



ark.

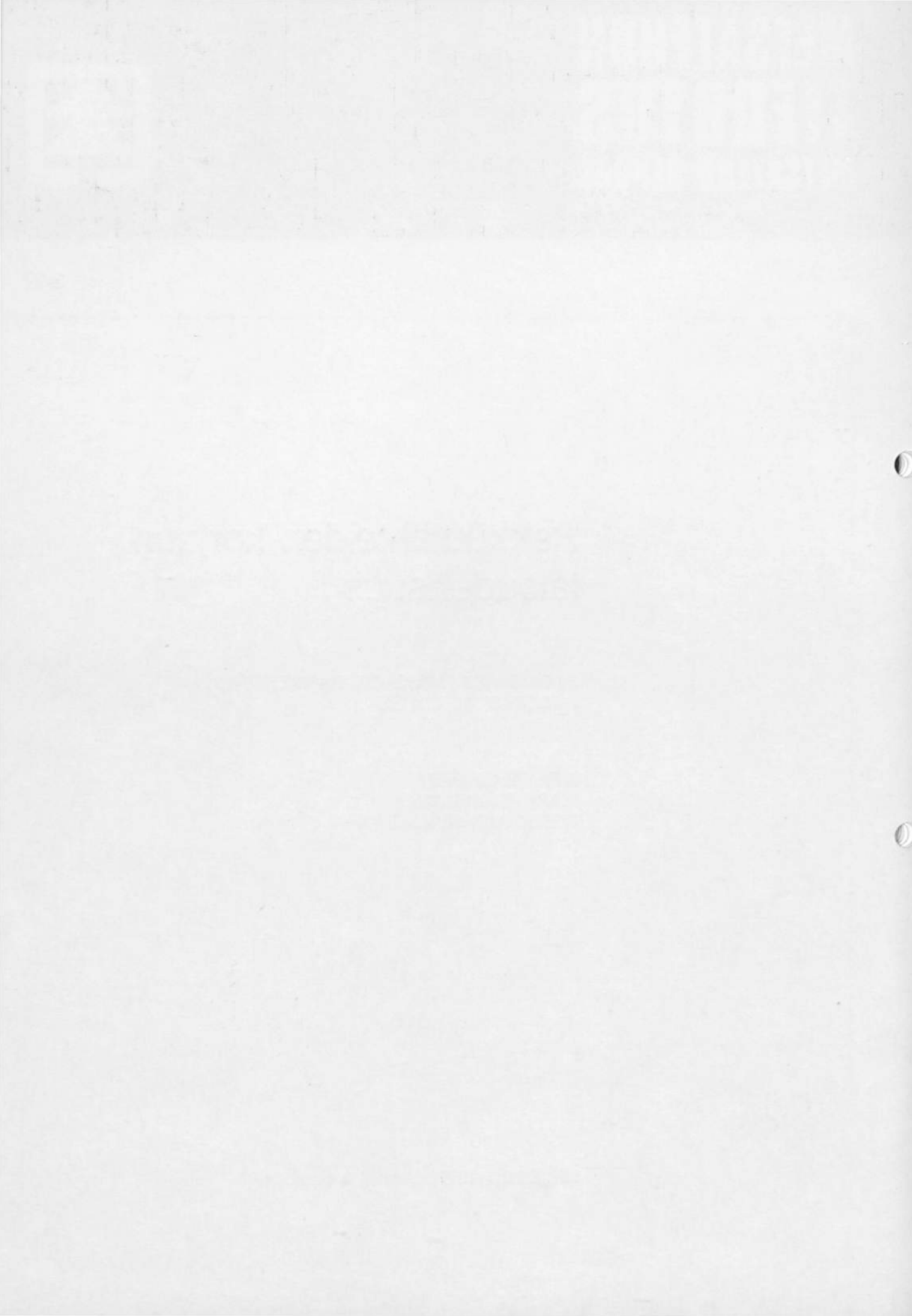
342

Hakkuutähteiden korjuun taloudellisuus

ECONOMICALNESS OF HARVESTING
LOGGING RESIDUES

AIRI ESKELINEN
MARKKU MELKKO
HEIKKI VESIKALLIO

HELSINKI 1977



M E T S Ä T E H O

Suomen Metsäteollisuuden Keskusliitto ry:n metsätyöntutkimusosasto
*Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish
Forest Industries*

HAKKUUTÄHTEIDEN KORJUUN TALOUDELLISUUS

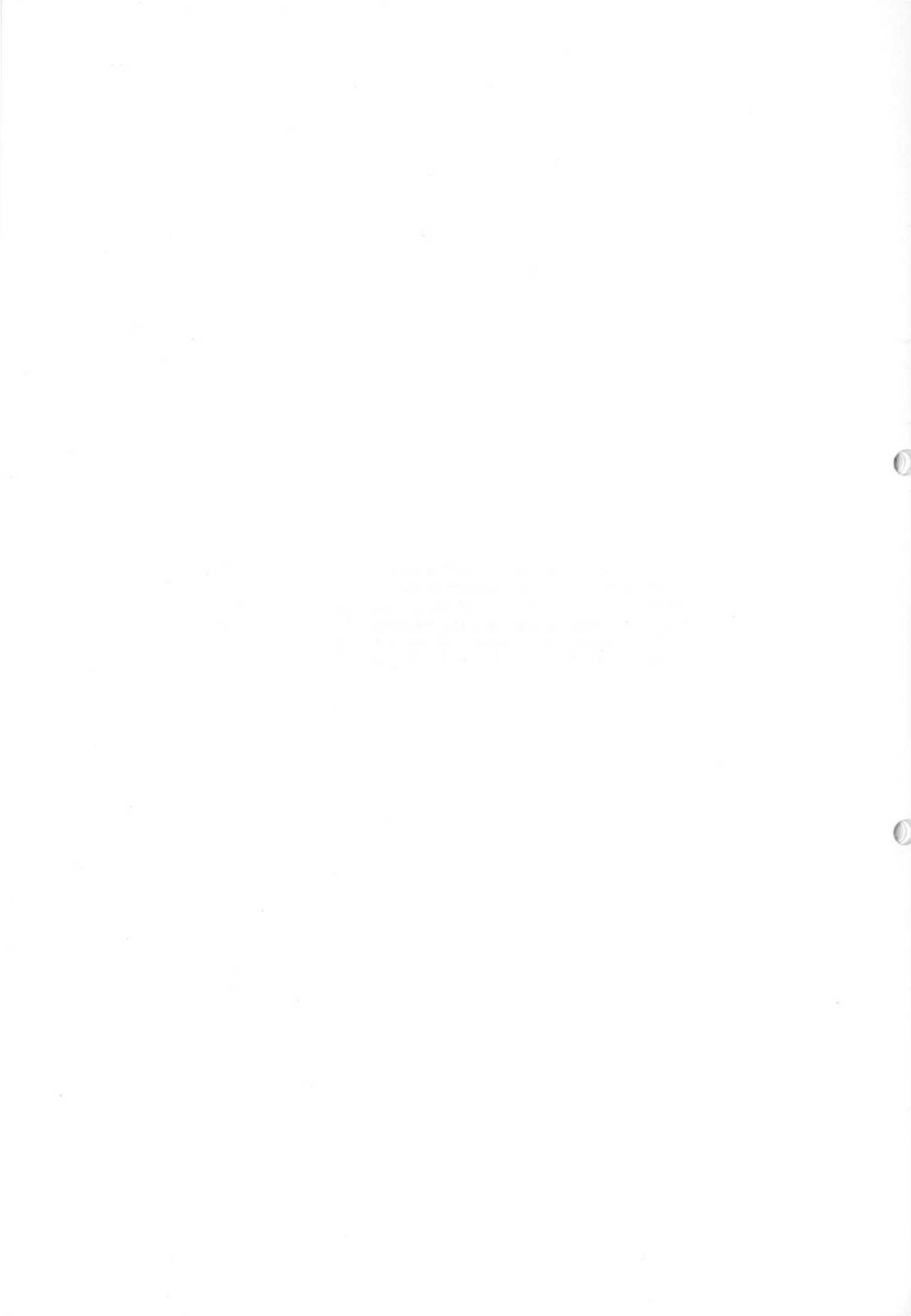
*Economicalness of Harvesting
Logging Residues*

Airi Eskelinen
Markku Melkko
Heikki Vesikallio

ALKUSANAT

Tekijöistä A i r i E s k e l i n e n on vastannut tutkimuksen laskentasynteen atk-sovellutuksen laadinnasta sekä tutkimustulosten kokoamisesta tutkimusraporttiin. M a r k k u M e l k k o on vastannut hakkuutähteiden korjuun ja kaukokuljetuksen tuotosperusteiden kokoamisesta. Tutkimuksen toteutuksen on suunnitellut ja käsikirjoituksen laatinut H e i k k i V e s i k a l l i o.

METSÄTENO



SISÄLLYS
Contents

	Sivu Page
TIIVISTELMÄ	6
1 TUTKIMUSTEHTÄVÄ	7
2 KORJUULOLOSUHTEET, TUOTOS- JA KUSTANNUSPERUSTEET SEKÄ LASKENTAMENETELMÄ	7
2.1 Leimikkotyyppien määrittely ja leimikkoaineisto .	7
2.2 Tuotos- ja kustannusperusteet	9
2.2.1 Korjuuketjuvaihtoehdot	9
2.2.2 Ihmis- ja konetyön kustannukset	10
2.2.3 Ihmis- ja konetyön tuotokset	11
2.2.4 Talteen saadut hakkuutähdemäärät	11
2.3 Korjuuketjujen erilliskustannukset	11
2.4 Kaukokuljetuskustannukset	11
2.5 Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannusten määrittäysperusteet	12
2.6 Laskentamenetelmä	12
3 HAKKUUTÄHTEIDEN KORJUUKUSTANNUKSET	12
3.1 Kuitupuuvaltainen avohakkuuleimikko	12
3.2 Keskipäätä avohakkuuleimikko	13
3.3 Tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko	16
4 HAKKUUTÄHTEIDEN PUURAAKA-AINEKUSTANNUKSET	18
4.1 Keskipäätä avohakkuuleimikko	18
4.2 Tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko	20
4.3 Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannusten rakenne	21
5 PÄÄTELMÄT	21
KIRJALLISUUTTA - <i>R e f e r e n c e s</i>	23
<i>S u m m a r y i n E n g l i s h</i>	24

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen tehtävänä oli hakkuutähteiden, so. oksien ja latvusten, korjuun taloudellisuuden selvittäminen. Laskelmat on tehty välittömien yritystaloudellisten kustannusten perusteella, ja ne vastaavat vuoden 1976 puolivälin kustannusten ja tekniikan tasoa. Hakkuutähderaaka-aineen käyttäjäksi laskelmissa on valittu massateollisuus.

Korjuuolosuhteiltaan edullisimmissa avohakkuuleimikoissa hakkuutähteiden korjuukustannuksissa päästään 50...70 mk:n kustannustasolle talteen saatua hakkuutähdehake-m³:ä kohti. Leimikon koon on kuitenkin tällöin oltava yli 150 hake-m:n ja tiheyden yli 20 hake-m³:n/ha sekä metsäkuljetusmatkan alle 300 m:n.

Avohakkuuleimikoiden keskimääräisissä korjuuolosuhteissa hakkuutähteiden korjuukustannukset nousevat 70...100 mk:aan hake-m³:ä kohti.

Hakkuutähdehakkeen tehdashintaa laskettaessa hakkuutähteiden kaukokuljetuskustannukset vaihtelevat 5...300 km:n kaukokuljetusmatkoilla noin 8 mk:sta noin 35 mk:aan hake-m³:ä kohti.

Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksia laskettaessa mäntyhakkuutähdehakkeen käyttöarvoksi on arvioitu 60 % ja kuusihakkuutähdehakkeen käyttöarvoksi 50 % kyseisten puulajien kuorettomaan kuitupuuhakkeeseen verrattuna. Käyttöarvoja määritettäessä

hakkuutähdehaketta on oletettu käytettävän massateollisuudessa muun hakkeen joukossa siten, että hakkuutähteen määrä on 5...15 % koko raaka-ainemäärästä. Hakkuutähteen seulonta- ja puhdistushäviöksi on laskettu 15%.

Mainituilla perusteilla hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset nousevat parhaimminkin olosuhteissa 180...200 mk:aan hake-m³:ä kohti. Avohakkuuleimikoiden keskimääräisissä korjuuolosuhteissa hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset nousevat 200...300 mk:aan hake-m³:ä kohti. Perinteellisten puuraaka-ainelajien vastaavat kustannukset jäävät nykyisin vielä selvästi hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksia pienemmiksi.

Kemiallisen teollisuuden mahdollisuudet käyttää hakkuutähdehaketta kuitenkin olennaisesti paranevat erillisten, nimenomaan heikkolaatuisen raaka-aineen käyttöön suunniteltujen valmistuslinjojen rakentamisen myötä. Jos tilanne muuttuu esimerkiksi siten, että hakkuutähderaaka-aineen käyttöarvo nousee 80 %:iin, varsin merkittävä osa hakkuutähteistä olisi jo tällöin mahdollista saada taloudellisesti korjatuksi. Hakkuutähteiden muita mahdollisia käyttöjä ovat lisäksi levyteollisuus ja lämpövoimalaitokset. Koska hakkuutähteiden käyttömahdollisuudet ilmeisesti aikaa myöten paranevat merkittävästi, on tärkeää, että niiden korjuun kehittämistä edelleen jatketaan.

1 TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Ainespuun korjuun jälkeen metsään jäävät oksat ja ainespuun minimiläpimittaa pienempi runkohukkapuu muodostavat metsäteollisuudelle yhden vielä jäljellä olevan raaka-ainereservin. Näiden ns. hakkuutähteiden korjuutekniikkaa on viime vuosien aikana kehitetty siinä määrin, että nykytekniikalla korjattavissa olevaksi hakkuutähteiden määräksi on arvioitu noin 20 % ainespuun hakkuumäärästä. Normaalina hakkuuvuonna tämä merkitsee noin 8 milj. hake-m³:n suuruista raaka-ainemäärää vuodessa.

Yritystalouden näkökannalta hakkuutähteiden korjuumahdollisuudet riippuvat tämän raaka-ainelajin puuraaka-ainekustannuksista muiden vaihtoehtoisten puuraaka-ainelajien kustannuksiin verrattuina. Tutkimuksen tarkoituksena on kartoittaa tätä kysymystä. Keskeinen huomio kiinnitetään kuitenkin hakkuutähteiden korjuukustannusten selvittämiseen.

Hakkuutähteiden korjuusta ja varsinkin niiden käyttömahdollisuuksista eri teollisuusprosesseissa tai muihin tarkoituksiin on toistaiseksi käytettävissä siksi vähän perustietoja, ettei laskelmissa ole mahdollista saavuttaa sitä tarkkuutta, johon ainespuun korjuukustannusten määrittelyssä on totuttu. Kysymyksessä on ensimmäinen suuntaa antava arvio, jota perustietojen lisääntyessä voidaan täydentää ja tarkentaa. Tästä syystä kustannukset on laskettu varovaisuusperiaatetta noudattaen.

Hakkuutähteiden korjuuta koskevat laskelmat on tehty pelkkien välittömien yritystaloudellisten kustannusten perusteella. Korostettakoon näin ollen erityisesti sitä, että mitään välillisiä seurausvaikutuksia, joita hakkuutähteiden talteenottoa mahdollisesti syntyy, ei laskelmissa ole otettu huomioon.

Laskenta-ajankohtana tutkimuksessa on käytetty vuoden 1976 puolivälissä vallinnutta kustannusten ja tekniikan tasoa.

Hakkuutähteillä tarkoitetaan yleensä korjuussa metsään jääviä oksia ja latvuksia sekä korjaamatta jäänyttä aines- ja raivauspuuta. Tässä tutkimuksessa hakkuutähteet sisältävät kuitenkin vain ainespuun valmistuksessa jäljelle jääneet oksat ja latvukset. Ainespuun minimiläpimittana käytetään runkohukkapuun osuutta määritetessä 6 cm:ä kuoren päältä mitattuna.

Hakkuutähdehake on hakkuutähteistä tehtyä hakea. Hakeirtokuutiometri on muunnettu hakekiintokuutiometrikseksi kertoimella 0.4. Hakkuutähdehakekiintokuutiometristä käytetään jäljempänä termiä hake-m³.

2 KORJUULOLOSUhteet, TUOTOS- JA KUSTANNUSPERUSTEET SEKÄ LASKENTAMENETELMÄ

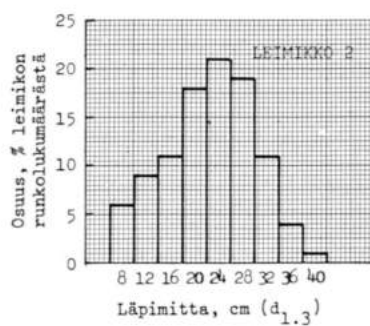
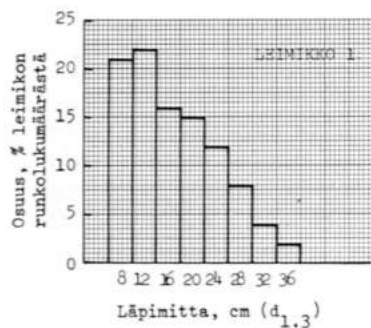
2.1 Leimikkotyypin määrittely ja leimikkoaineisto

Hakkuutähteiden korjuussa kysymykseen tulevien leimikkotyypin määrittelyssä on lähdetty siitä, että korjuukohteina tulevat toistaiseksi kysymykseen vain avohakkuuleimikot. Näiden leimikkotyypin määrittelyssä sovelletaan ainespuun korjuussa käytössä olevaa menettelytapaa, jossa puusto jaetaan aluksi puulajin perusteella mänty- ja lehtipuuvaltaisiin sekä kuusivaltaisiin leimikoihin. Puuston koon perusteella avohakkuuleimikot jaetaan edelleen tukkipuuvaltaisiin, keskijäreisiin ja kuitupuuvaltaisiin leimikoihin taulukosta 1 näkyvällä tavalla.

TAULUKKO 1 Laskelmissa käytetyt leimikkotyypit

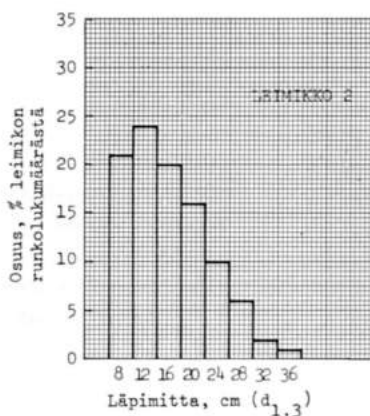
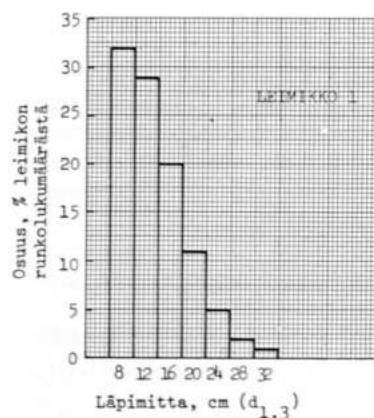
Leimikkotyyppi	Järeän puun osuus, %
Tukkipuuvaltainen avohakkuu	75.1...100.0
Keskijäreä avohakkuu	30.1... 75.0
Kuitupuuvaltainen avohakkuu	0.0... 30.0

TUKKIPUUVALTAINEN



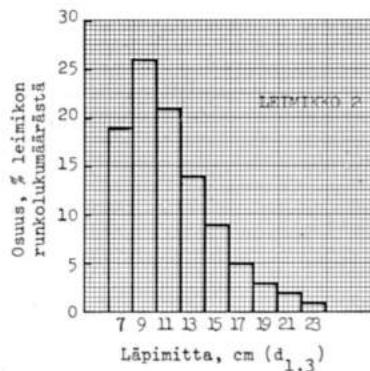
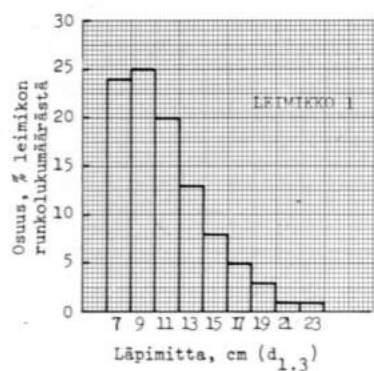
	LEIMIKKO	
	1	2
Pääpuulaji:	kuusi	mänty
Runkoja, kpl/ha:	506	303
Keskiläpimitta, cm ($d_{1.3}$):	17	23
Rungon keskikoko, runkopuu- m^3 :	0.247	0.412
Leimikon tiheys, runkopuu- m^3 /ha:	125	125
Ainespuu-%:	76	85

KESKIJÄREX



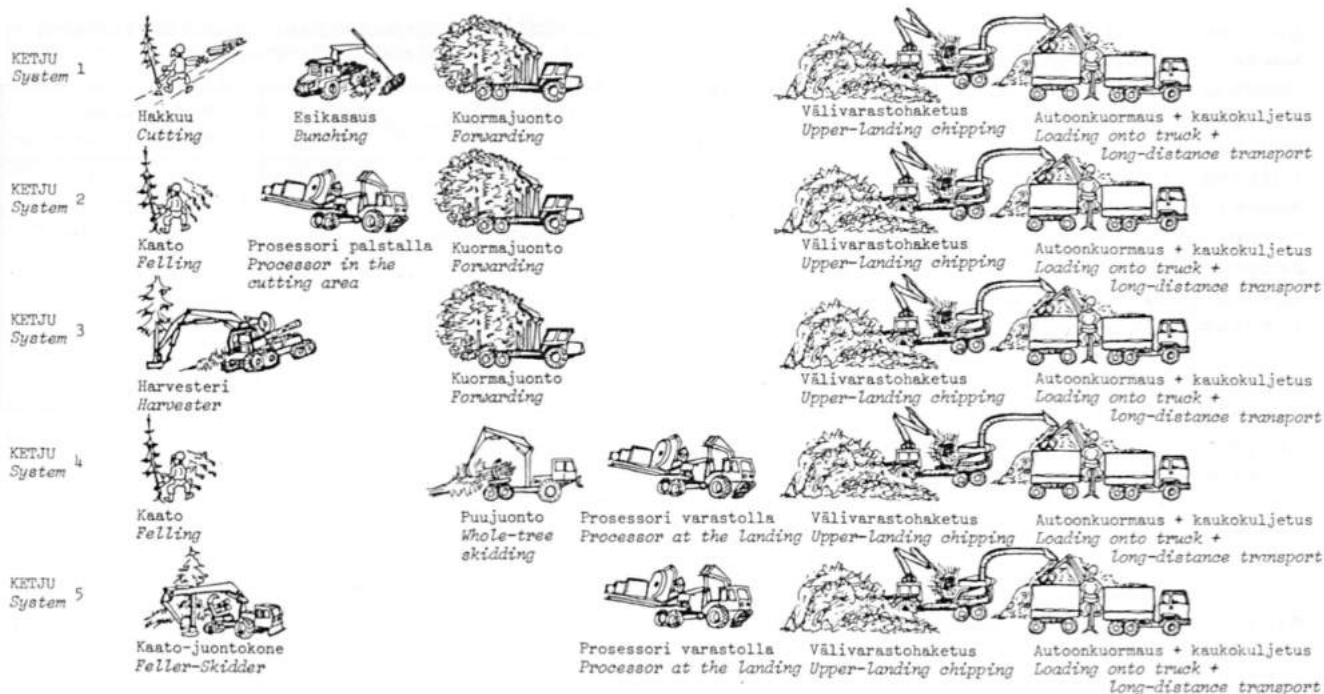
	kuusi		mänty	
Pääpuulaji:	kuusi		mänty	
Runkoja, kpl/ha:	833		515	
Keskiläpimitta, cm ($d_{1.3}$):	13		16	
Rungon keskikoko, runkopuu- m^3 :	0.120		0.194	
Leimikon tiheys, runkopuu- m^3 /ha:	100		100	
Ainespuu-%:	68		82	

KUITUPUUVALTAINEN



	kuusi		mänty	
Pääpuulaji:	kuusi		mänty	
Runkoja, kpl/ha:	862		735	
Keskiläpimitta, cm ($d_{1.3}$):	11		12	
Rungon keskikoko, runkopuu- m^3 :	0.058		0.068	
Leimikon tiheys, runkopuu- m^3 /ha:	50		50	
Ainespuu-%:	53		74	

Kuva 1. Erityyppisten avohakkuuleimikoiden keskimääräiset runkolukujakaumat



Kuva 2. Hakkuutähteiden korjuuketjut

Fig. 2. Logging residue harvesting systems

Leimikkotyyppien mukaisia korjuukohteita kuvaamaan valittu leimikkoaineisto sisältää pystymittaustilastoon kuuluvat avohakkuuleimikot Etelä-Suomen alueelta vuodelta 1974. Etelä-Suomella tarkoitetaan tässä PMP-tilaston neljän eteläisimmän piirimetsälautakuntaryhmän toimialueita. Pohjois-Suomeen kuuluvat tällöin Kainuun, Pohjois-Pohjanmaan, Lapin ja Koillis-Suomen piirimetsälautakuntien toimialueet. Kullekin leimikkotyyppille on laskettu PMP-tilaston perusteella keskimääräinen puustojakautuma. Pystymittaustilastoa voitaneen pitää päätehakkuuleimikoiden osalta varsin edustavana, joten laskelmien korjuuolosuhteet edustavat verraten hyvin puustojakauman osalta avohakkuuleimikoiden keskimääräisiä korjuuolosuhteita. Keskimääräinen eri leimikkotyyppiä edustava runkolukujakauma näkyy kuvasta 1.

Leimikoiden teoreettisia hakkuutähdemääriä koskevat arviot perustuvat Metsäntutkimuslaitoksen laskentamallin antamiin tuloksiin. Mallin antamat tulokset on muutettu hake-m³:iksi käyttämällä mäntyhakkuutähdihakkeen kuivapainona 420 kg:aa/hake-m³ ja kuusihakkuutähdihakkeen kuivapainona 375 kg:aa/hake-m³. Tulokset on esitetty taulukossa 2. Vertailukohteena on käytetty vastaavaa ainespuun määrää eri leimikkotyypeissä.

2.2 Tuotos- ja kustannusperusteet

2.2.1 Korjuuketjuvaihtoehdot

Leimikon ainespuu- ja hakkuutähteosan korjuukustannusten laskentamalli sisältää kuvasta 2 näkyvät vaihtoehdot korjuuketjut.

Korjuuketjussa 1 leimikon ainespuuosa valmistetaan tavaralajeiksi hakkuupalstalla ihmistyönä. Hakkuutähteet jäävät tällöin palstalle niin hajalleen, että niiden esikasaaminen ennen metsäkuljetusta on kannattavaa. Esikasaus tehdään liukupuomikuormaimeen asennetulla haravalla. Metsäkulje-

TAULUKKO 2

Eri leimikkotyyppien teoreettiset hakkuutähdemäärät

Leimikkotyyppi	Pääpuulaji	Hakkuutähteiden määrä ainespuun määrään verrattuna, %
Tukkipuuvaltainen avohakkuu	mänty kuusi	18 32
Keskijäreä avohakkuu	mänty kuusi	23 47
Kuitupuuvaltainen avohakkuu	mänty kuusi	35 88

tus suoritetaan levikepylväillä varustetulla tavallisella kuormatraktorilla. Haketus suoritetaan kaikissa korjuuketjuissa välivarastolla. Korjuuketjussa 2 ainespuu valmistetaan tavaralajeiksi palstalla toimivalla prosessorityyppisellä monitoimikoneella ja korjuuketjussa 3 harvesterityyppisellä monitoimikoneella. Monitoimikoneen jälkeen hakkuutähteet jäävät kasoihin palstalle eikä niiden esikasausta tarvita metsäkuljetusta varten.

Korjuuketjuissa 4 ja 5 puut juonnetaan kokonaisina välivarastolle. Ainespuu valmistetaan tavaralajeiksi välivarastolla toimivalla prosessorilla. Hakkuutähteiden korjuu sisältää ainoastaan välivarastolla tapahtuvan haketuksen.

2.2.2 Ihmis- ja konetyön kustannukset

Ihmis- ja konetyön kustannukset on pyritty määrittämään vuoden 1976 puolivälin kustannustason mukaan. Korjuuketjuihin kuuluvien koneiden tuntikustannuksia laskettaessa

TAULUKKO 3 Korjuuketjuihin kuuluvien koneiden käyttötuntikustannukset

Konetyyppi	Kustannukset, mk/käyttötunti
Välivarastohakkuri	217,00
Kuormatraktori	76,00
Kaato-juontokone	151,00
Harvesteri	258,00
Prossori	222,00
Laahustraktori	115,00

on tällöin päädytty taulukon 3 lukuihin.

Hakkuumiehen päiväkustannuksiksi on laskettu sosiaalikustannukset mukaan luettuina 175 mk ja päivittäisen työajan pituudeksi 6.6 h.

Koneiden siirtokustannukset ovat hakkuutähteiden korjuussa merkittävä kustannuserä leimikon pienen raaka-ainemäärän vuoksi.

TAULUKKO 4
Table

Hakkuutähteiden korjuun tuotosperusteet
Output conditions for the harvesting of logging residues

Leimikkotyyppi ja pääpuulaji Type of stand and dominant tree species	Esikasaus Bunching			Metsäkuljetus Forest haulage		
Kuitupuuvaltainen avohakkuu Pulpwood-dominated clear-cutting	Tiheys, ainespuu-m ³ /ha Density, industrial wood m ³ (s)/hectare					
	30	50	90	30	50	90
	Tuotos, hake-m ³ /käyttötunti Output, chip m ³ /operation hour					
	mänty — pine	2.7	4.9	9.0	3.1	3.8
kuusi — spruce	7.6	12.4	20.0	4.9	6.6	9.9
Keskijäreä avohakkuu Clear-cutting of medium-sized trees	Tiheys, ainespuu-m ³ /ha Density, industrial wood m ³ (s)/hectare					
	50	100	150	50	100	150
	Tuotos, hake-m ³ /käyttötunti Output, chip m ³ /operation hour					
	mänty — pine	2.9	6.2	9.4	3.1	4.2
Kuusi — spruce	6.7	13.1	18.3	4.6	6.9	9.1
Tukkipuuvaltainen avohakkuu Sawlog-dominated clear-cutting	Tiheys, ainespuu-m ³ /ha Density, industrial wood m ³ (s)/hectare					
	70	125	170	70	125	170
	Tuotos, hake-m ³ /käyttötunti Output, chip m ³ /operation hour					
	mänty — pine	2.4	6.2	8.5	3.2	4.2
kuusi — spruce	4.9	11.1	14.6	4.5	6.2	7.4

Siirtokustannuksia laskettaessa leimikko-kohtaiseksi koneiden siirtoajaksi on laskettu ainespuun korjuusta käytettävissä olevien kokemustietojen perusteella kuor-matraktoreiden ja välivarastohakkureiden osalta 6 h. Koneiden tuntikustannuksista on laskettu siirron osalle vain muuttuvat kustannukset.

2.2.3 Ihmis- ja konetyön tuotokset

Tuotosperusteisiin on pyritty kokoamaan hakkuutähteiden korjuusta nykytilanteesta käytettävissä olevat tutkimus- ja kokemustiedot. Tuotosyksikkönä on hake-m³. Korjuuteknisinä olosuhdetekijöinä leimikkotyyppien lisäksi on otettu huomioon leimikon tiheys, leimikon koko ja metsäkuljetusmatkan pituus. Eri työvaiheiden tuotosperusteet on esitetty hakkuutähteiden korjuun osalta leimikon ainespuuosan tiheyden funktiona taulukossa 4, ja ne koskevat hakkuun ja metsäkuljetuksen ohjemaksusopimusten hyviä ja keskinkertaisia maasto-olosuhteita. Metsäkuljetusmatkan pituus on 300 m.

Välivarastohaketuksessa tuotokseksi on laskettu sekä mänty- että kuusihakkuutähde-hakkeen osalta 10 hake-m³/käyttötunti.

Ainespuun korjuun tuotosperusteet ovat Metsätehon puunkorjuun kehittämislaskelman mukaiset ja ne on esitetty Metsätehon tiedotuksessa 336.

2.2.4 Talteen saadut hakkuutähdemäärät

Korjuuvaiheessa talteen saatuja hakkuutähdemääriä koskevat arviot eri korjuuketjuja käytettäessä näkyvät taulukosta 5. Varsin-

TAULUKKO 5 Korjuuvaiheessa talteen saadut hakkuutähdemäärät
Table Logging residue quantities recovered in the harvesting phase

Korjuuketju x) Harvesting system	% leimikon teoreettisesta hakkuutähdemäärästä % of the theoretical logging residue quantity of the stand
1	45
2 - 3	55
4 - 5	30

x) Ks. kuvaa 2, s. 9 - See Fig. 1, p. 9

naisia tutkimustuloksia talteen saaduista raaka-ainemääristä on toistaiseksi niukasti.

2.3 Korjuuketjujen erilliskustannukset

Ainespuun korjuussa suunnittelun ja valvonnan, mittauksen, varastopaikan valmistamisen yms. työvaiheiden aiheuttamien leimikkokohtaisten erilliskustannusten määrä vaihtelee eri leimikkotyypeissä ja eri korjuuketjuja käytettäessä. Erilliskustannusten määriksi on arvioitu Metsätehon puunkorjuun kehittämislaskelmaa varten koottujen tietojen perusteella taulukosta 6 näkyvät kustannusluvut.

TAULUKKO 6 Korjuuketjujen erilliskustannukset ainespuun korjuussa

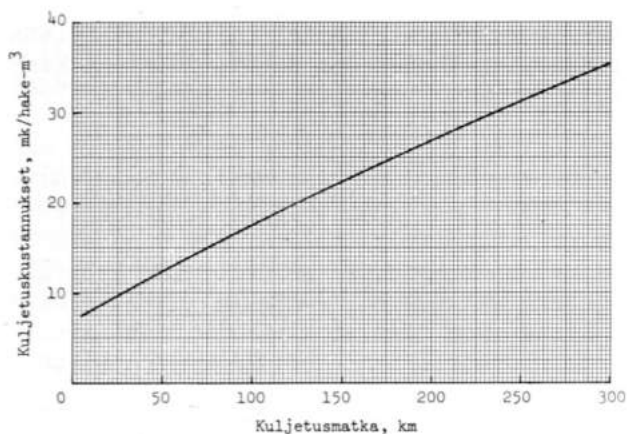
Korjuu- ketju x)	Mänty- ja lehti- puuvaltainen leimikko	Kuusi- valtainen leimikko
	mk/ainespui-m ³	
1	3,40	3,70
2	2,50	2,70
3	2,10	2,30
4	8,60	8,60
5	8,60	8,60

x) Ks. kuvaa 2, s. 9

Ainespuun korjuun jälkeen tapahtuvassa hakkuutähteiden korjuussa suunnitteluun, valvontaan ja muihin erilliskustannusten eriin sisältyvien työvaiheiden vaatiman työajan tarve on tuotosyksikköä kohti kokemusten mukaan selvästi vähäisempi kuin ainespuun korjuussa. Kokemustietojen perusteella erilliskustannusten määräksi on laskettu 3,50 mk/hake-m³.

2.4 Kaukokuljetuskustannukset

Hakkuutähteiden ja ainespuun eri tavaramuotojen ainoana kaukokuljetusmuotona on laskelmissa käytetty autokuljetusta. Ainespuun kuljetuskustannukset on laskettu voimassa olevan ohjemaksusopimuksen perusteella. Hakkuutähteiden kaukokuljetuskustannuksia laskettaessa on lähdetty siitä, että hake puhalletaan välivarastolla epäpuhtauksilta suojaavan peitteen päälle.



Kuva 3. Hakkuutähdehakkeen kaukokuljetuskustannukset

Autoonkuormaus tapahtuu hakekouralla varustetulla nivelpuomikuormaimella. Hakkuutähteiden kuljetuskalustona on laskelmissa käytetty täysperävaunuautoja, joiden kuljetuskyky on noin 80 hakeirto- m^3 . Kaukokuljetuskustannusten laskennassa käytetyt tuotosperusteet ovat Metsätehon tutkimusten mukaisia. Kustannukset on määritetty ohjemaksusopimusten mukaista laskentatapaa noudattaen. Hakkuutähdehakkeen kaukokuljetuskustannukset on esitetty kuvassa 3.

2.5 Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannusten määrittäysperusteet

Hakkuutähdehake-aineele ei esitetä erikseen tehdashintaa, koska tehdashinta sisältää korjuukustannusten lisäksi ainoastaan kaukokuljetuskustannukset. Mitään kantomainta hakkuutähdehake-aineele ei ole oletettu maksettavaksi. Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksia koskeviin laskelmiin raaka-aineen käyttäjäksi on valittu massateollisuus.

Hakkuutähdehakkeen käytön edellyttämästä seulonnan ja puhdistuksen tarpeesta, seulonta- ja puhdistuskustannuksista samoin kuin raaka-aineen käyttöarvosta ei ole toistaiseksi käytettävissä yksityiskohtaisia perustietoja. Näiden kustannustekijöiden tehdaskohtainen vaihtelu on lisäksi huomattavan suuri. Tässä tutkimuksessa käytetyt kustannusperusteet on laadittu massateollisuuden asiantuntijoiden lausuntojen perusteella ja niillä on pyritty kuvaamaan mahdollisuuksien mukaan keskimääräistä tilannetta. Seulonnan ja puhdistuksen yhteydessä syntyväksi raaka-ainehäviöksi on laskettu 15 %, seulonnan ja puhdistuksen kustannuksiksi 20 mk/hake- m^3 ja

raaka-aineen käyttöarvoksi seulonnan ja puhdistuksen jälkeen mäntyhakkuutähdehakkeelle 60 % ja kuusihakkuutähdehakkeelle 50 %. Vertailukohteena on käytetty vastaavan puulajin kuoretonta kuitupuuhaketta. Hakkuutähdehaketta on tässä arvioissa oletettu käytettävän muun hakkeen joukossa siten, että hakkuutähteen määrä on 5...15 % koko raaka-ainemäärästä.

2.6 Laskentamenetelmä

Hakkuutähteiden korjuun taloudellisuutta koskevat laskelmat on tehty Metsätehossa kehitettyä atk-sovelteista laskentamallia käyttäen. Laskentamallin periaatekaavio on selostettu kokopuina korjuun taloudellisuutta käsittelevässä Metsätehon tiedotuksessa 341. Hakkuutähteiden korjuuta on tarkasteltu sellaisen puunhankkijan kannalta, joka pystyy käyttämään leimikon ainespuu- ja hakkuutähdeosan. Tällä perusteella hakkuutähteiden korjuukustannusten laskenta on tehty laskentamallilla siten, että ensin on määritetty leimikon korjuu- ja kaukokuljetuskustannukset ja talteen saadun raaka-aineen määrä edullisimman ainespuumenetelmän sekä edullisimman leimikon ainespuu- ja hakkuutähdeosan talteenoton mahdollistavan menetelmän mukaan. Kustannukset kohdistuvat leimikon hakkuutähdeosaan, kun em. vaihtoehtoisten korjuumenetelmien kokonaiskustannusten erotus jaetaan talteen saatujen raaka-ainemäärien erotuksella.

3 HAKKUUTÄHTEIDEN KORJUUKUSTANNUKSET

3.1 Kuitupuuvaltainen avohakkuuleimikko

Hakkuutähteiden korjuukustannusten esittämisessä on menetelty niin, että eri leimikko-olosuhteissa on käytetty halvimman korjuuketjun mukaisia yksikkökustannuksia. Maasto-olosuhteet vastaavat hakkuun ja metsäkuljetuksen ohjemaksusopimusten I ja II maastoluokkaa.

Hakkuutähteiden korjuukustannukset kuitupuuvaltaisissa avohakkuuleimikoissa näkyvät kuvasta 4. Mäntyvaltaisissa leimikoissa korjuukustannukset ovat vielä suurissakin, yli 200 hake- m^3 :n leimikoissa 80...90 mk hake- m^3 :ä kohti. Tältä tasolta kustannukset alkavat kohota huomattavasti, kun leimikon koko jää 100...150 hake- m^3 :ä pienemmäksi.

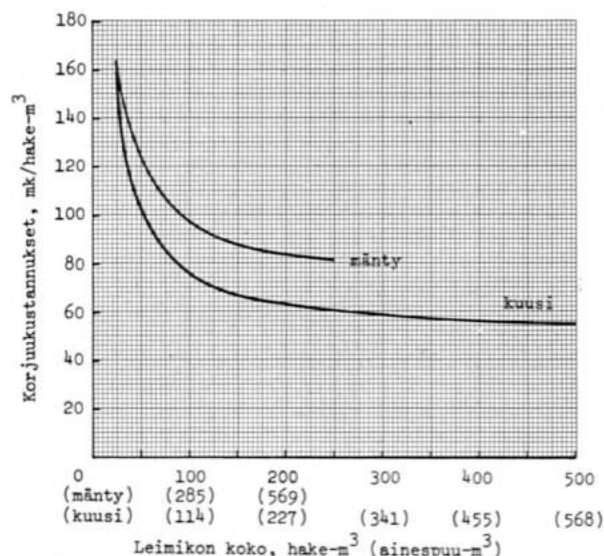
Kuusivaltaisissa leimikoissa hakkuutähteiden korjuukustannukset ovat noin 60 mk hake-m³:ä kohti, kun leimikon koko on noin 150 hake-m³:ä suurempi. Leimikon koon kriittinen raja, jota pienemmissä leimikoissa kustannustaso kohoaa jyrkästi, on noin 100 hake-m³.

3.2 Keskiäreä avohakkuuleimikko

Hakkuutähteiden korjuukustannukset mäntyvaltaisissa keskiäreissä leimikoissa on esitetty leimikon koon ja tiheyden funktiona kuvassa 5. Parhaimmissa leimikon koko- ja tiheysluokissa kustannustaso on 200 m:n metsäkuljetusmatkalla 80 mk:n paikkeilla hake-m³:ä kohti. Korjuuolosuhteiltaan huonoissa leimikoissa kustannustaso nousee 100...150 mk:aan hake-m³:ä kohti.

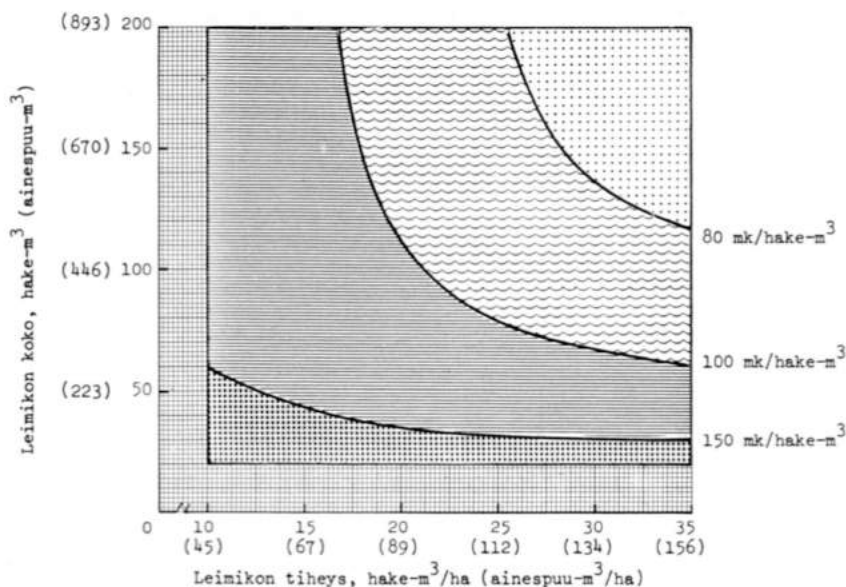
Hakkuutähteiden korjuukustannukset kuusi-valtaisissa keskiäreissä leimikoissa näkyvät kuvasta 6. Kustannustaso vaihtelee leimikon eri koko- ja tiheysluokissa 60 mk:sta 100 mk:aan hake-m³:ä kohti.

Hakkuutähteiden korjuukustannuksia kuusi-valtaisissa metsissä ei voi verrata sellaisinaan mäntyvaltaisten leimikoiden vastaaviin kustannuksiin, koska samaa ainespuumäärää edustavissa leimikoissa hakkuutähteiden määrä on hyvin erilainen. Jos

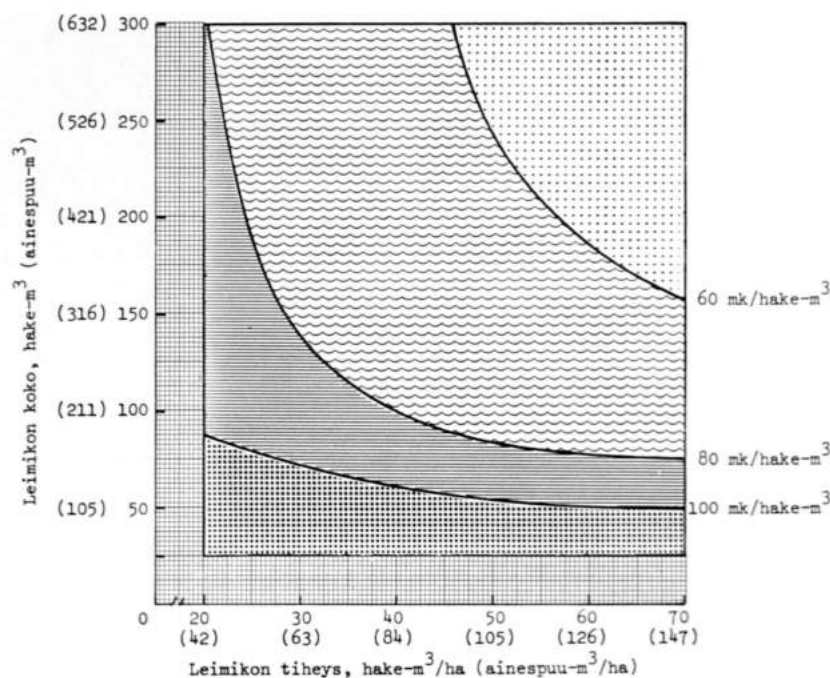


Kuva 4. Hakkuutähteiden korjuukustannukset. Leimikkotyyppi: kuitupuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 18 hake-m³/ha; pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 44 hake-m³/ha

leimikoiden tiheyttä mitataan hake-m³:einä ja sekä mänty- että kuusi-valtaisen leimikon tiheydeksi oletetaan esimerkiksi 35 hake-m³/ha, hakkuutähteiden korjuukustannukset ovat kuusikoissa noin 3 % pienemmät kuin männiköissä. Leimikon kooksi on tässä esimerkkilaskelmassa valittu 110 hake-m³. Mainittu 35 hake-m³:n hakkuutähdemäärä edellyttää männiköissä noin 150 ainespuu-



Kuva 5. Hakkuutähteiden korjuukustannukset. Leimikkotyyppi: keskiäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m

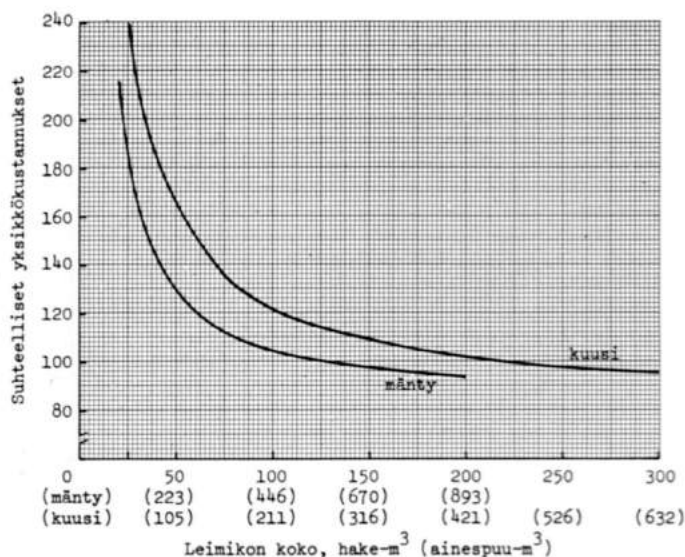


Kuva 6. Hakkuutähteiden korjuukustannukset. Leimikkotyyppi: keskijäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m

$m^3:n/ha$ ja kuusikoissa noin 75 ainespuu- $m^3:n/ha$ tiheyttä.

Leimikon koon suhteellinen vaikutus hakkuutähteiden korjuukustannuksiin näkyy kuvas-

ta 7. Melko selvä raja, jota pienemmissä leimikoissa korjuukustannukset alkavat nousta jyrkästi, osuu noin 100 hake- $m^3:n$ kohdalle.



Kuva 7. Leimikon koon vaikutus hakkuutähteiden korjuukustannuksiin. Leimikkotyyppi: keskijäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 22 hake- m^3/ha ; pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 47 hake- m^3/ha

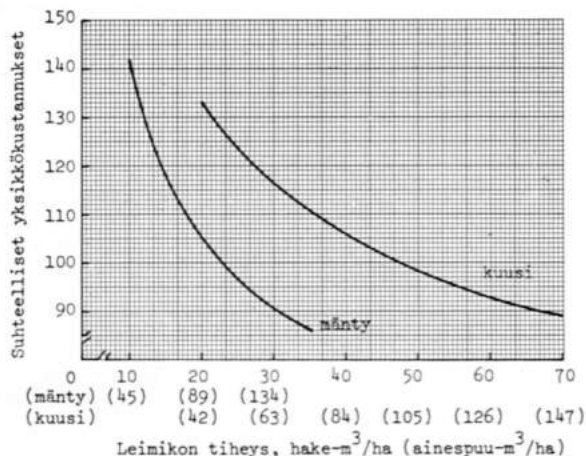
Mäntyvaltaisessa leimikossa leimikon koon suhteellinen vaikutus saadaan muutettua määrälliseksi kustannusluvuksi, kun suhteellisten yksikkökustannusten arvolla 100 kustannuslukuna käytetään 91,00 mk/aa hake-m³:ä kohti. Kuusivaltaisessa leimikossa vastaavat yksikkökustannukset ovat 62,00 mk/hake-m³.

Leimikon tiheyden suhteellinen vaikutus korjuukustannuksiin näkyy kuvasta 8. Suhteellisten yksikkökustannusten arvolla 100 yksikkökustannukset ovat mäntyvaltaisessa leimikossa 91,00 mk/hake-m³ ja kuusivaltaisessa leimikossa 62,00 mk/hake-m³.

Eri korjuuketjujen keskinäinen edullisuus mäntyvaltaisissa leimikoissa selviää kuvasta 9. Tuloksia ei esitetä erikseen kuusivaltaisten leimikoiden osalta, sillä korjuuketjujen edullisuus on niissä likimäärin sama kuin mäntyvaltaisissa leimikoissa. Koska hakkuutähteiden korjuuta edeltävä ainespuun korjuutapa vaikuttaa hakkuutähteiden korjuukustannuksiin, korjuuketjujen edullisuuslaskelmat on tehty leimikon koko raaka-ainemäärän hankintaa koskevin. Korjuukustannukset on esitetty kiintokuutiometriä (m³) kohti laskettuna keskimääräislukuna, joka tässä tapauksessa siis koostuu leimikon ainespuuosan eri tavaralajien sekä hakkuutähteiden korjuukustannuksista.

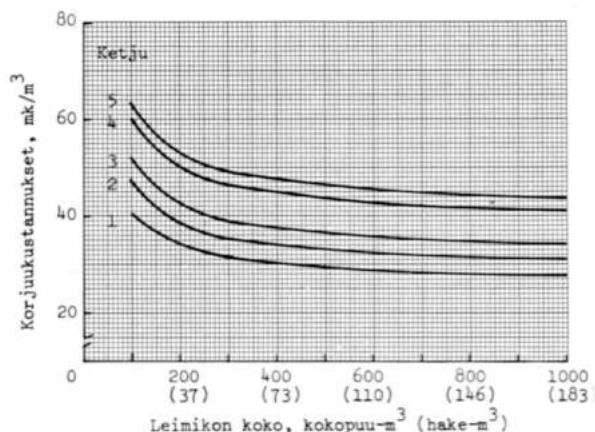
Kokonaiskustannuksiltaan halvin on korjuuketju, jossa leimikon ainespuuosan korjuussa käytetään hakkuumiehen ja metsätraktorin muodostamaa ihmistyövaltaista korjuuketjua. Palstalla toimivan prosessorin käyttöön perustuva korjuuketju on seuraavaksi edullisin. Tämän korjuuketjun yksikkökustannusten ero halvimpaan korjuuvaihtoehtoon verrattuna on pienissä, alle 18 hake-m³:n leimikoissa lähes 20 % ja suurissa, yli 150 hake-m³:n leimikoissa noin 5 %.

Kokopuujuontoon perustuvat korjuuvaihtoehdot ovat yksikkökustannuksiltaan muita korjuuvaihtoehtoja selvästi kalliimpia. Näiden korjuuketjujen epäedullisuus johtuu leimikon ainespuuosan korjuun kustannuseroista muihin korjuuvaihtoehtoihin verrattuna. Hakkuutähteiden korjuussa välivarastohaketuksen osuus kokonaiskustannuksista on runsaat 50 %, ja tämä kustannuserä on likimäärin samansuuruinen kaikkia korjuuketjuja käytettäessä. Ainespuuosan korjuukustannukset muodostavat lisäksi selvän pääosan leimikon korjuun kokonaiskustannuksista.

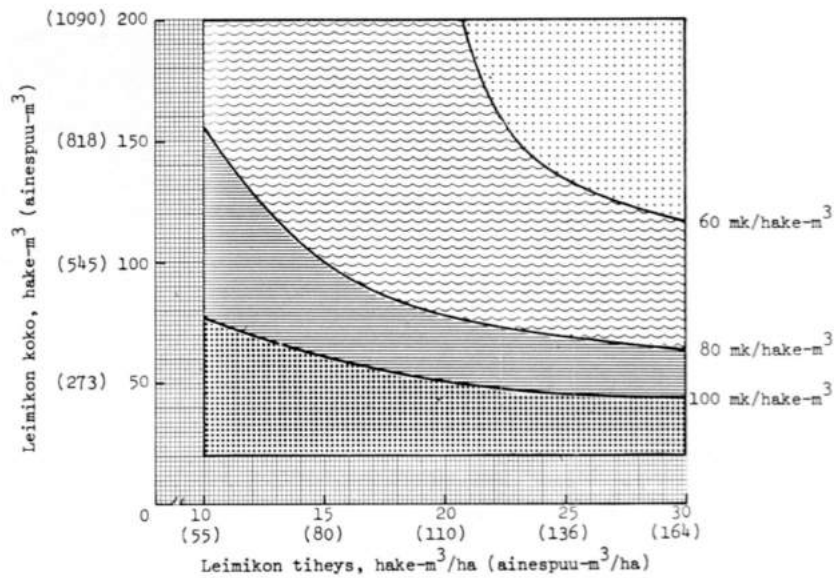


Kuva 8. Leimikon tiheyden vaikutus hakkuutähteiden korjuukustannuksiin. Leimikkotyyppi: keskijäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon koko 128 hake-m³; pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon koko 225 hake-m³.

Metsäkuljetusmatkan pituus vaikuttaa korjuuketjujen edullisuussuhteisiin siten, että lyhyillä metsäkuljetusmatkoilla kokopuujuontoon perustuvien korjuuketjujen suhteellinen edullisuus lisääntyy. Edullisuussuhteiden muutokset ovat kuitenkin niin vähäisiä, että korjuuketjujen edullisuusjärjestys säilyy samana 100...500 m:n metsäkuljetusmatkoilla.



Kuva 9. Eri korjuuketjujen keskinäinen edullisuus, kun leimikon koko kantoleikkauksen yläpuolinen raaka-ainemäärä korjataan (korjuuketjut, ks. kuvaa 2, s. 9). Leimikkotyyppi: keskijäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 22 hake-m³/ha.



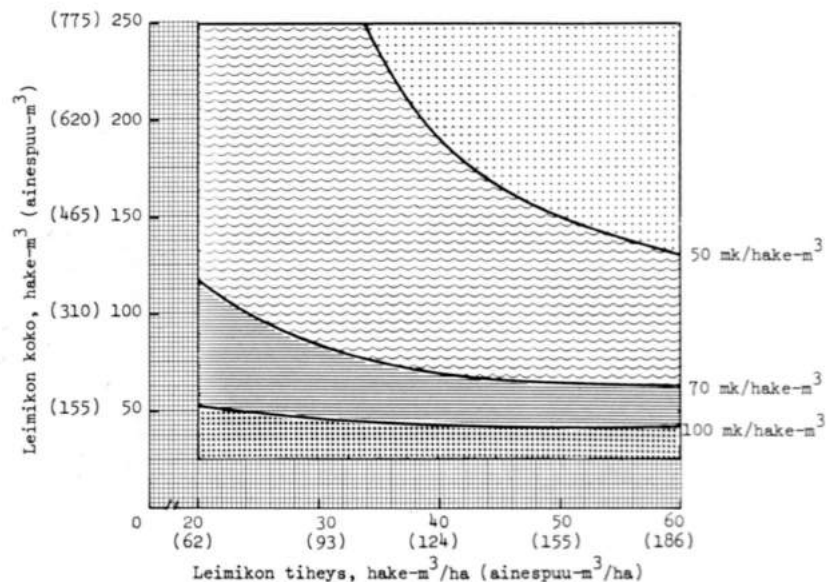
Kuva 10. Hakkuutähteiden korjuukustannukset. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m

3.3 Tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko

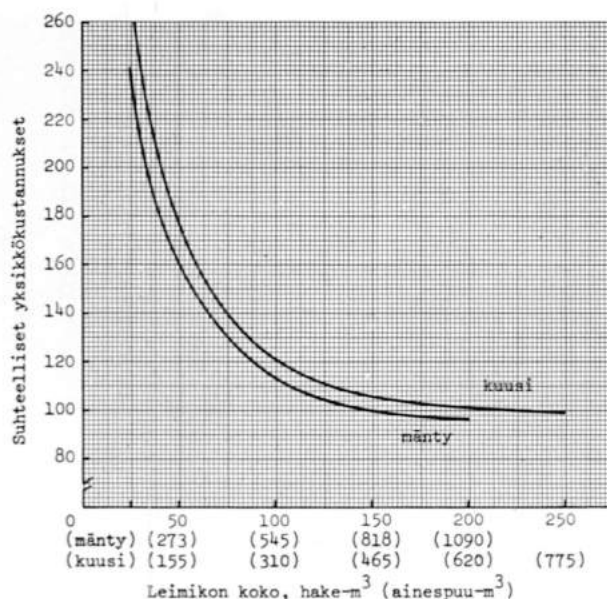
Hakkuutähteiden korjuukustannukset tukkipuuvaltaisissa avohakkuuleimikoissa on esitetty mäntyvaltaisten leimikoiden osalta kuvassa 10 ja kuusivaltaisten leimikoiden osalta kuvassa 11. Mäntyvaltaisissa leimikoissa yksikkökustannukset ovat 200 m:n metsäkuljetusmatkalla parhaissa

leimikon koko- ja tiheysluokissa noin 60 mk hake-m³:ä kohti. Kun leimikon koko jää alle 70 hake-m³:n, yksikkökustannukset nousevat 90...100 mk:n tasolle.

Kuusivaltaisissa leimikoissa kustannukset ovat parhaissa olosuhteissa noin 50 mk hake-m³:ä kohti. Leimikon koon alarajana tällä kustannustasolla on noin 140 hake-m³



Kuva 11. Hakkuutähteiden korjuukustannukset. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m



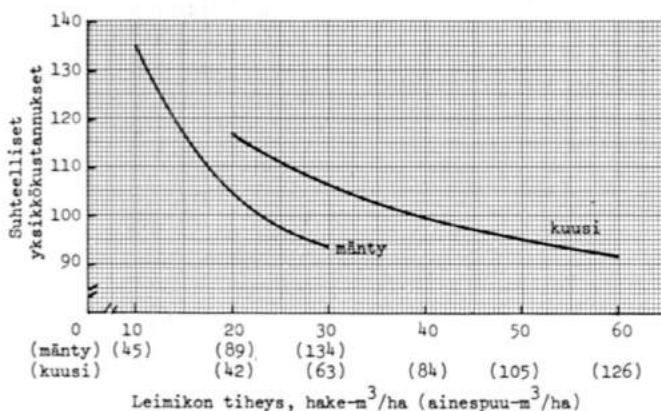
Kuva 12. Leimikon koon vaikutus hakkuutähteiden korjuukustannuksiin. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 23 hake-m³/ha; pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 40 hake-m³/ha

ja tiheyden alarajana noin 35 hake-m³/ha. Kun leimikon koko jää 50 hake-m³:ä pienemmäksi, yksikkökustannukset nousevat myös kuusivaltaisissa leimikoissa noin 100 mk:n tasolle hake-m³:ä kohti.

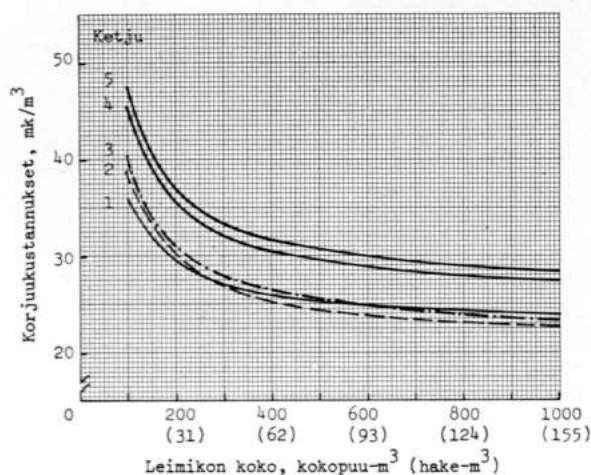
Leimikon koon vaikutus hakkuutähderaaka-aineen korjuukustannuksiin näkyy kuvasta 12. Yksikkökustannukset alkavat nousta jyrkästi sekä mänty- että kuusivaltaisissa leimikoissa, kun leimikon koko jää noin 100

hake-m³:ä pienemmäksi. Leimikon koon suhteellinen vaikutus saadaan muutettua määrälliseksi kustannusluvuksi, kun suhteellisten yksikkökustannusten arvolla 100 kustannuslukuna käytetään mäntyvaltaisessa leimikossa 60,45 mk:aa/hake-m³ ja kuusivaltaisessa leimikossa 48,75 mk:aa/hake-m³.

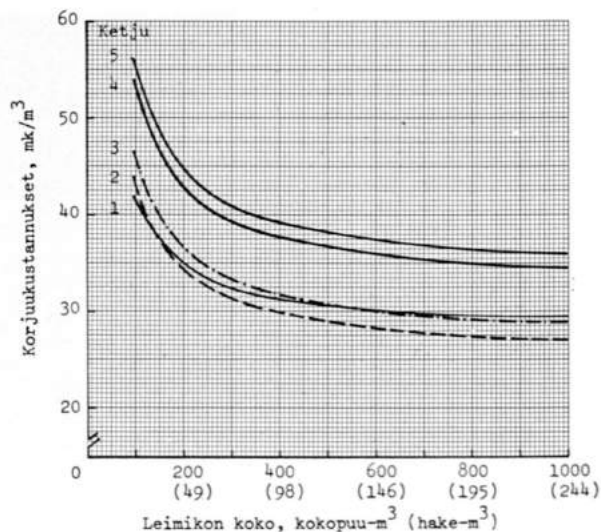
Leimikon tiheyden suhteellinen vaikutus hakkuutähteiden korjuukustannuksiin selviää kuvasta 13. Suhteellisten yksikkö-



Kuva 13. Leimikon tiheyden vaikutus hakkuutähteiden korjuukustannuksiin. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon koko 140 hake-m³; pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon koko 220 hake-m³.



Kuva 14. Eri korjuuketjujen keskinäinen edullisuus, kun leimikon koko kantoleikkauksen yläpuolinen raaka-ainemäärä korjataan (korjuuketjut, ks. kuvaa 2, s. 9). Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 23 hake-m³/ha



Kuva 15. Eri korjuuketjujen keskinäinen edullisuus, kun leimikon koko kantoleikkauksen yläpuolinen raaka-ainemäärä korjataan (korjuuketjut, ks. kuvaa 2, s. 9). Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, leimikon tiheys 40 hake-m³/ha

kustannusten arvolla 100 yksikkökustannukset ovat mäntyvaltaisessa leimikossa 60,45 mk/hake-m³ ja kuusivaltaisessa leimikossa 48,75 mk/hake-m³.

Eri korjuuketjujen edullisuus mäntyvaltaisissa leimikoissa selviää kuvasta 14 ja kuusivaltaisissa leimikoissa kuvasta 15. Yli 50 hake-m³:n leimikoissa kokonaiskustannuksiltaan halvimmaksi korjuumenetelmäksi osoittautui palstalla toimivan prosessorin käyttöön perustuva korjuuketju ja seuraavaksi edullisimmaksi palstalla toimivan harvesterin käyttöön perustuva korjuuketju. Pienissä, alle 40 hake-m³:n leimikoissa ihmistyövaltainen korjuuvaihtoehto osoittautui edelleen halvimmaksi korjuutavaksi. Tämä korjuuketjujen keskinäinen edullisuusjärjestys säilyy samana 100 ...500 m:n metsäkuljetusmatkoilla.

Korjuuketjut, joissa koko puu kuljetetaan välivarastolle, osoittautuivat tukkipuuvaltaisissakin leimikoissa kalleimmiksi.

Kuusivaltaisissa leimikoissa korjuuketjujen keskinäinen edullisuus on likimäärin sama kuin mäntyvaltaisissa leimikoissa. Niiden korjuuvaihtoehtojen edullisuus, joissa puu juonnetaan kokonaisena väli-varastolle, tosin huononee edelleen mäntyvaltaisiin leimikoihin verrattuna.

4 HAKKUUTÄHTEIDEN PUURAAKA-AINEKUSTANNUKSET

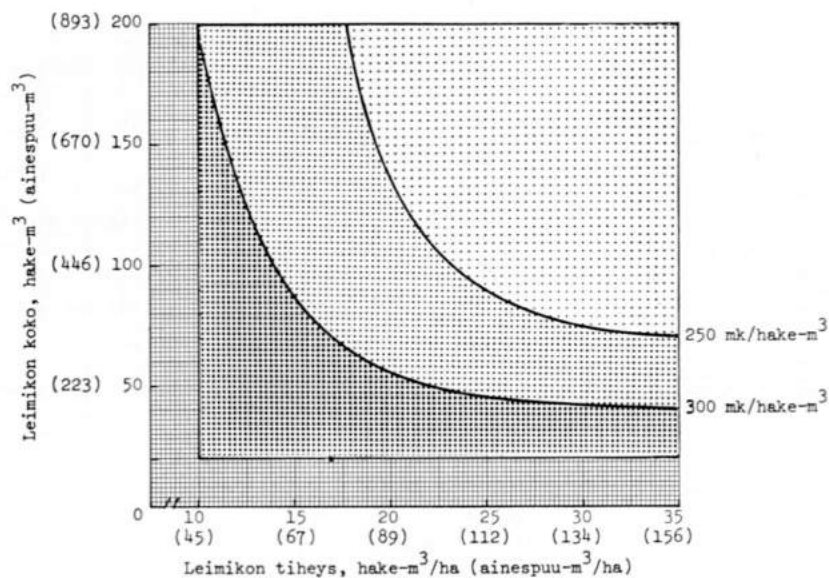
4.1 Keskijäreä avohakkuuleimikko

Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksia tarkastellaan seuraavassa pelkästään massateollisuuden kannalta. Tehdaspään kustannusperusteet esitettiin luvussa 2.5 (s. 12).

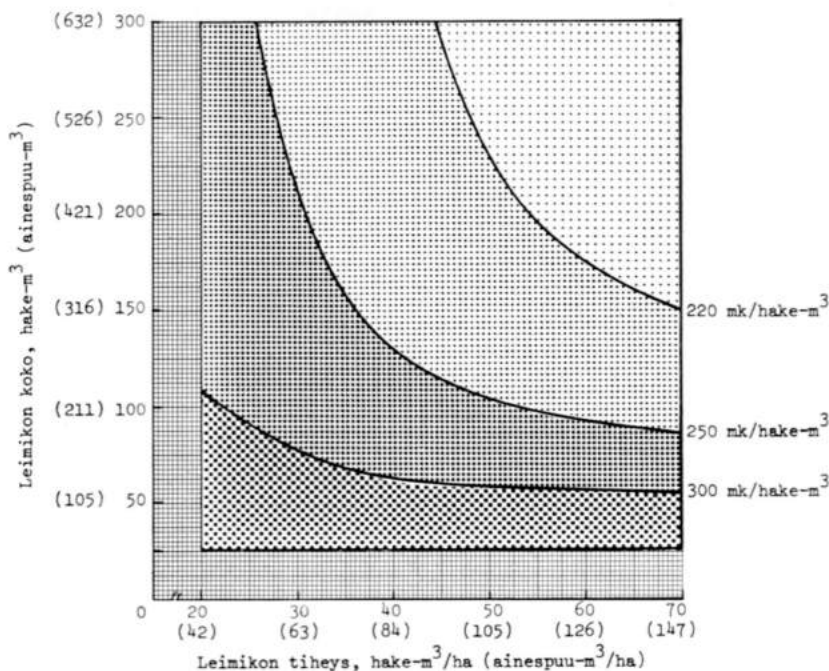
Mäntyvaltaisista leimikoista korjattujen hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset, kun kaukokuljetusmatka on 70 km, on esitetty kuvassa 16. Kustannustaso nousee parhaissakin leimikon koko- ja tiheysluokissa 200 mk:n yläpuolelle hake-m³:ä kohti.

Kuusivaltaisista leimikoista korjattujen hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset on esitetty kuvassa 17. Kustannukset nousevat kuusivaltaisissakin leimikoissa 70 km:n kaukokuljetusmatkalla parhaissa leimikko-olosuhteissa yli 200 mk:n hake-m³:ä kohti.

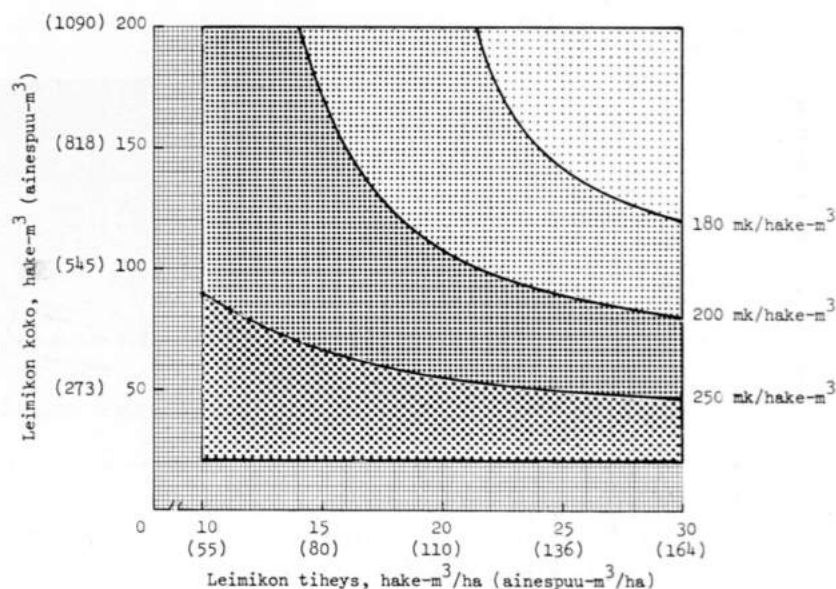
Kun hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksia verrataan massateollisuuden muiden raaka-ainevaihtoehtojen vastaaviin kustannuksiin, hakkuutähteiden käyttö havaitaan ilmeisen epätaloudelliseksi. Niiden alhainen käyttöarvo aiheuttaa kuitenkin puu-



Kuva 16. Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset. Massateollisuus. Leimikkotyyppi: keskijäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, kaukokuljetusmatka 70 km. Tehdaspään kustannusperusteet: raaka-ainehäviö seulonnassa ja puhdistuksessa 15 %, seulonta- ja puhdistuskustannukset 20 mk/hake-m³, raaka-aineen käyttöarvo 60 %



Kuva 17. Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset. Massateollisuus. Leimikkotyyppi: keskijäreä avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, kaukokuljetusmatka 70 km. Tehdaspään kustannusperusteet: raaka-ainehäviö seulonnassa ja puhdistuksessa 15 %, seulonta- ja puhdistuskustannukset 20 mk/hake-m³, raaka-aineen käyttöarvo 50 %

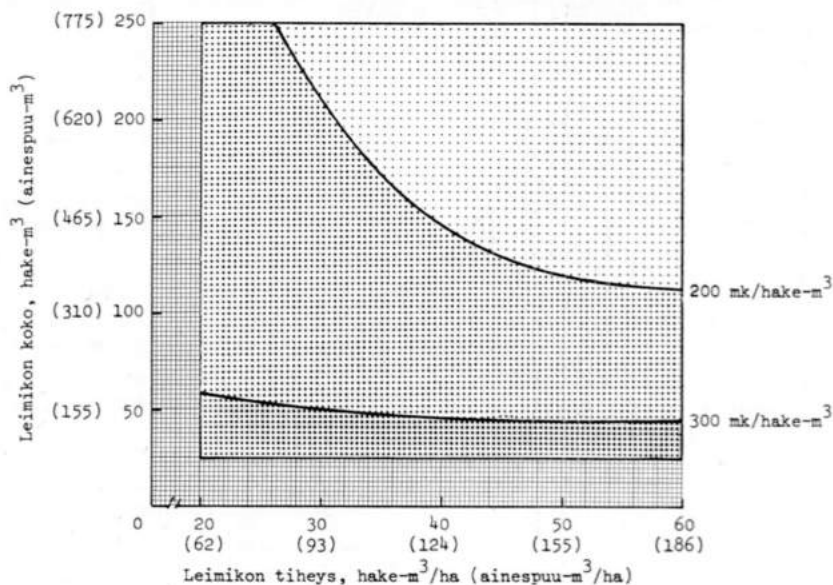


Kuva 18. Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset. Massateollisuus. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji mänty, metsäkuljetusmatka 200 m, kaukokuljetusmatka 70 km. Tehdaspään kustannusperusteet: raaka-ainehäviö seulonnassa ja puhdistuksessa 15 %, seulonta- ja puhdistuskustannukset 20 mk/hake-m³, raaka-aineen käyttöarvo 60 %

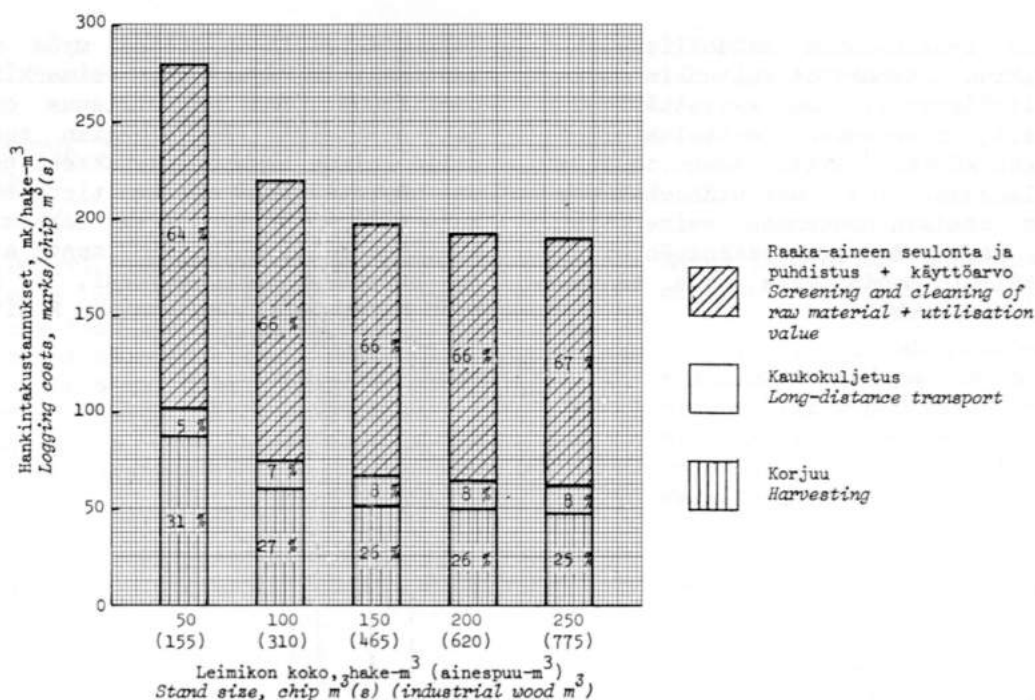
raaka-ainekustannuksista lähes 50 %. Taloudellisuuskysymys muuttuu täten olennaisesti, jos hakkuutähteiden käyttöarvoa saadaan parannettua.

4.2 Tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko

Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset mäntyvaltaisissa leimikoissa näkyvät ku-



Kuva 19. Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset. Massateollisuus. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, kaukokuljetusmatka 70 km. Tehdaspään kustannusperusteet: raaka-ainehäviö seulonnassa ja puhdistuksessa 15 %, seulonta- ja puhdistuskustannukset 20 mk/hake-m³, raaka-aineen käyttöarvo 50 %



Kuva 20. Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannusten rakenne. Massateollisuus. Leimikkotyyppi: tukkipuuvaltainen avohakkuuleimikko. Olosuhteet: pääpuulaji kuusi, metsäkuljetusmatka 200 m, kaukokuljetusmatka 70 km. Tehdaspään kustannusperusteet: raaka-ainehäviö seulonnassa ja puhdistuksessa 15 %, seulonta- ja puhdistuskustannukset 20 mk/hake-m³, raaka-aineen käyttöarvo 50 %

Fig. 20. Structure of the wood raw material costs of logging residues. Pulp industry. Type of marked stand: sawlog-dominated clear-cutting. Conditions: dominant tree species spruce, forest haulage distance 200 m, long-distance transport distance 70 km. Cost bases at the mill end: raw material loss in screening and cleaning 15 %, screening and cleaning costs 20 marks/chip m³(s), utilisation value of raw material 50 %

vasta 18 ja kuusivaltaisissa leimikoissa kuvasta 19. Mäntyvaltaisissa leimikoissa kustannukset ovat parhaissa leimikon koko- ja tiheysolosuhteissa noin 180 mk hake-m³:ä kohti. Kuusivaltaisissa leimikoissa ne ovat vastaavissa olosuhteissa noin 200 mk hake-m³:ä kohti.

Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannukset nousevat siis hyvin huomattaviksi parhaimmissakin korjuuolosuhteissa vaihtoehtoisten puuraaka-ainelajien vastaaviin kustannuksiin verrattuina.

4.3 Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannusten rakenne

Hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannusten rakennetta esittävästä kuvasta 20 näkyy, että tehdaspään kustannustekijät aiheuttavat pääosan kokonaiskustannuksista. Tehdaspään kustannusten osuus, kun kaukokuljetus-

matka on 70 km, on leimikon koon mukaan 64...67 % hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksista. Kaukokuljetuskustannusten osuus on kuljetusmatkan pituuden mukaan vain 5...8 % ja korjuukustannusten osuus 25...31 %.

Tehdaspään kustannustekijöistä hakkuutähteraaka-aineen alhainen käyttöarvo aiheuttaa lisäkustannusten selvän pääosan. Seulonnan ja puhdistuksen kustannuksiksi laskettiin 20 mk/hake-m³.

5 PÄATELMÄT

Hakkuutähteiden suurten korjuukustannusten ja ennen muuta heikkojen laatuominaisuuksien vuoksi keskeisten perinteellisten puuraaka-ainelajien puuraaka-ainekustannukset jäävät vielä selvästi hakkuutähteiden puuraaka-ainekustannuksia pienemmiksi.

Kemiallisen teollisuuden mahdollisuudet käyttää hakkuutähdehaketta kuitenkin olennaisesti lisääntyvät, kun käytettävissä on erillisiä, nimenomaan heikkolaatuisen raaka-aineen käyttöä varten suunniteltuja valmistuslinjoja. Jos hakkuutähdehakkeen käyttöarvo saadaan nousemaan esimerkiksi 80 %:iin, merkittävä osa hakkuutähteistä olisi jo tällöin mahdollista saada taloudellisesti korjatuksi.

Hakkuutähteillä on lisäksi myös muita potentiaalisia käyttäjiä, esimerkiksi levyteollisuus. Yksi mahdollisuus on käyttää hakkuutähteitä lämpöenergian tuotantoon, sillä kuivan hakkuutähdehakkeen polttoarvo on käytettävissä olevien tietojen mukaan suhteellisen hyvä. Koska hakkuutähteiden käyttömahdollisuudet ilmeisesti aikaa myöten paranevat merkittävästi, on tärkeää, että hakkuutähteiden korjuun kehittämistä edelleen jatketaan.

KIRJALLISUUTTA
References

- HAKKILA, PENTTI 1969. Weight and Composition of the Branches of Large Scots Pine and Norway Spruce Trees. Lyhennelmä: Järeittein mänty- ja kuusipuitten oksien paino ja koostumus. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja - Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 67.6. Helsinki
- "- 1972. Oksaraaka-aineen korjuumahdollisuudet Suomessa. Summary: Possibilities of Harvesting Branch Raw Material in Finland. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 159. Helsinki
- HAKKILA, PENTTI ja KALAJA, HANNU 1974. Oksaraaka-aineen kasaussäilytys Bobcat M-600 kuormaajalla. Summary: Bunching of Branch Raw Material by Melroe Bobcat M-600 Loader. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 204. Helsinki
- HAKKILA, PENTTI - LAASASENAHO, JOUKO ja OITTINEN, KARI 1972. Korjuuteknisiä oksatietoja. Summary: Branch Data for Logging Work. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 147. Helsinki
- HARSTELA, PERTTI - TAKALO, SAULI 1974. Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta. Summary: Experiments on Loading and Transportation of Branch Raw Material. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 215. Helsinki
- LEHTONEN, EERO - MÄKELÄ, MARKKU 1975. Leimikoittaisen havupuuhakkuutähteiden määrän ja koostumuksen laskeminen. Ennakkotietoja. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto, moniste. Helsinki
- "- 1976. Hakkuutähteen määrä. Ennakkotuloksia. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto, moniste. Helsinki
- MELKKO, MARKKU 1975. Hakkuutähteiden koostumus moottorisaha- ja monitoimikonetyömailla (Composition of Logging Residues at Power-Saw and Processor Work Sites). Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 5/1975. Helsinki
- "- 1975. Oksaraaka-aineen tiivistäminen. Metsätehon seloste 8/1975. Helsinki
- "- 1976. Hakkuutähteiden kasaussäilytys liuku- puomikuormaimella (Bunching of Logging Residues by Slide Boom Loader). Metsätehon katsaus - Metsäteho Review 5/1976. Helsinki
- "- 1976. Hakkuutähteiden metsäkuljetus kuormatraktorilla. Summary: Forest Haulage of Logging Residues by Forwarder. Metsätehon tiedotus - Metsäteho Report 339. Helsinki
- "- 1976. Hakkuutähteiden haketus välivarastolla Trellan D-60 -laikkahakkurilla. Metsätehon seloste 7/1976. Helsinki
- "- 1976. Hakkuutähteiden metsäkuljetus Pohjois-Suomessa. Metsätehon seloste 11/1976. Helsinki
- MÄKELÄ, MARKKU 1975. Oksaraaka-aineen kasaussäilytys ja kuljetus. Summary: Bunching and Transportation of Branch Raw Material. Metsäntutkimuslaitos - Institutum Forestale Fenniae, Folia Forestalia 237. Helsinki
- "- 1975. Kanto-, koko- ja oksapuun painotietoja. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto, moniste. Helsinki
- MÄKELÄ, MARKKU - RAASSINA, EINO 1976. Teknisesti korjattavissa oleva metsätähti Kaakkois-Suomessa. Ennakkotietoja. Metsäntutkimuslaitos, metsäteknologian tutkimusosasto, moniste. Helsinki

ECONOMICALNESS OF HARVESTING LOGGING RESIDUES

By Airi Eskelinen, Markku Melkko, and Heikki Vesikallio

S u m m a r y

Branches and waste stemwood smaller than the minimum diameter of industrial wood that are left in the forest after the harvesting of stemwood are still a residual raw material reserve for the Finnish forest industry. Efforts to develop the technique of harvesting these so-called logging residues have succeeded in the last few years to the point they can now be used to recover residues amounting to an estimated 20 per cent of the logging quantity of industrial wood. In a normal logging year this is equivalent to an annual raw material supply of about 8 million logging residue chip m^3 (solid measure).

The aim of this study was to examine the economicalness of harvesting logging residues, i.e., branches and tops. The calculations were based on direct operating costs at the cost and technology level of mid-1976. The pulp industry was selected as the user of logging residues.

Logging residue harvesting costs of 50...70 marks per logging residue chip m^3 harvested in the clear-cutting stands with optimal harvesting conditions were achieved in the study. The stand size must be over 150 chip m^3 , density over 20 chip m^3 /hectare and the forest haulage distance must be less than 300 m.

In the average harvesting conditions of clear-cutting areas the costs of harvesting logging residues amounted to 70...100 marks per chip m^3 .

In the calculation of the mill price of logging residue chips the costs of long-distance transport of logging residues ranged from approx. 8 to about 35 marks per chip m^3 over distances of 5...300 km.

In the calculation of the wood raw material costs of logging residues, the utilisation value of logging residue pine chips was estimated at 60 per cent and that of logging residue spruce chips at 50 per cent of the utilisation value of barked pulpwood chips of these two tree species. It was assumed in determining the utilisation values that logging residue chips are mixed with other chips in ratios of 5...15 per cent. The share of screening and cleaning was assumed to be 15 per cent.

Given these conditions, the wood raw material costs of logging residues rose even in the very best circumstances to 180...200 marks per chip m^3 . They amounted to 200...300 marks per chip m^3 in the average harvesting conditions of clear-cutting stands. The comparable costs of the traditional wood raw material types in the present situation are still well below the logging residue costs.

However, the chemical industry's scope for utilising logging residue chips improves essentially if separate production lines planned expressly for poor quality raw material are available. If the situation changes enough to raise the utilisation value of the logging residue raw material to 80 per cent, it ought to be possible to bring a significant proportion of logging residues within the range of economical harvesting. Logging residues have other potential uses, too, such as wood panel and thermal energy production. As the usability of logging residues will obviously improve significantly in the long term, it is important to develop the harvesting of logging residues further.

