

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

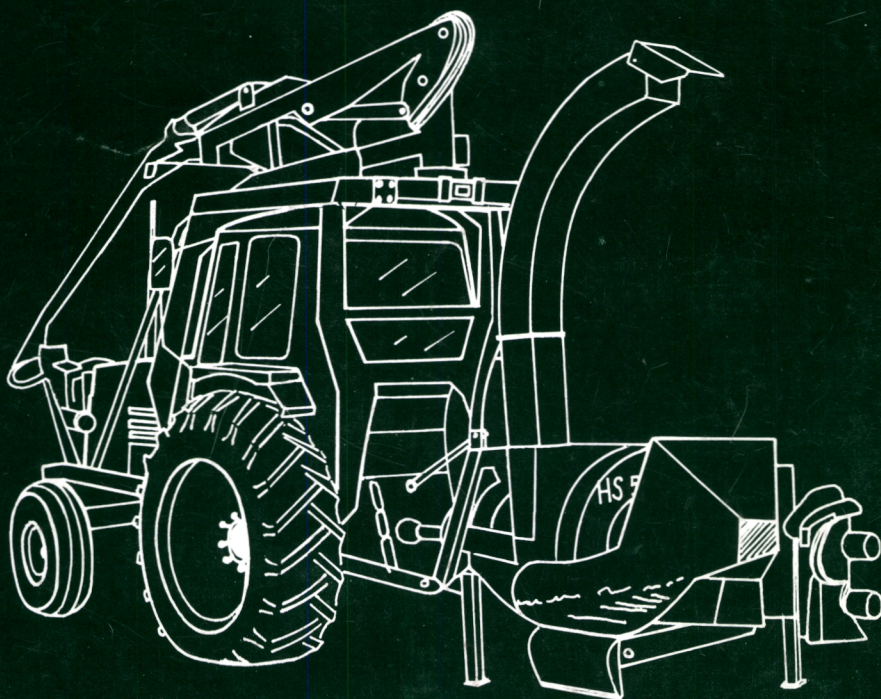
84

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
METSÄTYÖTIETEEN TUTKIMUSSUUNTA



Timo Heikka ja Arja Soramäki

HS-500 HDK HAKKUUTÄHDEHAKKURI



HELSINKI 1983

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 84

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO

METSÄTYÖTIETEEN TUTKIMUSSUUNTA

TIMO HEIKKA JA ARJA SORAMÄKI

HS-500 HDK HAKKUUTÄHDEHAKKURI

ISSN 0358-4283

HELSINKI 1983



SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	3
2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	3
3. HAKETUSYKSIKÖN TEKNISET TIEDOT	5
4. TULOKSET	7
5. HAKKEEN OMINAISUUDET	14
6. HAKETUKSEN KUSTANNUKSET	16
7. PÄÄTELMÄT	18
KIRJALLISUUS	18

1. JOHDANTO

Tämä tutkimus on jatkoa Folia Forestalia-sarjan julkaisuna 498 ilmestyneelle Jari Rantamaulan tutkimukselle HS-500 HD hakkuutähdehakkurista, johon on mainitun tutkimuksen jälkeen tehty syötön helpottamiseen tähtääviä parannuksia. Jatkotutkimuksessa verrataan uutta prototyyppiä aikaisempaan ja selvitetään sen soveltuvuus eri puutavaralajien haketuksen välivarastolla.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

Tutkimusaineisto koostui hakkuutähdeestä, harvennuspuesta ja nuoresta raivauspuesta. Työmaalla 1 haketettiin avohakkuualan hakkuutähdettä Viljakkalassa Oy Kyrö Ab:n työmailla 34.5.-3.6.1982 välisenä aikana. Puusto, josta 57 % oli kuusta, 25 % mäntyä ja 18 % koivua, oli korjattu syksyllä 1980. Hakkuutähteet oli ajettu kesäkuussa 1981 välivarastolle suuriin, 3 m x 3 m x 25 m kasoihin.

Työmailla 2 ja 3 haketettiin karsimatonta koivukoko-puuta, edellisellä yli 7 m:n pituista harvennuspuesta ja jälkimmäisellä nuoren taimiston raivauspuesta. Haketus tapahtui 7.-10.6.1982 välisenä aikana Aulis Sileäkankaan työmaalla Uusikylässä. Puusto oli korjattu maaliskuussa 1982. Puut oli ajettu tien varteen juuri ennen haketusta kahteen eri kasaan.

Edellä mainittujen kokeitten jälkeen hakkurin syöttö-
aukkoa suurennettiin. Sen jälkeen haketettiin työmaalla n:o

4 Kovelahdessa kuusen hakkuutähdettä 15.9.1982. Puusto oli korjattu maaliskuussa 1982. Tähteet oli ajettu tien varteen syyskuussa 1982.

Tutkimuksessa hake puhallettiin kasalle maahan. Hakkeen kuljetuksen jälkeen otettiin kasojen paikalta 1 m^2 :n koealoja, joista mitattiin ja laskettiin maahan jääneen hakkeen määrä. Hakkeen kokonaismäärä oli eri työmailla seuraava.

Työmaan n:o	Haketettu tavaralaji	Haketetut puumäärät i-m	m ³
1	Hakkuutähde	176,2	75,8
2	Karsimaton harvennuspuu	140,0	54,6
3	Karsimaton raivauspuu	109,4	44,9
4	Hakkuutähde	47,3	19,9

Aikatutkimuksen kohteena oli tuotantoaika, joka jaettiin tehoaikaan ja keskeytyksiin. Tehoaika jaettiin edelleen haketukseen valmistautumiseen, haketukseen ja siirtymiseen varastolla.

Haketukseen valmistautumisella tarkoitetaan aikaa, joka tarvitaan traktorin kierrosluvun nostamiseksi haketuksen vaatimalle tasolle. Kun tämä on saavutettu, alkaa haketusvaihe kuormaimen kouran siirtämisellä. Haketusvaihe sisältää varsinaisen haketuksen ja tyhjänäpyörimisajan. Tyhjänäpyörimisaika on aikaa, jolloin hakkuri pyörii tyhjillään eikä haketorvesta tule haketta ulos. Siirtymisellä tarkoi-

tetaan siirtymistä välivarastolla hakekasalla.

Aikatutkimuksen yhteydessä merkittiin muistiin hake-
taakkojen tai puitten lukumäärä haketustaakan tai puun kes-
kikoon määrittämistä varten.

Kuljettajan ajankäytön rakennetta tutkittiin frekvens-
simenetelmällä havaintovälin ollessa 30 cmin. Haketusvai-
heen keskeytykset merkittiin muistiin havainnointitutkimuk-
sessa, mutta niitä ei ole otettu huomioon kuljettajan työ-
ajan rakennetta määriteltäessä.

Hakkurin kuljettaja oli ammattitaitoinen. Hän oli
käyttänyt hakkuria koko sen kehittelyvaiheen ajan.

3. HAKETUSYKSIKÖN TEKNISET TIEDOT

HS-500 HDK hakkuutähdehakkurin valmistaja on H-Steel
Oy. Hakkuri kiinnitetään maataloustraktorin kolmipistekiin-
nitykseen. Hakkuria voidaan käyttää myös sähkömoottorilla.
Syöttö tapahtuu esimerkiksi maataloustraktorin katolle asen-
netulla kourakuormaimella.

Hakkuri on tarkoitettu hakkuutähteiden, rankojen ja ko-
kopuun varastohaketukseen. Hake puhalletaan haketusyksikön
viereen tai taakse sijoitettuun perävaunuun tai vaihtola-
vaan.

Hakkuutähteen käsittelyä varten kehitetty prototyyppi
on rakennettu HS-500 HD rumpuhakkurista liittämällä siihen

syöttökouru, jonka pohjalla on kahden hydraulimoottorin käyttämä ketjukuljetin. Ketjukuljettimen reunoille on kiinnitetty 23 cm välein 40 cm pituiset kolat. Ketjukuljettimen ja vastaterän välissä on hydraulimoottorikäyttöinen puhdistuspyörä. Hydraulimoottori käyttää ketjun lisäksi kourun päässä olevaa korkeussuunnassa säätyvää yläpuolista syöttörullaa, jonka puristusvoima on jousilla säädettävissä. Syöttörullan ja kuljettimen hydraulimoottorit on kytketty rinnan. Ylikuormitusventtiilillä varustettu hydrauliliikka saa käyttövoimansa traktorin hydraulipumpusta.

Syöttökouru voidaan kuljetuksen ajaksi kääntää sivuun. Syöttölaitteen tukkeutuessa sitä voidaan pyörittää taaksepäin käyttämällä hakkurin päällä olevaa ohjausvipua.

Hakkurin tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat.

Terärummun halkaisija	450 mm
Terien lukumäärä	1-3 kpl
Pyörimisnopeus	900-1050 l/min
Syöttöaukon koko	400x200 mm
Hakkeen pituus säädettävissä	5 ... 38 mm
Rummun ympärillä pikavaihdeettava seula halutulla reikäkoolla	
Valmistajan ilmoittama tehon tarve	80-110 kW
Syöttökourun pituus	180 cm
Syöttökourun leveys alkupäästä	140 cm
Syöttökourun leveys juuresta	40 cm

Tutkitun toisen prototyypin olennaisimmat erot Rantamaulan tutkimuksen ensimmäiseen prototyyppiin verrattuna ovat seuraavat. Ketjulaitteisto on järeämpi ja sitä käyttää kaksi hydraulimoottoria aiemman yhden sijasta. Syöttökourua on muotoiltu ja suurennettu hakkuutähteen haketuksen helpottamiseksi. Ennen työmaalla 4 tehtyjä kokeita syöttökourua



muotoiltiin edelleen suurentamalla syöttöaukkoa.

Hakkurin syötössä käytettiin Joutsa 50 kuormainta, joka oli asennettu traktorin ohjaamon katolle.

Hakkuutähdehakkurin peruskoneena oli Valmet 1103/4 nelive-
toinen raskas maataloustraktori. Sen massa on 4,8 t, teho
voimanottoakselilla 75 kW OECD/2300 l/min ja vääntömomentti
370 Nm/1500 l/min. Voimanottoakselin nopeus on 540 l/min
moottorin nopeudella 1746 l/min ja 1000 l/min moottorin no-
peudella 2273 l/min

4. TULOKSET

HS-500 HDK hakkurin tuotantoajanmenekki eri puutavara-
lajien välivarastohaketuksessa nähdään taulukosta 1. Hake-
tukseen valmistautumiseen kuluva aika on puutavaralajista
riippumaton, joten sille on laskettu kaikilta työmailta saa-
tujen arvojen keskiarvo.

Haketukseen kului eri työmailla 96-98 % tehoajasta.
Tyhjänäpyörimisaika oli hakkuutähdetyömailla 13,0 ja 7,3,
karsimattomalla harvennuspuulla 3,6 ja karsimattomalla rai-
vauspuulla 12,8 % haketusaajasta. Tyhjänäpyörimisajan pie-
nuus johtuu harvennuspuulla siitä, että puut olivat pitkiä
ja hoikkia. Näitä hakkurin syöttölaite vetää huomattavasti
paremmin kuin muita tutkittuja puutavaralajeja.

Tutkimuksen aikana hakkurin rummussa oli vain yksi
terä, minkä vuoksi tyhjänäpyörimisaika on kokonaisuudessaan

Taulukko 1. Tuotantoajan menekki kiintokuutiometriä kohden.

Työvaihe	Työmaa 1, Hakkuutähde cmin/m ³ %	Työmaa 2, Karsimaton harvennyspuu cmin/m ³ %	Työmaa 3 Karsimaton raivauspuu cmin/m ³ %	Työmaa 4, Hakkuutähde cmin/m ³ %
Haketukseen valmistautuminen	13 1,0	13 2,1	13 1,5	13 0,8
Haketus, josta	1333 97,2 (1160) (84,6)	583 95,6 (562) (92,1)	811 96,8 (707) (84,4)	1526 97,9 (1415) (92,7)
- varsinainen haketus	(173) (12,6)	(21) (3,4)	(104) (12,4)	(111) (7,3)
- tyhjänäpyörimisaika	25 1,8	14 2,3	14 1,7	20 1,3
Siirtyminen varastolla	1371 100,0	610 100,0	838 100,0	1559 100,0
Tehoaika	461	284	287	208
Keskeytykset	1832	894	1125	1767
Tuotantoaika				

hyvin pieni. Tyhjänäpyörimisajan osuus haketusajasta oli hakkuutähdehaketuksessa 21 % pienempi ja kokopuuhaketuksessa 27 % pienempi verrattuna varhaisempaan prototyyppiin.

Pienhakkureiden voimankäyttöä mitattaessa (Heikka & Piirainen 1981) havaittiin rumpuhakkurille (HS 500 HD, jossa kaikki 3 terää) ominaiseksi piirteeksi vääntömomentin jatkuva, melko korkea taso, sekä tästä johtuva korkea keskitehontarve. Korkea vääntömomentti aiheutuu suurelta osin rumpuhakkurin ulkokehällä, rummun säteen ääripisteessä tapahtuvasta puun leikkaamisesta. Rumpuhakkurille on myös tyypillistä syöttöaukon, ts. terän suuri leveys, jonka ansiosta samanaikaisesti leikkautuu poikkipinta-alaltaan suuri määrä puutavaraa.

Tässä tutkimuksessa mukana ollut urakoitsija piti kookkaampien kokopuiden ja toisaalta kuivan hakkuutähteen hakettamista 75 kW:n traktorillakin, kahta tai kolmea terää käytettäessä, lähes mahdottomana suuren tehontarpeen vuoksi.

Tehoaikaa kului yhden taakan hakettamiseen eri työmailla hakkuutähdeellä 34,4 cmin ja 37,6 cmin, harvennuspulla 46,6 cmin ja raivauspulla 40,3 cmin. Taakkojen keskimääräiset koot olivat:

Työmaa	Tavaralaji	Haketustaakan keskikoko m ³
1	Hakkuutähde	0,027
2	Karsimaton harvennuspuu	0,076
3	Karsimaton raivauspuu	0,084
4	Hakkuutähde	0,024

Haketustyön teho- ja tuotantoaikatuotokset on esitetty taulukossa 2. Ensimmäiseen prototyyppiin verrattuna hakkuutähdehakkeen keskimääräinen tuotos on noussut tehoaikatuotoksen osalta $1,6 \text{ m}^3/\text{h}$ ja tuotantoaikatuotoksen osalta $1,2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Taulukko 2. Haketustyön teho- ja tuotantoaikatuotokset.

Työmaa	Tavaralaji	Tehoaikatuotos/h			Tuotantoaikatuotos/h		
		$i\text{-m}^3$	m^3	t	$i\text{-m}^3$	m^3	t
1	Hakkuutähde	10,2	4,4	2,1	7,6	3,3	1,6
2	Karsimaton harvennuspuu	25,2	9,6	4,6	17,2	6,7	3,1
3	Karsimaton raivauspuu	17,5	7,2	3,3	13,0	5,3	2,5
4	Hakkuutähde	9,2	3,8	2,7	8,1	3,4	2,4

Tutkimusaineiston perusteella ei voida päätellä, kuinka paljon tuotoksen paraneminen johtuu hakkuriin tehdyistä muutoksista ja kuinka paljon hakkurin käyttäjän kokemuksen karttumisesta. Vaikka taakan koon suureneminen sinänsä johtaa tuotoksen kasvuun, hakkuutähteen syöttämisessä taakat eivät saa olla liian suuria. Kokematon käyttäjä antaa kierrosluvun pudota usein liian matalaksi, mikä johtaa helposti tukoksiin ja siten tuotoksen pienenemiseen.

Tukoksia esiintyi tutkimuksen aikana kaikilla puutavaralajeilla; tukosten selvittämiseen kului tuotantoajasta hakkuutähteellä 4,3 ja 0,8, harvennuspuulla 1,6 ja raivauspuulla 1,8 %. Haketuksen aikana oli puhallustorven luukku auki, mikä vähensi tukosten määrää sekä joudutti niiden selvittämistä. Kun luukku oli auki, kuljettaja pystyi selvittämään tukoksen ohjaamosta käsin antamalla hakkurin pyöriä tyhjillään niin kauan, että hakkuriin jäänyt hake saatiin puhalletuksi torven luukun kautta ulos.

Mikäli tukos pystyttiin selvittämään ohjaamosta käsin, kului siihen aikaa alle 100 cmin. Koko tutkimuksen aikana kului yhden tukoksen selvittämiseen keskimäärin 216 cmin.

Keskeytysten osuus tuotantoajasta on esitetty taulukossa 3. Leikkuuterän vaihtamiseen kului keskimäärin 3680 cmin. Keskeytysten osuus tuotantoajasta on tässä tutkimuksessa suurempi kuin Rantamaulan tutkimuksessa. Poikkeuksena on työmaa n:o 4, jossa keskeytysten osuus tuotantoajasta on vain 12 %, mikä johtuu henkilökohtaisten taukojen vähyydestä ja siitä, että terää ei tarvinnut vaihtaa tutkimuksen aikana.

Kuljettajan tehoajankäytön jakauma on esitetty taulukossa 4. Kuormaimen käyttöön kuljettajalta kului hakkuutähdetyömailla 90,1 ja 95,5, harvennuspuulla 88,0 ja raivauspuulla 94,0 % työajasta. Keskimäärin kuormaimen käsittelyn osuus työajasta oli 3 % pienempi kuin Rantamaulan tutkimuksessa.

Taulukko 3. Keskeytysten suhteellinen osuus tuotantoajasta.

Keskeytyksen syy	Työmaa 1, Hakkuutähde	Työmaa 2, Karsimaton harvennuspuu Keskeytyksiä % työmaa-ajasta	Työmaa 3, Karsimaton raivauspuu	Työmaa 4 Hakkuutähde
Henkilökohtaiset taudit	9,3	5,0	8,4	0,4
Tukokset	4,3	1,6	1,8	0,8
Terän vaihto	5,7	15,1	7,4	
Haketusalustan raivaus	0,9	5,3	2,7	1,6
Haketorven suuntaus		0,6	0,3	0,1
Tankkaus	1,2	0,8	1,4	1,6
Vika hakkurissa	1,8	3,4	1,0	
Vika peruskoneessa	1,8		2,7	7,2
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
	25,0	31,8	25,7	11,7

Taulukko 4. Hakkurin kuljettajan ajankäytön rakenne.

	Työmaa 1, Hakkuutähde	Työmaa 2, Karsimaton harvennuspuu	Työmaa 3, Karsimaton raivauspuu	Työmaa 4, Hakkuutähde
	Osuus tehoajasta, %			
Valmistautuminen hakemukseen	1,5	0,5	0,3	0,8
Kouran siirto tyhjänä	17,3	22,1	21,6	19,0
Kouraisu	14,7	12,7	12,1	9,2
Kouran siirto kuormattuna	21,4	19,5	19,3	15,7
Puiden asettelu syöttölaitteeseen	20,7	26,5	30,0	34,5
Syötön auttaminen	14,9	6,1	10,8	16,3
Odotus syötössä	6,0	6,2	2,0	1,7
Puiden irrotus kasasta	1,7	1,1	0,2	0,8
Siirtyminen hakemukseen	2,0	4,5	3,4	1,9
Haketorven suuntaus		0,7	0,3	

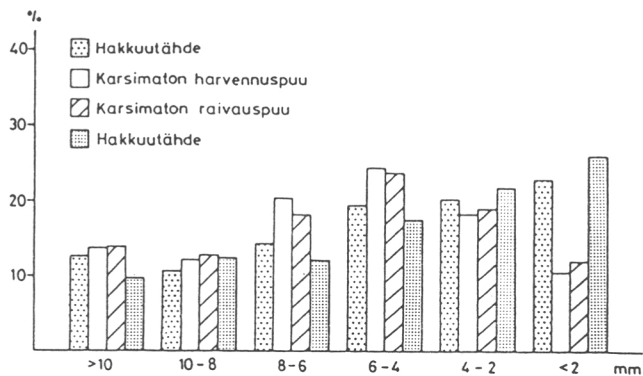
Yhteensä	100,0	100,0	100,0	100,0

5. HAKKEEN OMINAISUUDET

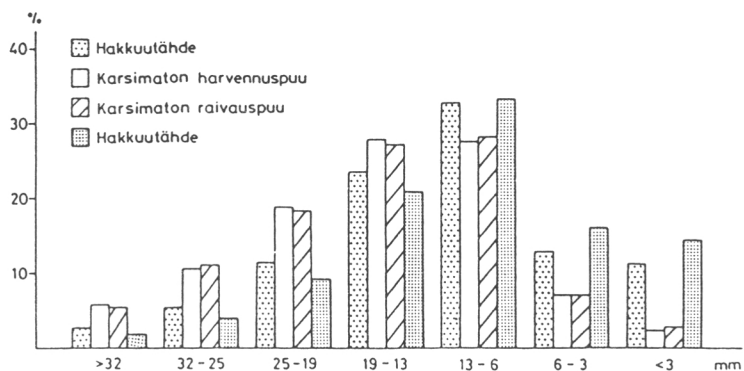
Hakepalojen pituusjakauma määritettiin reikäseulasarjalla ja paksuusjakauma rakoseulasarjalla jakeiden tuorepajainojen mukaan. Jakaumat on esitetty kuvissa 1 ja 2.

Hakkeen irtotilavuusyksikön massa ja hakkeen tiiviys on esitetty taulukossa 5.

Hakkuutähdehake painui 19 km:n kuljetusmatkalla veto-vaunussa 3,9 % ja perävaunussa 12,6 %. Harvennus- ja raivauspuun kokopuuhake painui 32 km:n kuljetusmatkalla veto-vaunussa 4,5 % ja perävaunussa 6,9 %.



KUVIA 1. HAKKEEN PAKSUUSJAKAUMA



KUVIA 2. HAKKEEN PITUUSJAKAUMA

Taulukko 5. Hakkeen irtotilavuusyksikön massa ja hakkeen tiiviys ennen kuljetusta.

Työmaa	Tavaralaji	Irtotilavuus- yksikön tuoremassa kg/m ³	Irtotilavuus- yksikön kuivamassa kg/m ³	Kuiva-tuore- tiheys kg/m ³	Tiiviys %
1	Hakkuutähde	292	209	481	43
2	Karsimaton harvennuspuu	293	181	466	39
3	Karsimaton raivauspuu	283	189	465	41
4	Hakkuutähde	294	162	382	42

6. HAKETUKSEN KUSTANNUKSET

Kustannuslaskelmien perustana on käytetty Rantamaulan (1981) oletuksia hakkurin vuotuisille työmahdollisuuksille. Ensimmäinen vaihtoehto perustuu 11 kk:n yksivuorotyöhön vuotuisen työajan ollessa 1890 h. Toisessa vaihtoehdossa oletetaan hakkurilla olevan työllistämisvaikeuksia. Työaika jää tällöin 5 kk:n aikana puoleen normaalista vuotuisen työajan ollessa 1460 h.

Laskelmissa on peruskoneena VALMET 1203-4, jonka hankintahinta on 229 800 mk. Hakkurin hankintahinta on 80 000 mk. Kuormaimen hinta asennuksineen on 30 000 mk. Peruskoneen hankintahinta on tässä tutkimuksessa 141 800 mk korkeampi kuin Rantamaulan tutkimuksen kustannuslaskelmissa.

Peruskoneen ja hakkurin poistoaika on 5 vuotta. Vaihtoarvoksi on traktorilla laskettu 33 % ja hakkurilla 15 % hankintahinnasta. Laskelmissa on oletettu, että hakkuria käyttää urakoitsijan palkkaama vieras kuljettaja.

Haketusyksikön käyttötuntikustannus on ensimmäisessä vaihtoehdossa 133,09 mk/h ja toisessa vaihtoehdossa 158,64 mk/h (taulukko 6).

Haketustyön yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 7. Yksikkökustannuksiksi saadaan hakkuutähdettä haketettaessa 33-45 mk/m³, mikä on 2-10 mk/m³ alhaisempi kuin Rantamaulan tutkimuksessa, vaikka peruskoneen hankintahinta ja nykyiset työkustannukset ovat korkeammat. Kokopuuhaketuk-

sessä yksikkökustannukset olivat vastaavasti 16-26 mk/m³ eli Rantamaulan tutkimukseen verrattuna 4-5 mk/m³ alhaisemmat.

Taulukko 6. Haketusyksikön käyttötuntikustannus.

	Vaihtoehto 1		Vaihtoehto 2	
	mk/h	%	mk/h	%
Hakkuri + kuormain	36,75	27,6	43,26	27,3
Traktori	46,19	34,7	65,32	41,2
Työkustannukset	50,15	27,7	50,06	31,5

Yhteensä	133,09	100,0	158,64	100,0

Taulukko 7. Haketustyön yksikkökustannukset.

Työmaa	Tavaralaji	Käyttötunti- tuotos, m ³ /h	Vaihto- ehto 1 mk/m ³	Vaihto- ehto 2 mk/m ³
1	Hakkuutähde	4,0	33,27	39,66
2	Karsimaton harvennuspuu	8,3	16,03	19,11
3	Karsimaton raivauspuu	6,0	22,18	26,44
4	Hakkuutähde	3,5	38,03	45,33

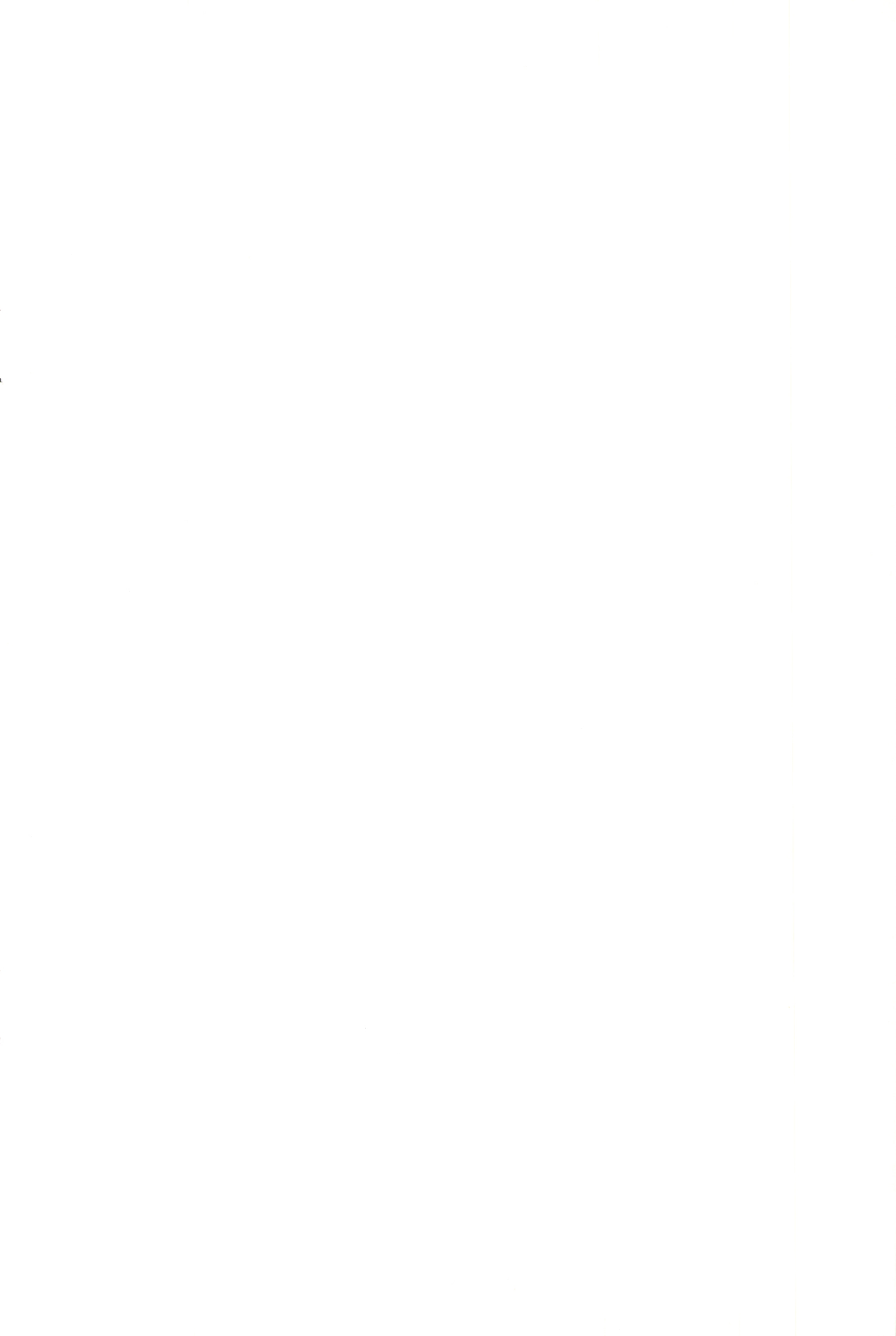
7. PÄATELMÄT

HS-500 HDK-hakkuri soveltuu hyvin pieniläpimittaisen kokopuun ja hakkuutähteen haketukseen. Sen toisen prototyypin tuotos oli merkittävästi korkeampi kuin aiemmin tutkitulla ensimmäisellä prototyypillä. Myös yksikkökustannukset olivat halvemmat. Tuotoksen kohoaminen aiheutui koneessa tehdyistä muutoksista, kokeneemmasta kuljettajasta ja tehokkaammasta peruskoneesta.

Tuotosta voitaneen kohottaa edelleen hakkurin puhallus-tehoa lisäämällä. Syöttökourua tulisi muotoilla siten, ettei haketettava tavara juuttuisi kohtaan, jossa kouru muuttuu puolisuppilosta putkimaiseksi. Nykyiselläänkin HS-500 HDK näyttää tarjoavan varteenotettavan vaihtoehdon polttihakkeen valmistamiseksi avohakkuualojen hakkuutähteestä, jonka hyödyntämisen esteenä ovat ennen kaikkea juuri hakettamiseen liittyvät vaikeudet.

KIRJALLISUUS

- HEIKKA, T. & PIIRAINEN, K. 1981. Pienhakkureiden voiman käyttö. Folia Forestalia 496.
- RANTAMAULA, J. 1981. Hakkuutähteen haketus kevyellä kalustolla. Folia Forestalia 498.



ISSN 0358-4283