kuorma heikentää sen kilpailukykyä raskaampiin koneisiin verrattuna. Terri-telamaasturin suurin keskikuorma oli vain vajaa kolmannes keskikokoisen kuormatraktorin kuormasta (Kahala & Kuitto 1986). Ajonopeudessa tyhjä telamaasturi voittaa kuormatraktorin. Kuorma hidastaa kuitenkin enemmän kevyen koneen ajoa.

Sekä Terrillä kuljetetun karsitun puutavaran (Takalo & Väyrynen 1982) että karsimattoman 5-metrisen puun käyttötuntituotokset 200 metrin kuljetusmatkalla olivat noin kolmannes metsäkuljetuksen keskimääräisestä käyttötuntituotoksesta (13,7 m³, Kuitto 1992). Kuljetuskustannuksiin vaikuttavat tuottavuuden lisäksi myös käyttötuntikustannukset. Keskiraskaan metsätraktorin käyttötuntikustannukset ovat lähes kaksinkertaiset (260 mk/h) verrattuna Terriin (Jaakkola 1994, kirjallinen tiedonanto). Terrin etuna ovat pienet käyttötuntikustannukset, mutta haittana niin pieni tuottavuus, että yksikkökustannukset nousevat korkeammaksi kuin keskiraskaalla metsätraktorilla. Seuraavassa asetelmassa on vertailtu erilaisilla ensiharvennuspuun metsäkuljetusratkaisuilla saavutettuja kustannuksia 350 metrin kuljetusmatkalla. Keskiraskaan kuormatraktorin ja raskaan telamaasturin yksikkökustannukset perustuvat Mäkelän (1990b) esittämiin tietoihin.

	Keskir. kuomatr.	Raskas telamaasturi	Terri- telamaasturi
Käyttötuntituotos, m ³ /h	11,5	9,0	4,1
Käyttötuntikustannus, mk/h	260	225	150
Kustannus, mk/m ³	23	25	37

Mäkelän (1990b) tutkimuksessa olleilla Farmi Trac- ja Nokka-Joker-telamaastureilla ja keskikokoisella kuormatraktorilla kuljetuskustannukset ovat noin kolmanneksen pienemmät kuin Terrillä. Kuljetusmatka oli kuitenkin keskimääräistä pidempi, mikä huonontaa huomattavasti Terrin kilpailukykyä. Verrattuna Takalon & Väyrysen (1982) tuottavuus- ja kustannusvertailuun keskiraskaan metsätraktorin käyttötuntikustannukset ovat nousseet 53 % ja Terrin 88 % työn tuottavuuden pysyessä lähes ennallaan. Tästä on seurannut Terrin kilpailukyvyen heikkeneminen.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Terri-telamaasturin aikatutkimuksen tulosten luotettavuutta heikentää aineistojen pienuus. Tehollisia työtunteja kertyi yhteensä noin yhdeksän. Yleistettävyyden korjuuvaurioiden ja erityisesti keskeytysten osuuden suhteen on huono. Ajankäytöstä saatiin kuitenkin melko hyvä käsitys, koska työvaiheiden ajanmenekki paljon telamaasturia käyttäneellä kuljettajalla oli lähes vakio. Merkittävin työmaiden välisen ajankäytön ero oli riukuasteen koivikon suurempi kouran vienti ja kaato -vaiheen ajankäyttö. Tämä johtui tiheässä asennossa olevan puuston varomisesta.

Hakkuun vaatima aika riippuu puun koosta. Kouran viemistä ei kuitenkaan voi nopeuttaa loputtomasti, vaan sitä rajoittavat lähinnä tekniset seikat. Jotta työn tuottavuus nousisi pienillä puulla suurempien puiden tasolle, työn pitäisi nopeutua samassa suhteessa. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, vaan työn tuottavuus laskee jyrkästi. Riukuasteen koivikossa tuottavuutta paransi se, että tiheän asennon takia lähes puolet puista valmistettiin joukkokäsittelynä.

Hakkuun läpimittaluokkohtaisen ajankäytön perusteella lasketut tuottavuuskäyrät eivät suurimpien läpimittojen kohdalla ole kuin suuntaa antavia. Tämä johtuu aineistojen keskittymisestä pieniin läpimittaluokkiin. Metsäkuljetuksen luotettavuutta heikentää kuormien pieni lukumäärä (Koiravaara: 3 kpl, Isokorpi: 6 kpl). Viimeisen kuorman vajuus heikentää tuottavuutta enemmän pienessä kuin suuressa aineistossa. Lisäksi luotettavuutta heikentävät tutkimuksessa olleet lyhyet kuljetusmatkat (pisin kuljetusmatka Koiravaarassa 95 m ja Isokorvessa 60 m), joiden perusteella laskettiin keskimääräiset ajonopeudet. Pitkillä kuljetusmatkoilla kiihdytykseen ja hidastamiseen kuluneen ajan osuus on pienempi, joten keskimääräinen ajonopeus on hieman suurempi kuin lyhyillä matkoilla. Edellä mainitun perusteella metsäkuljetuksen ekstrapoloitu tuottavuus pitkillä kuljetusmatkoilla oli hieman todellista pienempi.

Konetyön yksikkökustannuksiin vaikuttavat koneen käyttötuntikustannukset, jotka puolestaan riippuvat käyttötuntimäärästä. Laskelmissa käytetty 2000 käyttötuntia lienee lähempänä täysimittaista koneen käyttöä. Pienempi käyttötuntimäärä (1300 h) oli mukana, jotta voitiin nähdä miten käyttötuntimäärän putoaminen vaikuttaa yksikkökustannuksiin.

Ensiharvennuskohteessa koneellisen hakkuun kustannukset olivat kesäolosuhteissa vain hieman miestyötä korkeammat. Tilanne muuttuu koneelle edullisemmaksi tarkasteltaessa lumen aikana tehtävää hakkuuta (Mikkonen & Mäkelä 1983). Tähän ovat syynä lumen paksuudesta aiheutuvat ihmistyön kausikorotukset. Lumi aiheuttaa siis lisäkustannuksia ihmistyölle ja toisaalta parantaa vaikeissa maasto-olosuhteissa koneen liikkumiskykyä tasoittamalla maanpintaa. Lisäksi koneellisen hakkuun etuna on puiden kuormaamisen nopeutumisen myötä metsäkuljetuksen tehostuminen (Brunberg ym. 1988).

Riukuasteen taimikossa koneellisen hakkuun kustannukset olivat sen sijaan selvästi miestyötä suuremmat. Konetyön kilpailukyvyyn parantaminen edellyttäisi hakkuutyön tehostamista. Pieniä puita pitäisi pystyä käsittelemään kerralla enemmän. Tämä on mahdollista esimerkiksi kehittämällä kouraa siten, että se pystyisi varastoimaan useita puita. Tämä vähentäisi kouran vientiin ja kasaukseen kuluvaa aikaa.

Miestyönä hakatuissa riukuasteen taimikoissa keskimääräiset työmaakohtaiset kustannukset eivät juurikaan poikenneet toisistaan. Vaikka puuston rakenteessa oli merkittävä ero, Höpöttäjän ja Isokorven välinen kustannusero oli vain 3 mk/m³. Työmaakohtaisen tarkastelun perusteella rungon keskitilavuuden puoliintuminen aiheuttaa kustannusten kaksinkertaistumisen. Ilmeisesti suuri runkoluku kuitenkin

pienensi rungon koon aiheuttamaa työmaiden välistä tuottavuuseroa. Työmenetelmien osalta voidaan sanoa, että kaatokahvoista ei ollut etua kylvötuppaita harvennettaessa. Luontaisesti syntyneessä metsässä niillä saavutettiin kuitenkin pieni etu. Tehotuntituoksissa saatua etua olivat kuitenkin koko työaikaa tarkasteltaessa vähentämässä monet tekijät. Kahvojen kiinnityksen korjailu aiheutti työn tehokkuuden ja mielekkyyden laskun. Lisäksi kahvojen käyttö vaikeutti katkontaa ja aiheutti käsien puutumista.

Mutikaisen (1990) esittämää ajatusta koneiden tulosta taimikonhoitoon voidaan tämän tutkimuksen perusteella epäillä. Koneiden käyttöä rajoittaa korkeiden kustannusten lisäksi korjuuvauriot, joiden määrä riukuasteen koivikossa oli moninkertainen verrattuna Mäkelän (1990a, 1990b) ja Sirénin (1991) esittämiin ensiharvennusleimikoiden vaurioimääriin pienillä hakkuukoneilla. Sen sijaan ensiharvennuksissa Terriä voitaisiin käyttää kokopuun hakkuussa etenkin, jos työ tehtäisiin lumiolosuhteissa.

Metsäkuljetuksessa Terri-telamaasturin kilpailijana käytännön metsätaloudessa on raskaampi kalusto. Lyhyillä kuljetusmatkoilla yksikkökustannuksissa ei käytännössä ole huomattavaa eroa. Terrin pienen kuorman koon takia tuottavuus laskee pidemmällä kuljetusmatkoilla enemmän kuin suuremmilla koneilla. Terrin etuina ovat kuitenkin kapeus ja keveys. Siksi se soveltuu erityisen hyvin huonosti kantaville maille ja pieniläpimittaisen puun kuljetukseen.

Tämän tutkimuksen perusteella hakkuun ja metsäkuljetuksen yhdistämisen olisi parantanut Terrin kilpailukykyä merkittävästi erilliseen hakkuuseen verrattuna (kustannussäästö 20 %). Aikatutkimuksen kuljetusmatkat olivat kuitenkin paljon normaaleja lyhyemmät. Jos kuljetusmatkat olisivat olleet 200 metriä, säästö olisi ollut 3 prosenttiyksikköä pienempi. Säästö perustuu työväiden vähenemiseen. Yhdistelmäkorjuun edellyttämä pystypuun katkaisu on hieman kaadon jälkeistä katkaisua tehokkaampaa, mikä myös puoltaa yhdistelmäkorjuun käyttöä.

Tässä tutkimuksessa vertailtiin energiapuun hakkuun ja metsäkuljetuksen kustannuksia. Jotta energiapuun korjuu olisi yleensä mielekästä, pitäisi korjuusta aiheutuneet kustannukset pystyä kattamaan. Jos energiakäyttöön korjattava puu sisältää kuitupuuta, tulisi puulle jäädä lisäksi myös pieni kantohinta. Seuraavassa on hahmoteltu energiapuun korjuun aiheuttamia kustannuksia, puusta saatua hintaa ja korjuuseen saatavia tukia.

Tien varteen kuljetun energiapuun korjuun lisäkustannukset olivat Höpöttäjässä 78, Isokorvessa 85 ja Koiravaarassa 59 mk/m³. Taimikonhoidossa lisäkustannuksia aiheuttivat kasaus, katkonta ja metsäkuljetus. Ensiharvennuksessa lisäkustannuksiksi laskettiin korjuukustannukset tien varteen. Kun kustannuksiin lisättiin vielä kaukokuljetuksen, haketuksen ja työnjohdon kustannukset (60 mk/m³) Kiteellä tehtyjen laskelmien mukaisesti (Assinen 1994, suullinen tiedonanto), saatiin kokonaiskustannuksiksi 119–145 mk/m³.

Kivihiilen ja jyrshinturpeen hinta käyttöpaikalla on noin 45 mk/MWh (Suhdannekuva 1994). Tällä perusteella voima- tai lämpölaitoksen puustamaksukyky on noin 90 mk/m³, joka ei riitä kattamaan energiapuun korjuun lisäkustannuksia. Yksityismetsissä metsänparannustukien suuruus Lapin keskimääräisistä hehtaarikohtaisista tuista laskettuna olisi Höpöttäjässä ollut 30 mk/m³ ja Isokorvessa 11 mk/m³. Koiravaarassa nuoren metsän kunnostus tuki olisi ollut 22 mk/m³. Lisäksi kaikille työmaille saataisiin energiapuun kasauksen ja kuljetuksen tuki (25 mk/m³). Kun hakkeesta saadusta hinnasta ja edellä mainituista tuista vähennetään energiapuun korjuun lisäkustannukset, kantohintaa olisi Höpöttäjässä jäänyt 7 mk/m³ ja Koiravaarassa 18 mk/m³. Isokorvessa energiapuun korjuun lisäkustannukset olisivat olleet selvästi laitoksen hakkeesta maksamaa hintaa ja saatuja tukia suuremmat. Tähän vaikutti hehtaarikohtainen metsänparannus tuki, jonka seurauksena runsaspuustoisessa Isokorvessa tuki olisi ollut korjattua puukuutiometriä kohden pienempi.

Nykyisten energiapuun korjuumenetelmien kustannustasolla ja muiden polttoainoiden hinnoilla kokopuuhakkeen korjuu ei ole kannattavaa ilman tukia. Edullisissa olosuhteissa tuet muuttavat tilanteen toiseksi. Jos muita polttoaineita halutaan pitkällä tähtäimellä korvata puulla, voima- tai lämpölaitoksen täytyy olla varma energiapuun saannista. Tämä on mahdollista vain kehittämällä tukimuodot ja haittaverotus pysyviksi puun energiakäyttöä tukeviksi järjestelmiksi.

KIRJALLISUUS

- Ahlgren, T. & Tosterud, A. 1983. Kockum 81-11 fällare-sammanförare för gallring-metodgransking. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat 7. 6 s.
- Ala-Illomäki, J. 1988. Kokemuksia Telakarhu 2000 -perustaisesta monitoimikoneesta. Työtehoseuran metsätiedote 8(441). 4 s.
- Brunberg, B., Lindman, J. & Nordén, B. 1988. Lillebror FS 0410 -en fällare-sammanförare för gallring. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat 2. 4 s.
- Hakkila, P. 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood. Folia Forestalia 342. 38 s.
- 1984. Forest chips as fuel for heating plants in Finland. Seloste: Metsähake lämpölaitosten polttoaineena Suomessa. Folia Forestalia 586. 62 s.
- 1991. Hakkuupoistuman latvusmassa. Summary: Crown mass of trees at the harvesting phase. Folia Forestalia 773. 24 s.
- , Kalaja, H., Salakari, M & Valonen, P. 1977. Whole tree harvesting in the early thinnings of pine. Seloste: Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa. Folia Forestalia 333. 58 s.
- & Tervo, L. 1977. Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia. Summary: Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine). Folia Forestalia 294. 23 s.
- & Wojcik, T. 1980. Thinning young pine stands with the Makeri tractor in Poland. Seloste: Makeri pientraktori nuoren männikön harvennuksessa Puolasassa. Streszczenie: Proba zastosowania ciągnika Makeri do pozyskiwania drewna w trzebiezach drzewostanów sosnowych w Polsce. Folia Forestalia 433. 29 s.
- Hägglom, R. 1983. Monitoimikoneiden käyttömahdollisuudet hankittaessa havu-puuvaltaista kokopuuta tavaralajikorjuun yhteydessä. Summary: The possibilities of using multipurpose logging machines for whole-tree harvesting in connection with shortwood. Metsätehon tiedotus 379. 18 s.
- Ihonen, M. 1989. Tuottavuus ja kustannukset taimikonhoidossa. Työtehoseuran metsätiedote 4(452). 8 s.
- Kahala, M. & Kuitto, P.-J. 1986. Puutavaran metsäkuljetus keskikokoisella kuormatraktorilla. Summary: Forest haulage of timber using medium-sized forwarder. Metsätehon katsaus 10. 4 s.
- Kalaja, H. 1984. An example of terrain chipping system in first commercial thinning. Seloste: Esimerkki ensiharvennuspuun korjuusta palstahaketusmenetelmällä. Folia Forestalia 584. 18 s.
- Karlsson, T. 1988. Tre studier av system Skonsam. Sveriges lantbruksuniversitet, Garpenberg. Småskogsnytt 2. s. 30–31.
- Kuitto, P.-J. 1992. Koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus -maksuperusteseelvitys 1990–1991. Summary: Mechanized cutting and forest haulage. Metsätehon katsaus 9. 8 s.
- Lehtonen, E. 1976. Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla. Summary: Felling of small-sized trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw. Folia Forestalia 261. 23 s.
- Mattila, E. & Keskimölo, A. 1994. Metsän hakkuu- ja hoitoehdotuksista johdettu hakkuupoistuman ja energiapuukertymän arvio Rovaniemellä. Käsikirjoitus.
- Metsäkonealan työehtosopimus. 1992. 1.3.1992–31.10.1993. Koneyrittäjien liitto, Metsähallitus, Metsäteollisuuden työnantajaliitto, Maaseudun työnantajaliitto, Maaseutuyöväen liitto. 30 s.

- Metsäkoneiden myyntitilastot 1988–1992. Metsäteho.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1992. 1993. Suomen Virallinen Tilasto. Maa- ja metsätalous 1993:5. Metsäntutkimuslaitos. 317 s.
- Mikkonen, E. & Mäkelä, M. 1983. Kaato-kasauskoneiden käytön kannattavuus. Metsätehon katsaus 4. 4 s.
- Mutikainen, A. 1990. Koneet tulossa taimikonhoitoon. Summary: Productivity and costs in tending of young stands. Työtehoseuran metsätiedote 9(472). 4 s.
- Mäkelä, M. 1990a. Pienet kuormainharvesterit - Farmi trac 5000 ja Nokka-Joker - ensiharvennusten hakkuukoneina. Metsätehon katsaus 12. 4 s.
- 1990b. Turvemaiden koneellinen puunkorjuu kesäaikaisissa ensiharvennuk-sissa. Summary: Mechanized first thinning on unfrozen peatland. Metsätehon katsaus 4. 6 s.
- Nissi, I. 1984a. Farmi trac -telamaasturi. Metsätehon katsaus 10. 4 s.
- 1984b. Hultdin GLC-KT -kourasaha. Metsätehon katsaus 20. 4 s.
- Perälä, Y. 1994. Haka 100 -kourasaha taimikonhoidossa ja nuoren metsän kun-nostuksessa. Summary: Haka 100 grapple-mounted saw in trending and amelioration cutting of young stands. Työtehoseuran metsätiedote 4(527). 4 s.
- Rieppo, K. 1986a. Telakarhu 2000 -telamaasturi. Metsätehon katsaus 17. 5 s.
- 1986b. Uusi Telakarhu 2000 -telamaasturi. Metsätehon katsaus 16. 4 s.
- Sirén, M. 1990. Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa. NSR-tut-kimus. Summary: Small multi-function machines in early thinning operations. A joint Nordic NSR-study. Folia Forestalia 743. 29 s.
- Suhdannekuva. 1994. Pellervon taloudellisen tutkimuslaitoksen katsaus 1. 58 s.
- Takalo, S. & Väyrynen, S. Terri-telamaasturi puutavaran maastokuljetuksessa. Summary: Terri light crawler in timber transport. Folia Forestalia 538. 21 s.
- Vuollet, E. & Mustonen, A. 1992. Energiapuuta latvuksista edullisesti. Metsähalli-tuksen kehittämisjaoston tiedote 10. 3 s.

Yhteensä 37 lähdetä

LIITE

TERRI 2040D HYDRO -telamaasturin käyttötuntikustannuslaskelma

Hankintahinta:	peruskone	287 500 mk
	energiapuukoura	16 800 mk
	<u>yhteensä</u>	<u>304 300 mk</u>

Pitoaika 4 vuotta
Jälleenhankinta-arvo 0 mk
Laskentakorko 14 %/v

Vuotuinen käyttötuntimäärä	1300 h	2000 h
		mk/käyttötunti
Poisto	58,54	38,05
Korko	16,36	10,64
Vakuutus (3 500 mk/v)	2,70	1,75
Kiinteät kustannukset	77,60	50,44
Polttoaine (3 l/h)	7,00	7,00
Huoltokustannukset	3,00	3,00
Kunnostukset	8,00	9,00
Kuljettajan palkka	73,57	73,57
Riski (10 %)	9,56	6,94
<u>Yhteensä</u>	<u>178,73</u>	<u>149,95</u>

Rovaniemen tutkimusasemalla ilmestyneet Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- N:o 6 Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1981. 1981.
- N:o 35 Päivi Hänninen. Sammalen kemiallinen torjunta taimitarhalla. 1981.
- N:o 58 Pohjois-Lapin metsät. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1982. 1982.
- N:o 65 Yrjö Norokorpi ja Pentti Sepponen (toim.). Kilpisjärven alueen maankäytön yleissuunnitelma. 1982.
- N:o 71 Päivi Hänninen. Alustavia päätelmiä kivivillan käytöstä männyntaimen kasvualustana muovihuoneessa. 1982.
- N:o 77 Pohjois-Lapin metsien uudistaminen. 1982.
- N:o 95 Jarmo Nieminen. Varttuneet kontortametsiköt Kivalon kokeilualueella. 1983.
- N:o 105 Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1983. 1983.
- N:o 148 Pentti Sepponen, Vuokko Pitkänen ja Helena Poikajärvi (toim.). Metsien kasvupaikkaluokitus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1984. 1984.
- N:o 157 Erkki Kaila ja Markku Taipale. TUTKA-tiedonhallintaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1984.
- N:o 165 Eero Tikkanen ja Hannu Raitio. Pohjois-Suomen aurasalueiden männyntaimien epänormaali kehitys ja oletamus sen syistä. Summary: A hypothesis on the cause of abnormal development of Scots pine saplings on ploughed sites in Northern Finland. 1984.
- N:o 186 Eero Tikkanen. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. 1985.
- N:o 190 Erkki Kaila, Hilikka Kinnunen ja Tapio Timonen. BIB-viitetietokantaohjelmisto. Tietokannan muodostus ja käyttö. 1985.
- N:o 196 Olli Saastamoinen ja Helena Poikajärvi (toim.). Tietojärjestelmien kehittäminen metsäalalla. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1985. 1985.
- N:o 226 Timo Penttilä ja Mikko Honkanen. Suometsien pysyvien kasvukoealojen (SINKA) maastotyöohjeet. 1986.
- N:o 242 Esa Taskinen ja työryhmä. Metsäkanalintujen elinympäristövaatimukset – kirjallisuuskatsaus. 1986.
- N:o 243 Timo Penttilä ja Martti Varmola (toim.). Lapin kolmion puuntuotannolliset mahdollisuudet. 1987.
- N:o 253 Helena Poikajärvi (toim.). Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1986. 1987.
- N:o 278 Hannu Saarenmaa ja Helena Poikajärvi (toim.). Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Ajankohtaista tutkimuksesta. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. 1987.
- N:o 345 Anna-Liisa Sippola. Suojelualueityypit ja kansallispuistojen suojelun toteuttaminen – kahdeksan esimerkkiä. 1989.
- N:o 347 Martti Varmola ja Pertti Palviainen (toim.). Lapin metsien terveys. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1989. 1990.
- N:o 362 Martti Varmola ja Tuija Katermaa (toim.). Metsänparannus. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1990. 1990.
- N:o 373 Eero Tikkanen and Martti Varmola (eds.). Research into forest damage connected with air pollution in Finnish Lapland and the Kola Peninsula of the U.S.S.R. A seminar held in Kuusamo, Finland, 25–26 May 1990. 1991.
- N:o 378 Pentti Vitikka, Heikki Posio & Hannu Saarenmaa. Hyönteistuhoriski keinotekoisessa ylispuiden kelouuttamisessa. Summary: Bark beetle damage in conjunction with artificial snag production in Finnish Lapland. 1991.
- N:o 407 Hannu Salminen & Tuija Katermaa (eds.). Simulation of Forest Development. Presentations from a symposium held in Saariselkä, Finland, October 12–14, 1991. 1992.
- N:o 410 Anna-Liisa Sippola & Juha-Pekka Rauhala. Acerbin keinosta Jerisjärven tielle. Pallas-Ounastunturin kansallispuiston historiaa. 1992.
- N:o 413 Heikki Kauhanen & Martti Varmola (toim.). Itä-Lapin metsävaurioprojektiin väliraportti. Abstract: The Lapland Forest Damage Project – Interim report. 1992.
- N:o 427 Heikki Eeronheimo, Risto Virtanen, Anna-Liisa Sippola, Pentti Sepponen, Sinikka Salmela & Raimo Pikkupeura. Pallas-Ounastunturin kasvillisuus – Ounastunturin Pyhäkeron alue. 1992.
- N:o 437 Ari Nikula, Martti Varmola & Marja-Lea Lahti (toim.). Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1992. 1992.
- N:o 479 Ari Nikula, Aulis Ritari & Marja-Lea Lahti (toim.). Paikkatiedon ja satelliitikuva-ainformaation käyttö metsäntutkimuksessa. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1993. 1993.