

METSÄTEHO

SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO
The Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries

Julkaisu n:o 41 — Publication No. 41

TYÖNTUTKIMUKSIA HALKOJEN JA POLTTOHAKERANKOJEN HANKINNASTA

OLLI MAKKONEN

WORK STUDIES OF THE LOGGING OF
SPLIT FUELWOOD AND LONG LOGS FOR FUEL CHIPS

Summary in English

Tutkimus on suoritettu
Pienpuualan Toimikunnan toimeksiannosta ja rahoittamana

HELSINKI 1959

M E T S Ä T E H O

SUOMEN PUUNJALOSTUSTEOLLISUUDEN KESKUSLIITON METSÄTYÖNTUTKIMUSOSASTO
The Forest Work Studies Section of the Central Association of Finnish
Woodworking Industries

Julkaisu n:o 41 - Publication No. 41

T Y Ö N T U T K I M U K S I A

H A L K O J E N J A P O L T T O H A K E R A N K O J E N
H A N K I N N A S T A

O l l i M a k k o n e n

Work Studies of the Logging of
Split Fuelwood and Long Logs for Fuel Chips

Summary in English

Tutkimus on suoritettu
Pienpuualan Toimikunnan toimeksiannosta ja rahoittamana

HELSINKI

1 9 5 9

A l k u s a n a t

Viime vuosina on ns. pienpuukysymys saanut osakseen paljon huomiota. Pienikokoisen puun käytön lisäämiseen tähtäävä tutkimustoiminta on ollut vilkasta. Erikoisesti on tässä yhteydessä kiinnitetty toiveita polttohakkeen käyttömahdollisuuksiin. Mm. on kevyiden siirrettävien hakkurien kehittäminen ja valmistus päässyt maassamme hyvään alkuun, samoin hakekäyttöisten lämmityslaitteiden suunnittelu. Vaikeudet eivät kuitenkaan ole yksinomaan teknillisiä, vaan myös suuressa määrin, ehkä ratkaisevastikin, taloudellisia. Sen vuoksi on hakkeen hankinnan kannattavuus vaatinut pikaista tutkimista. Tässä mielessä on Metsäteho Pienpuualan Toimikunnan toimeksiannosta suorittanut vertailevia työntutkimuksia tavallisten koivuhalkojen ja hakerankojen, sekä pelkästään ohutpuurankojen ($D_{1,3}$ 3...10 cm) että myös suurempaan (20 cm) läpimittaan saakka otettujen rankojen hakkuusta ja ajosta talvella. Halkojen osalta tutkittiin samalla minimiläpimitan vaikutusta hakkuun ja ajon työajan menekkiin.

Tutkimus on pantu toimeen VAPOn suosiollisella myötävaikutuksella Jyväskylän hankintapiirissä Toivakan pitäjässä. Tutkimuksen käytännöllisissä järjestelyissä ovat VAPOn metsänhoitajat M a r t t i L u o m i ja O l a v i L ä h t e i n e n auliisti antaneet apua ja nähneet paljon vai-vaa. Heidän henkilökohtainen, suuri mielenkiintonsa tutkimusaihetta kohtaan on ratkaisevasti auttanut tutkimuksen onnistumisessa. Samoin on metsänomistajan, lääkintöneuvos A r t t u r i N y y s s ö s e n suurta ymmärtämystä osoittava myötämielinen suhtautuminen tutkimukseen ollut suuriarvoinen.

Oma arvokas panoksensa tutkimuksen järjestämisessä on ollut VAPOn toimitusjohtajan, metsäneuvos T a p i o S a i k u n ja Itä-Suomen tarkastuspiirin ylimetsänhoitajan J o r m a K l a m i n, Metsätehon toiminnanjohtajan

J a a k k o V ö r y n sekä Pienpuualan Toimikunnan pää-
tutkijan, dipl.ins., metsänhoitaja R i s t o E k l u n -
d i n asiaa kohtaan osoittamalla kiinnostuksella. Lausun-
heille kaikille lämpimän kiitokseni. Tutkimuksen toimeen-
panijan puolesta haluen myös esittää kiitoksen Pienpuualan
Toimikunnalle tutkimuksen taloudellisen puolen turvaami-
sesta.

Helsingissä joulukuussa 1958

OLLI MAKKONEN

S i s ä l l y s

	Sivu
A l k u s a n a t	3
A i n e i s t o	7
T u t k i m u s t u l o k s e t	13
Halkopölkkyjen ja rankojen jakaantuminen läpimittaluokkiin	13
Halkojen pinotihyden riippuvuus minimiläpimitasta ja leimikon keskikuutiosta	19
Hakesaanto	23
Työajan menekki	23
Tulosten vertailua ruotsalaisiin tutkimustuloksiin	32
Summary in English	39

A i n e i s t o

Tutkimusaineiston keräys suoritettiin Toivakan pitäjän Haukanmaalla 15.1. - 5.3.1958. Tutkimuksen kohteena oli sekä hakkuussa että ajossa kaksi työntekijää, eri miehet kummassakin työssä. Hakkuumiesten osalta näkyvät aineiston laajuus ja eräät tunnusluvut taulukoista 1 ja 2.

Tutkimukseen osallistuneet ajomiehet ajoivat hakkuumiesten valmistamat tavaraerät tien varteen, halot pinoon ja rangat hakkurin viereen kasaan. Ajomatka vaihteli rajoissa 40...200 m. Halot ajettiin parirekeä ja lavettia käyttäen. Ajomies 1 käytti samaa kuljetusvälinettä myös rankojen ajossa. Kuorman purkaminen tapahtui siten, että toisen puolen sivutukien irrottamisen jälkeen lavetti kallistettiin miesvoimin kyljelleen. Joku hakkurilla työskentelevistä miehistä tavallisesti auttoi ajomiestä tässä työssä. Ajomiehellä 2 oli rankojen ajossa ns. ykkösreki, siis tavallinen maataloustöissä käytettävä hevosreki, johon oli köysillä kiinnitetty kaksi luonnonvääärästä puusta valmistettua kaartaa, joiden kärkien väli oli reen leveyttä jonkin verran suurempi. Rangat kuormattiin näiden kaarien varaan tyvipäät ajosuuntaan, jolloin latvapäät jäivät laahaamaan maata. Kuorma köytettiin etupäästä sitaisemalla köysi kaaren kärkien ympäri. Purkaminen tapahtui siten, että ajomies irrotettiin köyden työnsi kaarien kärjet takaviistoon, meni seisomaan kuorman maata laahaavan takapään päälle ja antoi hevosen vetää reen pois kuorman alta.

Halkojen yhteinen pinokuutiomäärä oli tien varressa mitattuna 104.998 p-m^3 eli 0.4 % suurempi kuin taulukossa 1 mainittu pinokuutiomäärä, joka on saatu metsässä yksin pinoin mitaten. Pinotiheysluku oli kummassakin tapauksessa 0.63 eli sama kuin Tapion taskukirjan ilmoittama lehtipuu-halkojen pinotiheysluku ladonnan ollessa laadultaan keskinertainen.

Taulukko - Table 1

Koivuhalkojen valmistusta koskeva aineisto.

Tabulation of the material collected of the making of split birch fuelwood.

Työ Work	Hak- kuu- mies Fel- ler	Runkoja, kpl Number of stems	Runkoja, kpl/ha Stems per hectare	Runkojen halko- osien keski- kuutio, k-m ³ Mean volume of split fuelwood parts of stems, cu.m.(s)	Halkoja Split fuelwood	
					k-m ³ cu. m.(s)	p-m ³ cu. m. piled measure
Halkojen teko 5 cm:n latvaläpimitaan	1	78	867	0.120	9.328	14.875
Making of 1 m. split fuel- wood, minimum diameter 5 cm.	2	55	550	0.199	10.919	16.560
Halkojen teko 7 cm:n latvaläpimitaan	1	72	257	0.120	8.626	14.211
Making of 1 m. split fuel- wood, minimum diameter 7 cm.	2	64	427	0.147	9.387	14.662
Halkojen teko 10 cm:n latvaläpi- mittaan, latvoihin ei kajottu	1	39	390	0.131	5.114	8.408
Making of 1 m. split fuelwood, minimum diameter 10 cm., the tops intact	2	36	180	0.164	5.900	9.159
Halkojen teko 10 cm:n latva- läpimitaan, latvat valmistet- tiin hakerangoiksi	1	72	379	0.117	8.413	13.705
Making of 1 m. split fuelwood, minimum diameter 10 cm., the tops made to chips long logs	2	70	223	0.116	8.134	13.021
Halot yhteensä Split fuelwood total		486	342	0.135	65.821	104.601

Taulukko - Table 2

Hakerankojen valmistusta koskeva aineisto.
Tabulation of the material collected of the making of chips
long logs.

Työ Work	Hak- kuu- mies Fel- ler	Run- koja, kpl Num- ber of stems	Run- koja, kpl/ha Stems per hectare	Rakarunkojen (latvojen) keskikyytio, k-m ³ Mean volume of long log stems (tops), cu.m.(s)	Ran- koja, k-m ³ Long logs, cu.m.(s)
Karsimattomien ohutpuurankojen valmistus, D1.3 3...10 cm	1	711	3386	0.008	5.724
Making of unlopped long logs of small diameter, DBH 3...10 cm	2	767	3068	0.009	6.734
Karsittujen ohutpuurankojen valmistus, D1.3 3...10 cm	1	641	2914	0.010	6.282
Making of lopped long logs of small diameter, DBH 3...10 cm.	2	624	2496	0.009	5.812
Karsittujen sekamittarankojen valmistus, D1.3 3...20 cm	1	271	2085	0.026	6.959
Making of lopped long logs of mixed size, DBH 3...20 cm.	2	212	1514	0.034	7.203
Karsittujen latvarankojen val- mistus, D <10 cm	1	77	405	0.016	1.228
Making of lopped top long logs, D <10 cm.	2	70	223	0.018	1.211
Rankoja yhteensä Long logs total		3 373	-	-	41.153

Kaikki kaadettavat rungot oli leimattu ja jokaisen rangoiksi valmistettavan rungon rinnankorkeusläpimitta oli merkitty muistiin. Kaadon jälkeen suoritettiin kullakin rankapalstalla pituusmittauksia kuutiointia varten tarvittavan pituuskäyrän piirtämiseksi. Kaikkiaan mitattiin 454 ohutpuurangan ja 180 sekamittarangan - tätä nimitystä käytetään erotukseksi sellaisista rankaeristä, jotka eivät lainkaan sisällä ohutpuuta - pituus. Rangoiksi tehdyt halkorunkojen latvat kuutioitiin, ikään kuin ne olisivat olleet pystypuita. Lämpimitta mitattiin 1.2 m:n etäisyydeltä tyvipäästä (kannon varalle jätettiin siis 10 cm) ja pituuden mittaaminen suoritettiin jokaisen rangen kohdalla. Halkorunkojen haloiksi tehtävät osat kuutioitiin katkomisen jälkeen pyöreinä pölkyinä kunkin pölkyn pituuden puolivälisellä mitatun läpimitan perusteella.

Ohutpuurunkojen kaato ja karsiminen suoritettiin yksinomaan vesurilla. Sekamittarankoja valmistettaessa oli myös saha mukana. Halkojen teko suoritettiin tavanomaisin käsityövälinein. Latvalämpimitan ollessa 10 cm halkaistiin kaikki pölkylt. Käytettäessä 7 cm:n ja 5 cm:n minimilatvaläpimittoja pölkylt halkaistiin 12 cm:n latvalämpimitaan saakka ja sitä ohuempia pölkylt aisattiin kahdelta puolelta. Koska urakkapalkkaperusteet olivat runkojen valmistuksen osalta selvittämättä, käytettiin sekä runkojen että halkojen teossa päiväpalkkaa työskentelyn nopeuden pysyttämiseksi kummasakin tapauksessa samanlaisena.



Kuva 1. Karsimattomia ohutpuurankoja. — Valok. Metsäteho.

Photo 1. Unlopped long logs of small diameter.

Photo Metsäteho.



Kuva 2. Karsittuja ohutpuurankoja (taustalla ristikoituja paperipuita). — Valok. Metsäteho.

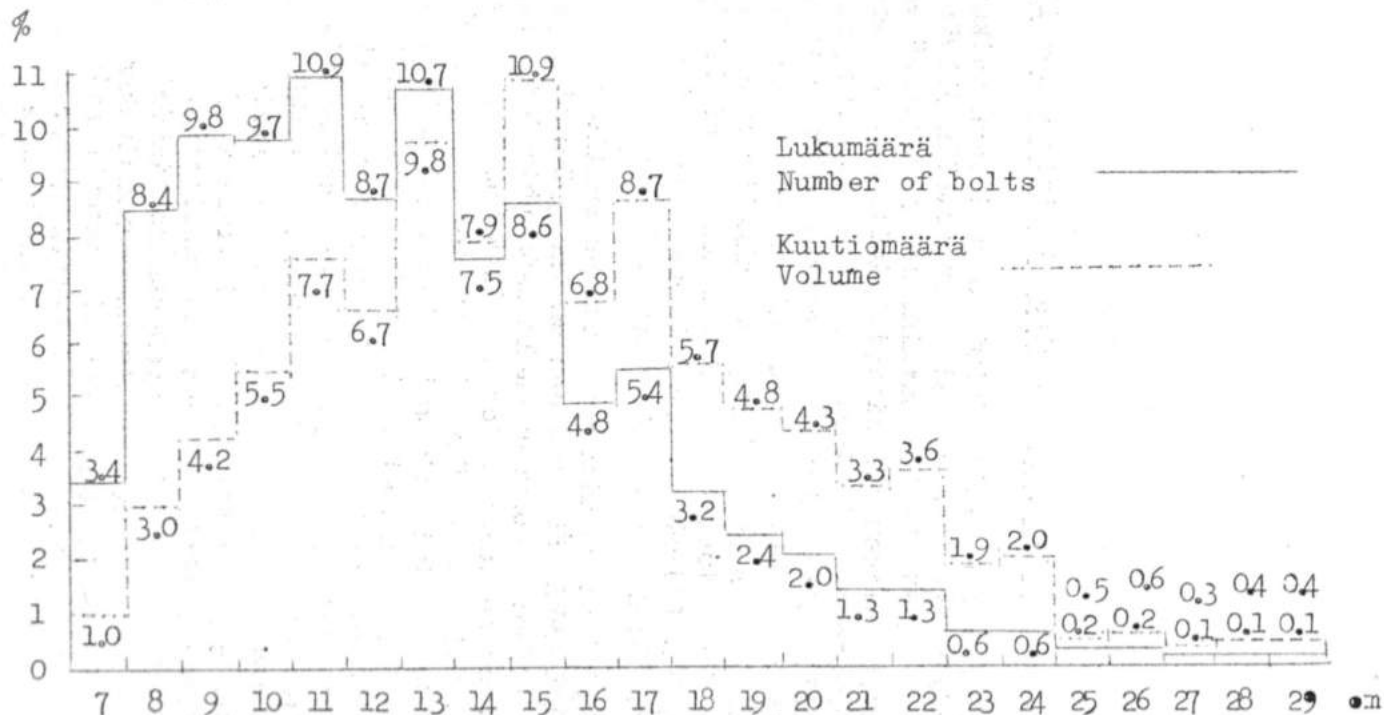
Photo 2. Lopped long logs of small diameter (in the background crosswise stacked pulpwood). — Photo Metsäteho.

Tutkimustulokset

Halkopölkkyjen ja runkojen jakaantuminen läpimittaluokkiin

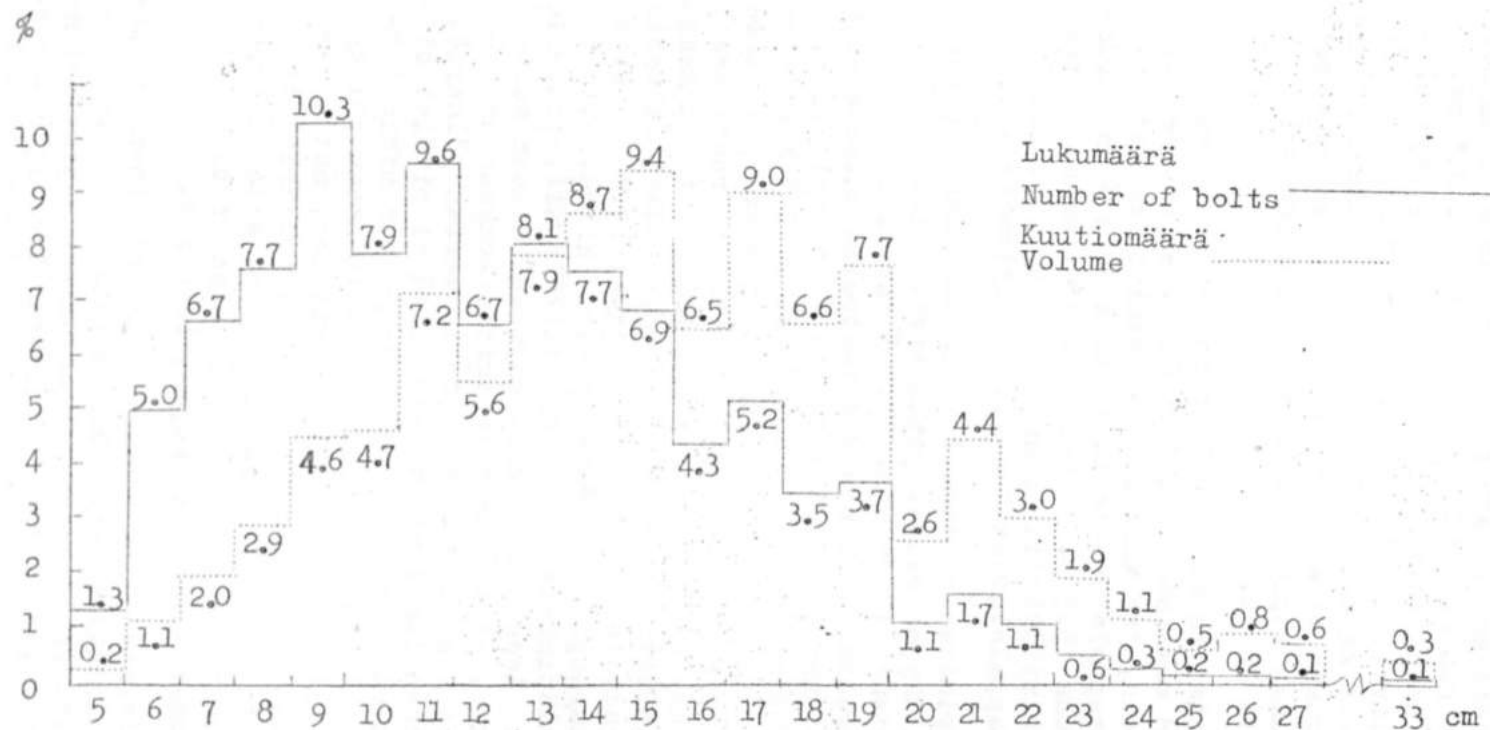
Tietyn puutavaralajin minimiläpimitan valintaan vaikuttavat monet näkökohdat. Eräs sellainen on metsään jäävän käyttökelpoisen puun määrä. Kun tutkimuksen yhteydessä valmistettiin halkoja kolmeen eri minimiläpimittaan, on mitaustulosten perusteella tilaisuus tarkastella, miten paljon minimiläpimitan pienentäminen suurentaa leimikosta kertyvää tavaramäärää tai päinvastoin. Piirroksessa 1 on esitetty halkaisemattomien halkopölkkyjen lukumääräinen ja kuutiomääräinen jakaantuminen läpimittaluokkiin minimiläpimitan ollessa 7 cm. Piirros 2 sisältää vastaavat tiedot 5 cm:n läpimittaan saakka katkotuista halkopölkkyistä.

Pölkkyjen läpimitat on mitattu pituuden puolivälistä cm:n tarkkuudella lähimpään täyteen cm:iin pyöristäen. Niin ollen on esim. 10 cm:n luokkaan kuuluvista pölkkyistä teoreettisesti puolet sellaisia, jotka pölkyn keskeltä eivät täytä 10 cm:iä. Vaikkakaan tämän tutkimuksen yhteydessä ei merkitty pölkkyjen läpimittoja muistiin rungoittain, vaan ainoastaan läpimittaluokittain, eikä näin ollen saatu havaintoja runkojen kapenemisesta, voidaan kuitenkin aikaisempien laajempien mittaussaineistojen perusteella päätellä, että jotakuinkin kaikki 10 cm:n keskiläpimittaluokkaan kuuluvat pölkkyt jäävät latvasta alle mainitun läpimitan. Niissä koivuhalkojen tekoa koskevissa tutkimuksissa, joita Suomen eteläpuoliskossa tähän mennessä on suoritettu, on todettu halkorunkojen latvaosien kapenevan keskimäärin 1 cm:n metriä kohti, jos rungot ovat kooltaan suuruusluokkaa 5-7 runkoa/ $p-m^3$. Jos runkoja menee $p-m^3$:iin enemmän kuin 15 kpl, on kapeneminen vain n. 0.5 cm metriä kohti, ja jos runkoja menee $p-m^3$:iin vähemmän kuin $2\frac{1}{2}$ kpl, on latvaosien kapeneminen lähes 2 cm metriä kohti. Nyt tutkitut halkoleimikot kuuluvat ensiksi mainittuun keskimääräiseen suuruusluok-



Piirros - Fig. 1

Halkaisemattomien halkopölkkyjen jakaantuminen läpimittaluokkiin.
 Minimilatvaläpimitta 7 cm.
 Distribution of unsplit fuelwood bolts into various diameter classes.
 Minimum top diameter 7 cm.



Piirros - Fig. 2

Halkaisemattomien halkopölkkyjen jakaantuminen läpimittaluokkiin.
Minimiläpimittaläpimittana 5 cm.

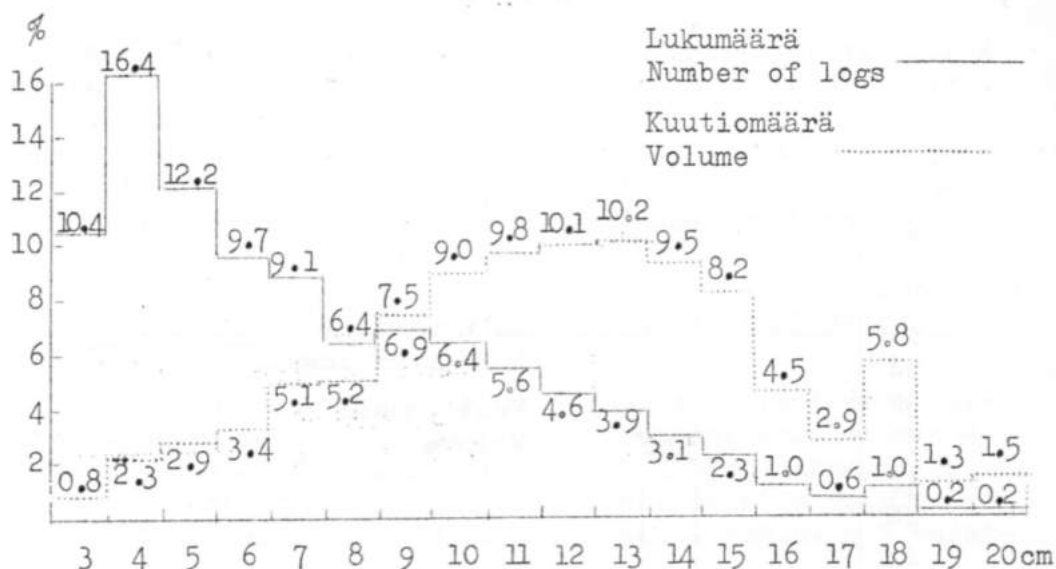
Distribution of unsplit fuelwood bolts into various diameter classes.
Minimum top diameter 5 cm.

kaan, joten kapenemisen voidaan katsa olevan n. 1 cm metriä kohti ja siis puolella pölkyn pituudella n. 0.5 cm. Kun suurimmat 10 cm:n läpimittaluokkaan luetut pölkkyt olivat pituuden puolivälistä hieman alle 10.5 cm:n paksuisia, voidaan siis katsoa kaikkien tähän luokkaan kuuluvien pölkkyjen jäävän latvasta alle 10 cm. Vastaavasti voidaan katsoa kaikkien 11 cm:n läpimittaluokkaan kuuluvien pölkkyjen täyttävän latvasta 10 cm.

Minimilatvaläpimitan ollessa 5 cm saadaan taulukon 2 perusteella tämän mukaisesti niiden pölkkyjen osuudeksi, jotka jäisivät pois, jos minimilatvaläpimita nostettaisiin 10 cm:iin, kappaleluvusta laskettuna 38.9 % ja kuutiomäärästä laskettuna 15.5 %. Niiden pölkkyjen osuus, jotka jäisivät pois minimiläpimitan noustessa 7 cm:iin, olisi tällöin 13.0 % kappaleluvusta ja 3.3 % kuutiomäärästä.

Minimilatvaläpimitan ollessa 7 cm on taulukon 1 perusteella niiden pölkkyjen osuus, jotka eivät tulisi mukaan minimimitan noustessa 10 cm:iin, 31.3 % kappaleluvusta ja 13.7 % kuutiomäärästä. Taulukon 2 perusteella antaa edellä mainittu teoreettinen laskelma latvasta 7 cm täyttävien, mutta 10 cm ohuempien pölkkyjen osuudeksi 12.2 % kokonaiskuutiomäärästä, mikä on 12.6 % siitä kuutiomäärästä, jossa latvasta alle 7 cm:n paksuiset pölkkyt eivät teoreettisesti laskien ole mukana. Kun taulukon 1 esittämässä tapauksessa, jolloin minimiläpimita todella oli 7 cm, saadaan latvasta alle 10 cm:n paksuisten pölkkyjen osuudeksi 13.7 %, siis jonkin verran suurempi luku, on se osoitus siitä, että 7 cm:n minimilatvaläpimita on silloin tällöin alitettu, niin kuin käytännössä yleensäkin pyrkii käymään. Samaan suuntaan viittaa sekin, että 7 cm:n läpimittaluokkaan on pituuden puolivälistä mitaten saatu jonkin verran pölkkyjä, vaikka teoreettisen laskelman mukaan niitä ei pitäisi siihen lainkaan kuulua. Samoin ei myöskään 5 cm:n minimilatvaläpimittaa käytettäessä pitäisi kertyä lainkaan pölkkyjä 5 cm:n luokkaan pituuden puolivälistä mitaten, mutta on sinnekin vain muutamia eksynyt. Paitsi minimiläpimitan vähäistä alittamista saattaa syynä olla myös, että halkorunkojen joukossa on ollut joitakin hyvin pienikokoisia ja laskettua keskimäärää vähemmän kapenevia puita.

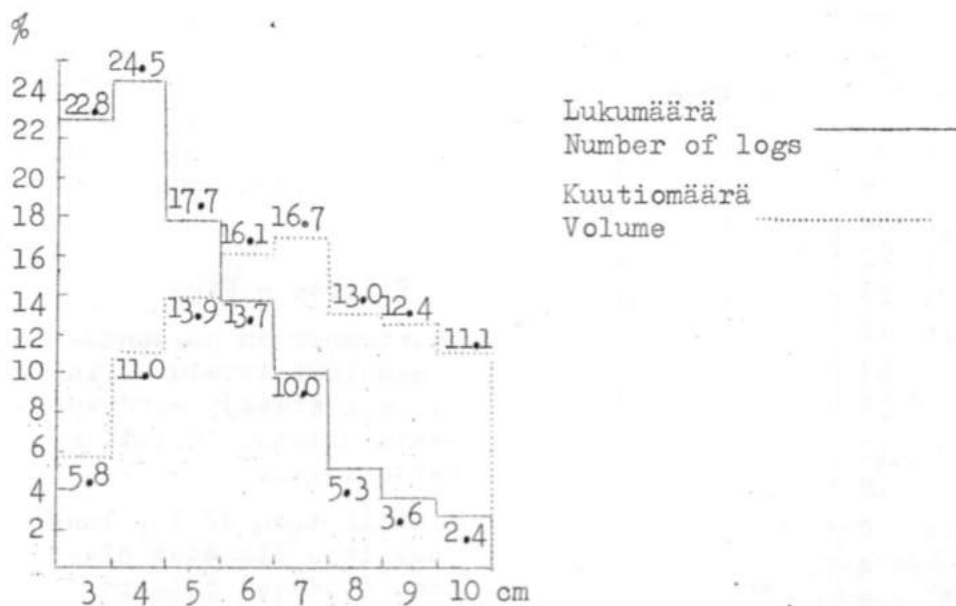
Rangoiksi valmistettujen runkojen jakaantuminen rinnankorkeusläpimittaluokkiin näkyy piirroksista 3 ja 4 sekä rangoiksi valmistettujen latvojen jakaantuminen läpimittaluokkiin 1.2 m:n etäisyydeltä tyvestä mitatun läpimitan perusteella piirroksista 5. Läpimitat on pyöristetty lähimpään täyteen senttiin.



Piirros - Fig. 3

Sekamittarankojen jakaantuminen $D_{1.3}$ - luokkiin.

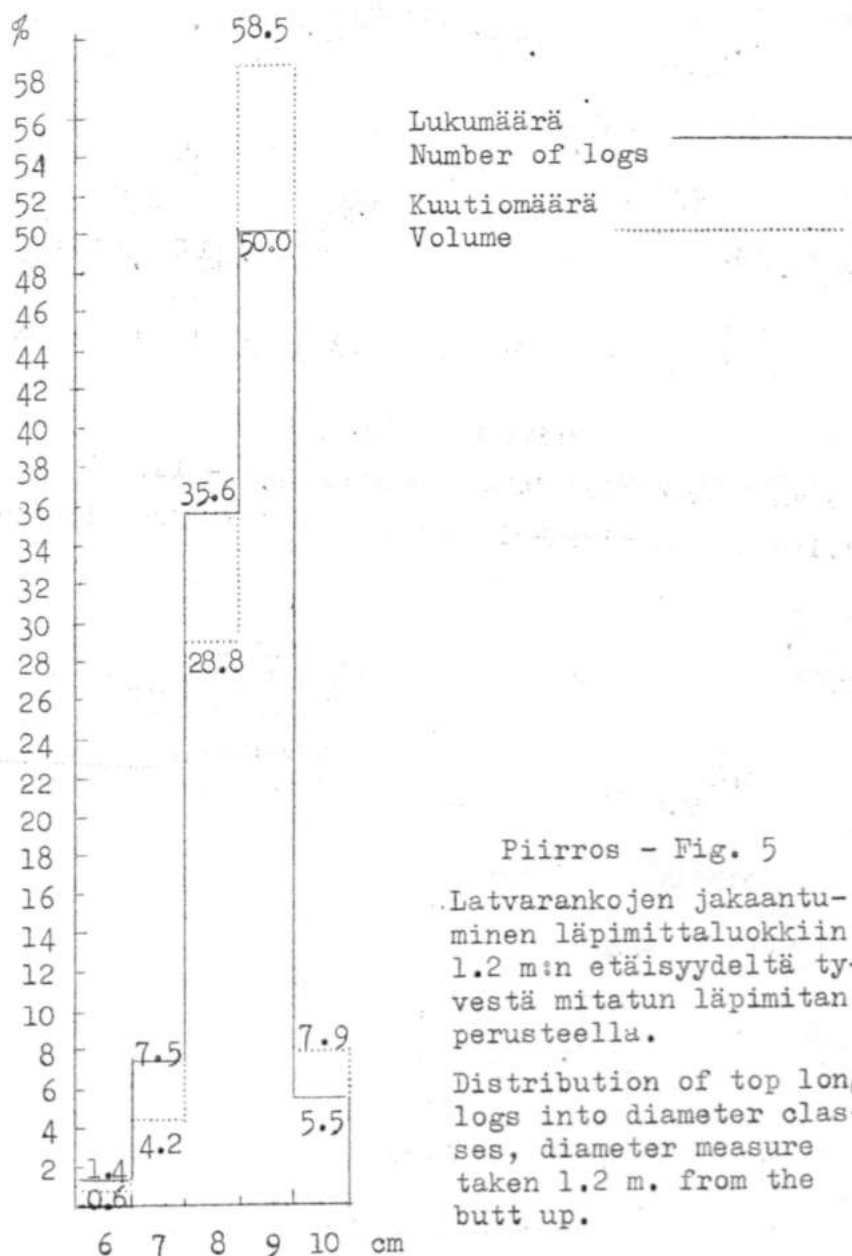
Distribution of mixed-size long logs into DBH classes.



Piirros - Fig. 4

Ohutpuurankojen jakaantuminen $D_{1.3}$ - luokkiin.

Distribution of long logs of small diameter into DBH classes.



Kun yleensä on tapana laskea rinnankorkeudelta alle 6 cm:n paksuiset puut hakkuutähteisiin, todettakoon tässä, että valmistettaessa sekamittarankoja 3 cm:n rinnankorkeusläpimitaan saakka kertyi alle 6 cm:n paksuisia puita 6 % kuutiomäärästä, ja että ohutpuurankoja tehtäessä oli tällaisten puiden osuus n. 31 % kuutiomäärästä.

Halkojen pinotiheyden riippuvuus minimiläpimitasta ja leimikon keskikuutiosta

Aineisto ei ole riittävä yllä olevassa otsikossa mainittujen riippuvuussuhteiden yleispätevää selvittämistä varten, mutta kuitenkin lienee aiheellista tarkastella, saadaanko sen perusteella viitteitä kyseisten riippuvuussuhteiden olemassaolosta ja luonteesta. Taulukko 3 valaisee asiaa.

Hakkuumiehen 1 kohdalla pysyy käyttöosien keskikuutio kaikissa tapauksissa melko samansuuruisena. Tällöin on kuitenkin muistettava, että tietynkokoisesta rungosta saadaan sitä pienempi käyttöosa, mitä suurempi on minimiläpimita. Jos niin ollen minimiläpimita suurenee käyttöosien keskikuution pysyessä samana, kasvaa valmistettavien runkojen keskikoko jonkin verran. Kovin suurta käytännöllistä merkitystä tällä seikalla ei ole. Pinotiheys näyttää olevan 5 cm:n minimiläpimittaa käytettäessä jonkin verran suurempi kuin muissa tapauksissa, joilla ei ole keskenään eroa.

Hakkuumiehen 2 kohdalla näyttää pinotiheys keskimäärin jatkuvasti pienenevän minimiläpimitan suurentuessa. Toisaalta myös käyttöosien keskikoko pienenee, ei tosin säännöllisesti, suurempiin minimiläpimittoihin päin. Pinotiheyden pieneneminen minimiläpimitan suurentuessa johtuneekin enemmän runkojen koon pienenemisestä kuin minimiläpimitan muuttumisesta. Hakkuumiehen 2 valmistamien halkojen pinotiheys on kautta linjan suurempi kuin hakkuumiehen 1 valmistamien, mutta erityisen selvä on ero niissä tapauksissa, joissa keskikuutio on hakkuumiehen 2 kohdalla suurempi kuin hakkuumiehen 1 kohdalla. Pölkkyjen keskimääräinen järeys vaikuttaa aikaisempien tutkimusten mukaan (Metsätehon julk. n:o 39) sängen selvästi pyöreän koivutavaran pinotiheyteen, ja samoin näyttää asia olevan myös koivuhalkojen kohdalla.

Minimiläpimitalla ei näytä koivuhalkojen kohdalla

Taulukko - Table 3

Minimiläpimita, runkojen keskikoko ja pinotiheys.
Minimum diameter, average size of stems and pile density.

Minimiläpimita, cm Minimum top diameter, cm.		5	7	10	10
Hakkuumies - Feller 1					
Runkojen käyttöosien keskikuutio, k-m ³ Average volume of utilized parts of stems, cu.m.(s)		0.120	0.120	0.131	0.117
Pinotiheys- luku	metsässä at forest	0.63	0.61	0.61	0.61
Pile density figure	varastolla at storage	0.63	0.60	0.61	0.60
Hakkuumies - Feller 2					
Runkojen käyttöosien keskikuutio, k-m ³ Average volume of utilized parts of stems		0.199	0.147	0.164	0.115
Pinotiheys- luku	metsässä at forest	0.66	0.64	0.65	0.62
Pile density figure	varastolla at storage	0.65	0.65	0.63	0.63



Kuva 3. Rankoja syötetään hakkuriin. — Valok. Metsäteho.
Photo 3. Feeding of long logs into a chipping machine.
— Photo Metsäteho.



Kuva 4. Hakekuorma alkaa täyttyä. — Valok. Metsäteho.
Photo 4. The load is almost filled up with chips.
— Photo Metsäteho.

olevan suurta vaikutusta pinotiheyteen, Halkaisemattomat latvapölkkyt, joilla pyöreän pinotavaran seassa on mutkaisuuden ja oksakyhmyjen takia pinotiheyttä pienentävä vaikutus, sopivat ilmeisesti halkopölkkyjen lomiin sillä tavalla, ettei pino tule niiden takia harvemmaksi, vaan ainakin 5 cm:iin saakka mentäessä pikemminkin tiheämmäksi.

Hakesaanto

Tietystä kiintokuutiomäärästä puuta saatava hakemäärä lausuttuna $t i l l a k u u t i o m e t r e i n ä (t-m^3)$ - käytettäköön tätä sanaa erotukseksi kiintokuutiometristä (pinokuutiometri ei tässä sovi ja irtokuutiometri lieene huono termi) - riippuu lastujen koosta ja muodosta ja niin ollen myös hakkurityypistä. Tällä kertaa oli kysymyksessä $P ö t t i n g e r$ hakkuri (kuva 3), johon ei voida syöttää juuri 10 cm paksumpia puita. Voimanlähteenä oli $F o r d s o n$ dieseltraktori.

Hakkurin vastaanottokyvyn ylittävät sekamittarangat oli ennen lastutusta halkaistava, mikä hankala työ tietenkin suoritettiin ainoastaan tutkimusmielessä hakesaannon selvittämiseksi. Hakkeen määrä mitattiin autokuormana (kuva 4). Latvarankojen määrä oli niin vähäinen, ettei niistä kertyvän hakkeen määrää mitattu.

Taulukosta 4 näkyy hakesaanto eri tapauksissa.

Karsimattomista ohutpuurangoista on siis saatu runkopuun kiintokuutiometriä kohti keskimäärin tasan $1 t-m^3$ enemmän haketta kuin karsituista rangoista. Karsituilla ohutpuu- ja sekamittarangoilla ei ole tässä kohden keskenään eroa.

Työajan menekki

Silloin kun halutaan verrata toisiinsa eri töiden vaatimia aikoja, esim. tässä tapauksessa minimiläpimitaltaan erilaisten halkojen ja erilaisten hakerankojen valmistukseen kuluvia työaikoja, pyritään työntekijäin vaihteleva suoritustaso eliminoimaan siten, että samat työntekijät suorittavat kaikkia tutkimuksen kohteina olevia töitä, sikäli kuin nämä työt ovat sellaisia, että niitä todellisuudessa samat miehet suorittavat. (Hakkuuta ja ajoa esim. eivät samat miehet useinkaan suorita.) Vaihtelevien työskentelyolosuhteiden vuoksi eivät aikatutkimustulokset täl-

Taulukko - Table 4

Hakerangoista saatu hakemäärä.
Chips output produced of the chips long logs.

Tavaralaji Kind of timber	Hakkuumies Feller	Rankoja, k-m ³ Long logs, cu.m.(s)	Haketta, t-m ³ Chips, room cu.m.	Hakesaanto runkopuun kiintokuutiometriä kohti, t-m ³ Chips output per one cu.m.(s) of the lopped stem, room cu.m.
Karsimattomat ohutpuurangat Unlipped long logs of small diameter	1	5.724	22.0	3.8
	2	6.734	23.6	3.5
	Yhteensä Total	12.458	45.6	3.7
Karsitut ohutpuurangat Lopped long logs of small diameter	1	6.282	16.5	2.6
	2	5.812	16.5	2.8
	Yhteensä Total	12.094	33.0	2.7
Karsitut seka- mittarangat Lopped long logs of mixed size	1	6.959	17.7	2.5
	2	7.203	20.3	2.8
	Yhteensä Total	14.162	38.0	2.7

löinkään ole ilman muuta vertailukelpoisia, vaan tulokset on soveltuvin kohdin muunnettava vastaamaan samanlaisia työskentelyolosuhteita.

Jotta tällainen menettely olisi mahdollista, tarvitaan joko niin laaja aineisto, että kysymykseen tulevat riippuvuussuhteet (työajan riippuvuus runkojen koosta, oksaisuusluokasta, tiheydestä ym.) voidaan sen perusteella selvittää, tai sitten aikaisempien tutkimustulosten antamaa tukea. Koska hakkuutöitä koskevia aikatutkimustuloksia on jo nykyisin melko runsaasti käytettävissä ja koska nyt käsillä olevan kysymyksen selvittämiseksi ei ollut tarpeen kerätä perustutkimuksen laajuusvaatimukset täyttävää aineistoa, on tyydytty alussa esitettyihin puutavaramääriin ja vaihtelevien olosuhteiden eliminoiminen on suoritettu aikaisempien tutkimustulosten avulla.

Mitä ensinnäkin tulee runkojen koon vaikutukseen halkojen valmistuksen työajan menekkiin, on työaika muunnettu kaikissa tapauksissa vastaamaan runkojen kokoa 6 runkoa/ $p\text{-}m^3$, siis sitä runkojen kokoa, jota nykyisissä metsätyöpalkkataulukoissa ilmoitetut halkojen teon pinokuutiometri-palkat edellyttävät.

Leimikon tiheyden vaihtelun vaikutus siirtymiseen kuluvaan aikaan on eliminoitu siten, että siirtymismatka ja sen kulkemiseen käytetty aika on kaikissa tapauksissa katsottu samaksi, ei kuitenkaan molemmilla miehillä, vaan kummallakin erikseen. Kun minimilatvaläpimitan ei niissä rajoissa, joissa se tutkimuksen yhteydessä vaihteli, todettu merkittävässä määrin vaikuttavan pölkkyjen käsittelyn kuutiyksikköä kohti vaatimaan aikaan - siitä voitiin tehdä vertailukelpoisia havaintoja erityisesti kuormauksen ja purkamisen yhteydessä - katsottiin myös pinoamis aika eri minimiläpimittojen kohdalla samaksi. Tällä tavoin päästiin myös eroon siitä häiritsevästä vaikutuksesta, mikä lumen paksuuden vaihtelulla (4...6 dm) tutkimusaikana mahdollisesti oli.

Kullekin palstalle arvioidun keskimääräisen oksaisuusluokan perusteella muunnettiin karsimisaika aikaisempia tutkimustuloksia apuna käyttäen vastaamaan kaikissa tapauksissa samaa, nimittäin II oksaisuusluokkaa, joka on koivulla yleisin Suomen eteläpuoliskossa. Koska minimilatvaläpimitta vaikuttaa sängen voimakkaasti karsittavaksi tulevan rungon osan pituuteen, ei voitu käyttää kaikille eri minimiläpimitatapauksille karsimisaikojen keskiarvoa, vaan kullekin

omaa, edellä mainitulla tavalla muunnettua karsimisaikaa.

Maaston vaihtelun vaikutus työajan menekkiin pyrittiin eliminoimaan jo tutkimuspalstoja valittaessa.

Hakerankojen valmistus oli uusi ja tuntematon työ. Kun tällöin oli kysymys sekä keskikuutioltaan, tiheydeltään että oksaisuudeltaan aivan erilaisista leimikoista kuin halkojen teossa, ei tietysti voitu pyrkiäkään olosuhteiden samanlaisuuteen halkojen ja rankojen teossa muussa kohden, kuin maaston osalta. Verrattaessa eri hakerankatapauksia keskenään jäi ainoaksi muuntamiseksi se, että tien raivamiseen (ajomiehiä varten) kuluva aika katsottiin sekä karsittujen että karsimattomien rankojen teossa samaksi. Jos primääritulokset olisivat osoittaneet karsittujen rankojen teossa esiintyvän enemmän tien raivausta kuin karsimattomien rankojen teossa, niin kuin voisi odottaa, ei tässäkään tapauksessa olisi käytetty keskiarvoja, mutta mainittunlaista tendenssiä ei voitu todeta. Muuten katsottiin aikatutkimustulosten sellaisinaan edustavan kutakin rankatapauksia. Keskikuutio ja leimikon tiheys olivat sekä karsittujen että karsimattomien ohutpuurankojen kohdalla suurin piirtein samaa suuruusluokkaa, joten nämä tapaukset ovat keskenään melko vertailukelpoisia.

Kuormauksen, ajon ja purkamisen osalta eliminoitiin keskiarvoa käyttämällä satunnaiset vaihtelut niiden työaikojen kohdalla, joiden ei voitu olettaa olevan eri tapauksissa periaatteessa erilaisia (esim. palstalla ajoon, varsinaiseen ajoon sekä alus- ja pääpuiden asetteluun varastolla kuluvat ajat minimiläpimitaltaan erilaisia halkoja ajettaessa). Niiden työaikojen kohdalla, joihin kunkin tapauksen erikoisluonteen voitiin epäillä vaikuttavan, käytettiin muuntamattomia aika-arvoja.

Tulokset, joihin edellä selostettuja periaatteita noudattaen on päädytty, näkyvät taulukosta 5. Taulukossa mainittujen työaikojen jakaantuminen työn eri osien kesken esitetään jäljempänä.

Mitä ensinnäkin tulee minimiläpimitan vaikutukseen halkojen valmistuksen työajan menekkiin, näyttää minimiläpimitan suureneminen odotusten mukaisesti jonkin verran pienentävän työaikaa kuutioksi kohti. Jos ajatellaan kaikissa tapauksissa käyttöosan kuutioltaan yhtä suuria runkoja, suurenee kaatoaika hiukan minimiläpimitan suurentuessa, koska suurempaan läpimittaan katkaistu käyttöosa on peräi-

sin vähän suuremmasta puusta kuin pienempään läpimittaan katkaistu, kuutiosisällöltään yhtä suuri käyttöosa. Karsimisaika, pölkytysaika ja varsinkin aisaamisaika sen sijaan pienenevät suurempaan minimiläpimittaan siirryttäessä. Jos halkomisaika minimiläpimitan ollessa 10 cm - aisaamista ei tällöin suoritettu lainkaan - merkitään 100:ksi, on yhdistetty halkomis- ja aisaamisaika 7 cm:n minimiläpimittaa käytettäessä kummankin hakkuumiehen keskiarvona 118 ja 5 cm:n minimiläpimittaa käytettäessä 130. Tällöin on verrattu käyttöosan kuutioltaan samankokoisia runkoja.

Silloin kun halkojen tekoon liittyy 10 cm ohuempien latvojen valmistus rangoiksi, on ensiksi mainittu työ jonkin verran joutuisampaa kuin siinä tapauksessa, että latvat jätetään koskemattomiksi. Syynä on se, että kaatoaika tulee edellisessä tapauksessa lasketuksi suuremman kuutiomäärän osalle kuin jälkimmäisessä ja jää niin ollen kuutiyksikköä kohti laskettuna pienemmäksi.

Karsimattomien ohutpuurankojen kaato ja kasaaminen on vienyt n. 20 % vähemmän aikaa kuin karsittujen ohutpuurankojen valmistus ja kasaaminen. Karsitut sekamittarangat valmistuivat jotakuinkin yhtä joutuisasti kuin karsimattomat ohutpuurangat. Karsittujen latvarankojen teko halkojen valmistuksen yhteydessä oli huomattavasti epäedullisempaa kuin pystypuista peräisin olevien rankojen valmistus ennen kaikkea karsinnan työläyden takia.

Halkojen minimilatvaläpimitan ei voitu todeta vaikuttavan kuormaus- ja purkamisaikaan. Aineisto on tosin niin suppea, että aivan pienet erot saattavat hävitä satunnaisen tekijöiden takia - kaikkia sellaisiahan ei pystytä eliminomaan. Se, ettei minimiläpimitan pieneneminen näytä lisäävän kuormaus- ja purkamisaikaa kuutiyksikköä kohti, johtuu ilmeisesti siitä, että 1-metrinen halkotavaran ollessa kysymyksessä nostetaan pieniä pyöreitä aisattuja pölkyjä kuormaan usein kaksi tai kolmekin kerrallaan tai sitten yksi tällainen pölky suuremman halkaistun pölkyn mukana.

Jos halkoleimikko olisi puustoltaan pienikokoista, esim. luokkaa 11...14 runkoa/p-m³, jolloin 10 cm:n, vieläpä 7 cm:nkin läpimittaa ohuimmat pölkyt muodostaisivat huomattavan osan kuutiomäärästä, tulisi läpimitan pienenemisen vaikutus kuormaus- ja purkamisaikaan todennäköisesti esiin.

Taulukko - Table 5

Työaika tutkituissa töissä. Ajomatka 100 m.

Working time in the jobs experimented. Hauling distance 100 m.

Tavaralaji Kind of timber	Hakkuu- mies 1 Feller 1	Hakkuu- mies 2 Feller 2	Keski- määrin Average	Ajo- mies 1 Haul- ier 1	Ajo- mies 2 Haul- ier 2	Keski- määrin Average	Yhteen- sä kes- kimäärin Total average
	Työaika k-m ³ kohti, min Working time per cu.m.(s), min.						
Halot 5 cm:iin Split fuelwood, minimum D 5 cm.	168.19	161.08	164.64	41.45	40.52	40.99	205.63
Halot 7 cm:iin Split fuelwood, minimum D 7 cm.	163.39	155.89	159.64	41.45	40.52	40.99	200.63
Halot 10 cm:iin Split fuelwood, minimum D 10 cm.	153.29	151.12	152.21	41.45	40.52	40.99	193.20

Halot 10 cm:iin (latvat rangoiksi) Split fuelwood, mini- mum D 10 cm. (tops left to be made long logs)	149.12	147.38	148.25	41.45	39.88	40.67	188.92
Karsimattomat ohutpuurangat Unlopped long logs of small diameter	80.82	80.34	80.58	62.10	85.11	73.61	154.19
Karsitut ohut- puurangat Lopped long logs of small diameter	104.25	96.29	100.27	47.70	43.43	45.57	145.84
Karsitut seka- mittarangat Lopped long logs of mixed size	82.00	79.25	80.63	36.97	35.62	36.30	116.93
Karsitut latva- rangat Lopped top long logs	117.39	111.25	114.32	50.85	44.08	47.47	161.79

Karsittujen rankojen ajo kävi ratkaisevasti nopeammin kuin karsimattomien rankojen ajo ja syynä oli karsittuja rankoja sisältävien kuormien suuremmuus karsimattomia rankoja sisältäviin kuormiin verrattuna. Karsimattomia ohutpuurankoja sisältävien kuormien keskikoko oli ajomiehellä 1 0.354 k-m^3 ja ajomiehellä 2 0.249 k-m^3 . Vastaavat luvut karsittujen ohutpuurankojen ollessa kysymyksessä olivat 0.484 k-m^3 ja 0.628 k-m^3 . Sekamittarankojen kohdalla kuormien keskikoot olivat 0.720 k-m^3 ja 0.633 k-m^3 .

Jos työajat lasketaan hakkeen tilakuutiometriä kohti ja lähtökohtana pidetään hakkuun osalta kummallekin hakkuumiehelle laskettuja keskiarvojaikoja, mutta kummankin ajomiehen ajoaikoja tarkastellaan erikseen, saadaan taulukossa 6 esitetyt luvut. Hakesaanto edellytetään taulukossa 4 esitettyjen keskiarvojen mukaiseksi. Latvarangat rinnastetaan tässä mielessä muihin karsittuihin rankoihin.

Hakekuutiometriä kohti laskien on siis karsimattomien ohutpuurankojen hakkuu ja ajo yhteensä ajomatkan ollessa 100 m ollut selvästi edullisempaa kuin karsittujen ohutpuurankojen ajo. Ajomiehen 2 ollessa kysymyksessä pystyvät sekamittarangat kilpailemaan karsimattomien ohutpuurankojen kanssa, mutta näin on asian laita vain siitä syystä, ettei kyseisen ajomiehen reki ollut sovelias karsimattomien rankojen ajamiseen. Tähän puukaarilla varustettuun ykkösrekeen ei voitu kuormata karsimattomia rankoja enempää kuin runsas kolmannes karsittuja rankoja sisältävien kuormien kuutiomäärästä (oksia mukaan laskematta). Kuitenkin olisi tätäkin rekeä käyttäen karsimattomien ohutpuurankojen hankinta hakkurin viereen ollut aina 700 m:n ajomatkaan saakka edullisempaa kuin karsittujen ohutpuurankojen. Ajomiehen 1 ollessa kysymyksessä olisi karsimattomien ohutpuurankojen hankinta ollut kaikilla ajomatkailloilla edullisempaa kuin karsittujen, sillä tässä tapauksessa oli varsinainen ajoaika hakekuutiometriä ja matkayksikköä kohti kummallakin tavaralajilla sama.

Toisaalta on muistettava, että ajomatkan pidentyessä pyritään kuorman kokoa yleensä suurentamaan ja että tämä pyrkimys ilmeisesti kohtaisi karsimattomien rankojen kysymyksessä ollen suurempia teknillisiä vaikeuksia kuin karsittujen rankojen kohdalla. Todennäköisesti myös halkojen ja rankojen ajoaikojen suhde muuttuisi ajomatkan pidentyessä, sillä nähtävästi on helpompi suurentaa halko- kuin rankakuormien kokoa. Halkokuormien keskikoko oli nyt vain

Taulukko - Table 6

Hakerankojen hakkuun ja ajon työajan menekki hakkeen tilakuutiometriä kohti.
Ajomatka 100 m.

Working time consumption in the felling and hauling of chips long logs per
room cu.m. of chips. Hauling distance 100 m.

Tavaralaji Kind of timber	Hakkuu Felling	Ajo - Hauling		Yhteensä - Total	
		Ajomies - Haulier			
		1	2	1	2
	Työajan menekki hakkeen tilakuutiometriä kohti, min. Working time per room cu.m. of chips, min.				
Karsimattomat ohutpuu- rangat Unlopped long logs of small diameter	21.8	16.8	23.0	38.6	44.8
Karsitut ohutpuurangat Lopped long logs of small diameter	37.1	17.7	16.1	54.8	53.2
Karsitut sekamittarangat Lopped long logs of mixed size	29.9	13.7	13.2	43.6	43.1
Karsitut latvarangat Lopped top long logs	42.3	18.8	16.3	61.1	58.6

vähän toista kiintokuutiometriä, kun se esim. 1 kilometrin ajomatkalla yleensä jo lienee kahden kiintokuutiometrin paikkeilla.

Huomautettakoon vielä, etteivät hakkeen tilakuutiometriä kohti lasketut työajat anna lopullista vastausta kysymykseen, onko karsittujen vai karsimattomien rankojen hankinta edullisempaa. Hakehan tulee kummassakin tapauksessa melko tavalla erilaista, joten vasta polttoarvon perusteella voidaan tehdä loppupäätelmät. Niiden teko ei kuitenkaan enää kuulu tämän hankintapuolta koskevan tutkimuksen puitteisiin.

Edellä esitettyjä lukuja tarkasteltaessa on syytä muistaa, että hakkuutyö suoritettiin päiväpalkalla ja ajo urakalla, joten työskentelynopeus ilmeisesti oli hakkuussa suhteellisesti heikompi kuin ajossa, ja että tämä seikka jossain määrin vaikuttaa eri tavaralajien hankinnan kokonaistyöaikojen suhteisiin.

Tutkittujen töiden työaikojen jakaantuminen työn eri osien kesken näkyy taulukoista 7 - 10.

Tulosten vertailua ruotsalaisiin tutkimustuloksiin

Ruotsissa on SDA v. 1958 julkaissut ohutpuurankojen hankintaa ja hakkeeksi valmistamista koskevan orientoivan tutkimuksen (Upphuggning av klénvirke till flis vid bilväg. En preliminär granskning av flishuggmaskinen ARI, SDA-redogörelse av intern natur nr 4). Olosuhteet ja työmenetelmät eivät olleet samanlaisia kuin edellä selostetun tutkimuksen yhteydessä, mutta eräin kohdin lienevät kuitenkin vertailut paikallaan.

SDA:n syysolosuhteissa suoritetun tutkimuksen yhteydessä vaihteli kaadettujen runkojen lukumäärä hehtaaria kohti rajoissa 1 900 - 3 000, mikä melko hyvin vastaa meikäläisen tutkimuksen olosuhteita (ks. taulukkoa 2 s. 9). Ruotsalaisen tutkimuksen yhteydessä kertyi hehtaarilta runkopuuta $15...19 \text{ k-m}^3$ kuorineen ja tämän tutkimuksen yhteydessä $23...29 \text{ k-m}^3$, joten rungot olivat jälkimmäisessä tapauksessa keskimäärin suurempia kuin edellisessä.

Meillä suoritettiin kaadon, karsimisen ja kasaamisen yksi mies vesuri ainoana työvälineenään, Ruotsissa taas kahden tai kolmen miehen työryhmä, jonka varusteisiin kuuluivat Brushking raivaussaha, kaarisaha sekä jokaisella miehellä

Taulukko - Table 7

Työajan rakenne koivuhalkojen teossa.
Structure of working time in connection with preparation of
1-m. split birch fuelwood.

Työn osa Phase of work	Minimilatvaläpimitta Minimum top diameter							
	5		7		10		10x)	
	Osatyöajan osuus koko työajasta, % Different phases of work in per cent of total working time							
	Hakkuumies - Feller							
	1	2	1	2	1	2	1	2
Siirtyminen puulta toiselle Moving from one tree to another	2	1	2	1	2	1	2	1
Kaato-Felling	13	14	14	15	16	17	14	15
Karsiminen Lopping	8	7	7	7	6	5	6	5
Pölkytys Bucking	27	26	27	27	28	28	29	29
Halkominen Splitting	12	12	12	13	20	19	21	20
Aisaaminen Barking in strips	12	12	10	9	-	-	-	-
Pinon kehys- puiden teko Making the frame poles of the pile	6	7	7	7	7	8	7	8
Pinoaminen Piling	10	11	11	11	11	12	11	12
Keskeytykset Interruptions	10	10	10	10	10	10	10	10
Yhteensä Total	100	100	100	100	100	100	100	100

x) Latvat valmistettiin rangoiksi - Tops were made into
long logs.

Structure of working time in connection with preparation of chips long logs.

[illegible]

Taulukko - Table 9

Työajan rakenne koivuhalkojen ajossa.

Structure of working time in connection with hauling of 1 m. split birch fuelwood.

Työn osa Phase of work	Koivuhalkot, kaikki tut- kitut minimiläpimitat Split birch fuelwood, all minimum diameters experimented			Koivuhalkot, mi- nimiläpimitat 10 cm, latva- rangat samois- sa kuormissa Split birch fu- elwood, minimum D 10 cm., top long logs in the same loads
	Ajomies - Haulier			
	1	2	2	
	Osatyöajan osuus koko työajasta, % Different phases of work in per cent of total working time			
Ajo palstalla Hauling in the strip	7	5	5	
Kuormaus Loading	30	34	35	
Ajo 100 m Hauling 100 m.	5	6	5	
Alus- ja pääpui- den laitto Making the found- ation and the end poles of pile	4	2	2	
Purkaminen reestä pinoon Unloading the sleigh onto a pile	38	31	31	
Tietyöt Road jobs	6	12	12	
Keskeytykset Interruptions	10	10	10	
Yhteensä Total	100	100	100	

Taulukko - Table 10

Työajan rakenne hakerankojen ajossa. Ajomatka 100 m.
Structure of working time in connection with hauling
of chips long logs. Hauling distance 100 m.

Työn osa Phase of work	Karsimatto- mat ohut- puurangat Unlopped long logs of small diameter		Karsitut ohutpuu- rangat Lopped long logs of small diameter		Karsitut sekamitta- rangat Lopped long logs of mixed size		Karsitut latva- rangat Lopped top long logs	
	Ajomies - Haulier							
	1	2	1	2	1	2	1	2 ^{x)}
	Osatyöajan osuus koko työajasta, % Different phases of work in per cent of total working time							
Ajo palstalla Hauling in the strip	12	13	13	10	7	13	13	4
Kuormaus Loading	49	45	36	33	41	41	44	52
Ajo 100 m Hauling 100 m.	11	11	10	9	9	11	12	5
Purkaminen Unloading	11	10	22	16	24	17	21	29
Tietyöt Road jobs	7	11	9	22	9	8	-	-
Keskeytykset Interruptions	10	10	10	10	10	10	10	10
Yhteensä Total	100	100	100	100	100	100	100	100

x) Ajoi rangat halkokuormien päällä - Hauled the long logs on
split fuelwood loads.

kirves. Ruotsissa kuului palstateiden raivaus kaatajille, meillä sen sijaan ei ollut nimenomaisesti kysymyksessä palstatien varteen teko, mutta hakkuumiehet kuitenkin ottivat runkoja kasatessaan huomioon ajonäkökohdat ja suoritettiin myös jonkin verran tien raivausta. Kummankaan tutkimuksen yhteydessä ei vaadittu huolellista karsintaa. Karsitut rangat katkottiin Ruotsissa likimääräispituuksiin, meillä sen sijaan vain kaikkein pisimmät rungot katkaistiin yhdestä kohtaa kuljetuksen helpottamiseksi.

Laskettuna hakkeen tilakuutiometriä kohti saatiin Ruotsissa hakkuun ja palstatien varteen kasaamisen kokonaistyöajaksi karsittujen rankojen osalta 71.0 miesmin ja karsimattomien rankojen osalta 35.5 miesmin. Nyt käsillä olevan tutkimuksen mukaan ovat vastaavat ajat 37.1 min ja 21.8 min. Tällöin on kuitenkin huomattava, että SDA:n tutkimuksen yhteydessä on tehotyöaikaan lisätty keskeytysten varalta 20 %, jolloin niiden osuus kokonaistyöajasta on 16.7 % ja että meikäläisessä tutkimuksessa on keskeytysten osuutena käytetty 10 % kokonaistyöajasta. Tämänkin huomioon ottaen jää ero vielä melkoisen selväksi. Kummatkin luvut ovat tosin orientoivien, suppeahkoon aineistoon perustuvien tutkimusten tuloksia, joten vertailuun on syytä suhtautua varauksin. Siltä kuitenkin näyttää, että kahden käden vesuri on ohutpuurankojen valmistuksessa erittäin tehokas työväline. Kirveskarsinnan tehotyöaika oli SDA:n tutkimuksen yhteydessä n. 33 miesmin hakkeen t-m³:iä kohti, kun taas vastaava, vesurikarsintaa koskeva luku oli meikäläisen tutkimuksen mukaan n. 13 min. Vesurikaato näyttää käyneen meikäläisen tutkimuksen yhteydessä jotakuinkin yhtä nopeasti kuin Brushking-kaato SDA:n tutkimuksen yhteydessä.

Karsimattomia rankoja sisältävien kuormien keskisuuruus vaihteli SDA:n tutkimuksen yhteydessä - tällöin käytettiin useita erilaisia lumettoman ajan juontovälineitä, etupäässä pyörillä varustettuja - rajoissa 0.22...0.23 k-m³ (oksia mukaan lukematta) ja karsittuja rankoja sisältävien kuormien rajoissa 0.37...0.58 k-m³, joten ne olivat kooltaan suurin piirtein samaa suuruusluokkaa kuin meikäläiset rankakuormat talviolosuhteissa, karsimattomien rankojen osalta kuitenkin keskimäärin vähän pienempiä. Ajomatkan ollessa 150 m kuului SDA:n tutkimuksen mukaan karsimattomien rankojen kuormaukseen, ajoon ja purkamiseen keskimäärin 24.4 min hakkeen tilakuutiometriä kohti vastaavan luvun ollessa karsittujen rankojen kohdalla 14.1 min. Oman tutki-

muksemme yhteydessä olivat vastaavat ajat ajomiehellä 1 17.8 min ja 18.7 min sekä ajomiehellä 2 24.5 min ja 16.9 min. Keskeytyksiä sisältyy SDA:n lukuihin n. 9 % ja Metsätehon lukuihin 10 %, siis kummassakin tapauksessa likimain yhtä paljon. Ajomiehen 2 luvut niin ollen lähentelevät ruotsalaisia tuloksia. Ajomiehen 1 kohdalla, joka rekimallista johtuen pystyi tekemään karsimattomista rangoista huomattavasti suurempia kuormia kuin ajomies 2 ja jolla karsimattomia ja karsittuja rankoja sisältävien kuormien kokojen ero ei ollut kovin suuri, kävi karsimattomien rankojen ajo nopeammin kuin ruotsalaisen tutkimuksen mukaan, mutta karsittujen rankojen ajo sen sijaan hitaammin. Ajoa koskevien vertailujen perusteella ei lumettomana aikana tapahtuva juonto näytä lainkaan epäedulliselta talviseen hevostalouteen verrattuna, niin kuin ehkä voisi olettaa.

Ruotsalaisen tutkimuksen mukaan kävi karsimattomien ohutpuurankojen hakkuu ja ajo hakkurin viereen yhteensä hakkeen tilakuutiometriä kohti n. 30 % nopeammin kuin karsittujen ohutpuurankojen hakkuu ja ajo. Vastaava luku oli meillä suoritettun tutkimuksen mukaan ajomiehen 1 ollessa kysymyksessä 29 % ja ajomiehen 2 ollessa kysymyksessä 14 %. Tulokset ovat samansuuntaisia.

Hakesaanto oli SDA:n tutkimuksen mukaan karsimattomilla rangoilla jokseenkin sama kuin meikäläisen tutkimuksen mukaan, mutta karsittujen rankojen ollessa kysymyksessä jäi hakesaanto runkopuun kiintokuutiometriä kohti vain 2.3 t-m³:ksi, sen sijaan että meillä saatiin vastaavaksi luvuksi keskimäärin 2.7 t-m³.

Work Studies of the Logging of
Split Fuelwood and Long Logs
for Fuel Chips

by

Olli Makkonen

Summary in English

Considerable attention has been paid recently in Finland to increasing the utilisation of small-sized timber. The use of fuel chips has been discussed in this connection in both Finland and Sweden. In Finland Metsäteho, the Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish Wood-working Industries, at the instigation of the Committee for Promotion of the Use of Small-Sized Timber, has conducted comparative work studies on the felling, preparation and horse haulage of 1-metre split birch fuelwood and long logs for fuel chips right up to the chipper on a motor road.

The investigation material was collected in winter conditions in 1958 from the vicinity of the town of Jyväskylä, Central Finland. It involved following the preparation of split birch fuelwood with top diameters of 5, 7 and 10 cm. and also of the following types of timber: unlopped (Photo 1, p.11) and lopped (Photo 2, p.11) small-sized long logs (DBH 3...10 cm.), lopped long logs of mixed sizes (a name used for long log lots which include both small-sized long logs and long logs from timber of thicker than 10 cm. DBH), lopped top long logs from the tops of fuelwood stems. Two

loggers were employed for all the above jobs throughout in the investigation. Tables 1 and 2 (pp. 8 and 9) show the extent of the material.

The horse haulage of the timber prepared alongside a motor road was also subjected to time study. Here, again, two workers were employed to haul all the types of timber prepared. The haul was 40...200 m. The felling sites were consequently situated by the motor road. Haulier 1 used a twin sled with rack to haul both split fuelwood and long logs (e.g. Metsäteho Publication No. 33, Photo 4, p. 19). The split fuelwood was piled alongside the road. The long logs were unloaded by removing the side poles from one side of the rack and tipping the rack over manually. One of the men working at the chipper helped the haulier in the tipping. Haulier 2 had similar equipment to haulier 1 for hauling split fuelwood, but for long logs he had the ordinary single sled used in farm work equipped with two ribs of naturally crooked wood roped to the sled. The butt ends of the long logs were placed on these rib supports and the load fastened at the fore end by rope led round the ends of the support. The top ends of the long logs trailed along the ground. For unloading, the haulier untied the rope, stood at the back end on the trailing log tops and let the horse pull the sled from under the load.

Figs. 1 and 2 (pp. 14 and 15) show the distribution of unsplit fuelwood bolts according to diameter measured at the middle of the bolts. Without going into these figures in detail it may be mentioned that the volume of the fuelwood stand when the minimum top diameter was 10 cm. was c. 16 per cent smaller than when the minimum top diameter was 5 cm. and 13...14 per cent smaller than when the minimum top diameter was 7 cm. The figures naturally depend on the average size of the stems to be prepared.

Figs. 3, 4 and 5 (pp. 17 and 18) show the distribution of the prepared long log stems into DBH classes. For top long logs, however, the diameter was measured 1.2 m. from the butt end.

Table 3 (p. 20) may be used to illustrate how the pile density figure of split birch fuelwood depends on the minimum top diameter and the average stem size. With logger 1 the average volume of the utilised parts of the stems remained roughly the same when the minimum diameter increased.

(It should be noted that if the average volume of the utilised parts remains exactly the same when the minimum top diameter increases, the stem size grows slightly since the utilised part of the stem is smaller the greater the minimum top diameter. This, however, is of no great importance for our survey.) In these circumstances the possible differences in pile density figures must be attributed principally to the minimum top diameter. When the minimum top diameter is 5 cm. the pile density seems to be a little greater than in the other cases between which there is no difference. Small, round top logs perhaps fit between large split fuelwood logs and increase the pile density somewhat. With logger 2 the pile density was higher throughout than with logger 1; this was obviously because the stems prepared by him were considerably greater on the average. Pile density seemed to diminish in this case as the minimum top diameter grew but this was probably due rather to diminution of stem size than to changes in the minimum diameter.

Table 4 (p. 24) shows the quantity of chips obtained in each case and the chip output per solid cu.m. of lopped stem. The chipper was a PÖTTINGER model. The branches increased the chip output per solid cu.m. of lopped stem by one room cu.m.¹⁾

Table 5 (pp. 28-29) gives the working times per solid cu.m. of lopped stem. The driving distance is taken to be 100 m. Breaks (rest, lost time etc.) included in all the working times given in the table account for 10 per cent. The logging of long logs for fuel chips performed alongside the chipper consumed clearly less time per solid cu.m. of lopped stem than the logging of split fuelwood for a road-side pile.

Table 6 (p. 31) gives the working times for the preparation and haulage of long logs for fuel chips per room cu. m. of chips. Calculated in this way the preparation of unlopped long logs seems to have a clear advantage over the preparation of lopped long logs. With logger 2 the lopped mixed diameter long logs competed with unlopped small-sized long logs, but only because it was impossible to load a sufficient quantity of unlopped long logs onto the sled used by haulier 2.

1) By room cu.m. is meant the total squared off volume of a cu.m. of chips, i.e. inclusive of air space.

The distribution of the working time between the different work phases of all the jobs studied is seen in Tables 7 - 10 (pp. 33-36).

Finally, the results were compared with those of a study on the logging of small-sized timber conducted in Sweden (SDA-redogörelse av intern natur No. 4, 1958). The difference between the conditions and the working methods reduces the value of the comparison, but certain conclusions are warranted. The Swedish investigation was carried out in the snowless period, the Finnish in the winter (snow thickness 4...6 dm.). In Sweden the long logs were prepared by a group of two or three men whose equipment included a Brushking brush motor saw, a steel bucksaw and one axe per man. In Finland each man worked independently with a two-handed brush hook as his only tool. The preparation and motor transport of chips was not included in the Finnish study. In both cases the study was an orientating investigation based on a small material, a fact to be remembered in the comparison of working times and other results.

The total working time expenditure on preparation and stacking work in Sweden was 71.0 man-minutes for lopped long logs and 35.5 man-minutes for unlopped long logs per room cu.m. In the Finnish study the corresponding figures are 37.1 and 21.8 man-minutes respectively. However, it must be noted that the SDA time values were obtained by adding to the productive working time 20 per cent for interruptions, whereas the time in Metsäteho's study allows 10 per cent for interruptions. Further, the long logs lopped in the SDA's study were cut into lengths of approximately equal size, in Metsäteho's investigation only the longest stems were cut into two. Allowing for these circumstances even, the difference remains fairly great and it would seem that the two-handed brush hook is a very effective tool for the preparation of small-sized long logs. The carrying of many tools and changing them causes time losses. In lopping work, where care is not required, an axe is very ineffective tool compared with a brush hook. The productive working time in lopping with a brush hook in Finland was only c. 40 per cent of the productive working time for axe-lopping in Sweden.

Although long logs were hauled alongside the chipper in Sweden with skidding equipment employed in snowless periods and in Finland by sled, the load sizes were roughly the same in both cases. The loads of unlopped long logs, however, were

slightly greater in the Finnish investigation than in the Swedish. When the driving distance was 150 m. the loading, haulage and unloading into a stack beside the chipper took: in the Swedish study 24.4 minutes for unlopped long logs and 14.1 minutes for lopped long logs per room cu.m.; in Metsäteho's investigation 17.8 and 18.7 minutes with haulier 1, and 24.5 minutes and 16.9 minutes with haulier 2. The Swedish figures contained c. 9 per cent of interruptions and the Finnish 10 per cent. Haulier 2 was fairly close to the Swedish results. This is due to the fact that his sled was similar in some ways to the skidding equipment employed in snowless periods. Haulier 1, on the other hand, was able to load onto the rack in the twin sled decisively more unlopped long logs than haulier 2 could load onto his sled. Finally, horse haulage in snowless periods does not suffer from comparison with winter-time horse haulage as might perhaps be expected.

According to the SDA study, the preparation and haulage (150 m.) of unlopped long logs alongside the chipper was c. 30 per cent quicker per room cu.m. than the preparation and haulage of lopped long logs. In Metsäteho's study the corresponding figure was 29 per cent for haulier 1 and 14 per cent for haulier 2. Both the studies indicate a definite advantage in preparing unlopped long logs into fuel chips unless the difference between the per room cu.m. heat value of unlopped and lopped long logs indicates otherwise.

With unlopped long logs, 1 solid cu.m. of stem wood yielded an average of 3.7 room cu.m. of chips, according to the Swedish investigation. Metsäteho's study arrived at exactly the same result. With lopped long logs the chip output was slightly different: in Sweden 2.3 room cu.m. and in Finland 2.7 room cu.m., per solid cu.m. of stem wood.

METSÄTEHON JULKAISUJA
METSÄTEHO PUBLICATIONS

- N:o 1. Metsätyöntutkimukset. Metsätyöntutkimuskursseilla 4. 6.—15. 6. 1945 pidettyjä luentoja. 1945.
- „ 2. Metsätyöntutkimukset II. Metsätyöntutkimuskursseilla 12. 6.—16. 6. 1946 pidettyjä luentoja. 1947.
- „ 3. Metsätyöläisten elinkustannuksista talvella 1946. Jaakko Vöry. 1947.
- „ 4. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta I. Koivupölkkyjen kuutiosuhteista. Kalle Putkisto. 1947.
- „ 4a. Koivupölkkyjen kuutiosuhdetaulukkoja. Kalle Putkisto. 1947.
- „ 5. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta II. Aikatutkimuksia vanerikoivujen rasiinkaadosta, karsimisesta ja katkomisesta. (Summary: Investigations Concerning the Logging of Veneer Birches II. Time Studies on the summer felling, branching and bucking of veneer birches.) Kalle Putkisto. 1947.
- „ 7. Aikatutkimuksia pinopuutavaran teosta. Olli Makkonen. 1947.
- „ 8. Aikatutkimuksia paperipuiden varastokuorinnasta ja -katkonnasta. (Summary: Time Studies Concerning the Barking and Bucking of Pulpwood into Bolts on the Landing and other Storage Site.) Arno Tuovinen. 1948.
- „ 9. Leimikon tiheyden vaikutus pinopuutavaran tekoon. (Summary: Influence of the Density of the Trees Marked for Felling on the Making of Cordwood.) Olli Makkonen. 1948.
- „ 10. Tutkimuksia pinotavaran autokuljetuksesta. (Summary: Investigations into Truck Hauling of Piled Wood.) Veijo Heiskanen. 1948.
- „ 11a. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. I Kuorimishukka ja kuutiosuhteet. (Summary: Investigations into Logging of Pulpwood in North-Finland. I. Barking Waste and Volume Ratios.) Arno Tuovinen. 1948.
- „ 11b. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. II Veteen vieritys. (Summary: Investigations into Logging of Pulpwood in North-Finland. II. Rolling into Water.) Arno Tuovinen. 1948.
- „ 12. Tutkimuksia paperipuiden hankinnasta Pohjois-Suomessa. III Eri pituisten kuorellisten paperipuiden ajo. (Summary: Investigations into Logging of Pulpwood in North-Finland. III. Horse Sled Haul of Unbarked Pulpwood of Different Lengths.) Arno Tuovinen. 1948.
- „ 13. Metsätyöntutkimukset III. Metsätehon kirjoitukset Metsätaloudellisessa Aikakauslehdessä n:o 5/1948. (Articles, summarized in English.) 1948.
- „ 14. Aikatutkimuksia pinopuutavaran valmistuksesta Pohjois-Suomessa. (Summary: Time Studies on the Cutting of Cordwood in North-Finland.) Arno Tuovinen — Sakari Leskinen. 1948.
- „ 15. Hevosvarsiteiden hoitokalustosta ja hoidosta. (Summary: On the Equipment for the Maintenance of Main Roads for Horse-Haulage and on Their Maintenance.) K. Putkisto — J. E. Arnkil. 1948.
- „ 16. Suomen metsäteollisuuden raakapuun saanti metsätaseen kannalta tarkasteltuna. I Koko valtakunnan yleiselvittely. (Summary: The Supply of Wood as Raw Material for the Finnish Forest Industries. I. Total for the Whole Country.) Eino Saari. 1948.
- „ 18. Aikatutkimuksia tukkien ja paperipuiden teosta talvella. (Summary: Time Studies on Making of Logs and Pulpwood in Winter Conditions.) Olli Makkonen. 1949.
- „ 19. Maan routaantumisesta tilapäisten talviautoteiden rakentamisen kannalta. (Summary: On Freezing of Soil with a View to Building of Temporary Winter Truck Roads.) Aulis E. Hakkarainen. 1949.
- „ 20. Tutkimus maalle nostettujen rampapuiden uitosta Kemijoella. (Summary: Investigation into Floating on River Kemijoki of Waterlogged Timber Lifted Ashore.) Arno Tuovinen. 1949.

- N:o 21. Moottorisahat ja niiden käyttö Ruotsin metsätaloudessa. Käytännön kokemuksia ja S. D. A:n tutkimusten tuloksia. (Power-Saws. Their Possibilities in Swedish Forestry.) (Summary in English in the original Swedish publication, S.D.A. Meddelande n:r 32,33. Stockholm. 1948.) Greger Carpelan. 1949.
- „ 22. Metsätöiden tehostaminen. Luentopäivillä v. 1948 pidettyjä esitelmä. (Rationalisation of Forest Work. Lectures held during the Lecture Session of 1948. Summaries.) 1949.
- „ 23. Tutkimuksia sahatukin pituuden, lenkouden ja kapenemisen vaikutuksesta sydäntavaran pituuteen ja leveyteen. (Summary: Investigations into the Effect of Length, Crooked Growth, and Taper of Saw Log on the Length and Width of the Most Valuable Lumber.) A. J. Ronkanen. 1950.
- „ 24. Puutavaran rantavarastojen talviniputuksesta. (Summary: Shore Storage Site Bundling of Timber in Winter.) Arno Tuovinen. 1950.
- „ 25. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. (Summary: Practical Application of the Results of Time Studies in Logging.) Olli Makkonen. 1950.
- „ 26. Juoksumetritaksan käyttö "ylijäreissä" paperipuuleimikoissa. (Summary: Application of the Running Metre Rate in "Oversized" Pulpwood Stands Marked for Cutting.) Olli Makkonen. 1950.
- „ 27. Puutavaralautojen vetovastuksista ja mahdollisuuksista lauttauksen kehittämiseksi. (Summary: On Timber Raft Drag and the Possibilities of Developing Rafting.) Risto Eklund. 1952.
- „ 28. Halkojen ja polttorankojen teko. (Summary: Making of Split Firewood and Firewood Barked in Strips.) Olli Makkonen. 1952.
- „ 29. Paperipuiden kuivumisesta ja varastoisvivoista metsävarastoinnin aikana. (Summary: On the Seasoning of Pulpwood and Storage Defects Incurred During Forest Storage.) Arno Tuovinen. 1952.
- „ 30. Tutkimuksia puutavaran vedestä nostosta. (Summary: Investigations into the Lifting of Timber from Water.) Kalle Putkisto. 1953.
- „ 31. Eräiden metsätöiden aikatutkimusaineistojen analyysiä. (Summary: Analysis of the Time Study Materials of Some Forest Jobs.) Jaakko Vöry. 1954.
- „ 32. Puutavaran valmistuksen keskiyötulosten määrittäminen tilastoteitse. (Summary: Statistical Determination of the Average Work Performance in the Preparation of Timber.) Jaakko Vöry. — Metsätöiden vertailevan aikatutkimuksen periaate. (Summary: The Principle of Comparative Time Studies in Forest Work.) Olli Makkonen. 1954.
- „ 33. Puutavaran hevoskuljetus. Työntutkimus. (Summary: Horse Haulage of Timber. Work Study.) Olli Makkonen. 1956.
- „ 34. Kuorellisten mäntytukkien pilaantumisen. (Summary: On the Deterioration of Unbarked Pine Logs.) Arno Tuovinen. 1956.
- „ 35. Hakkuumiesten metsätyöajan käyttö. (Summary: The Expenditure of Forest Working Time by Loggers.) Aulis E. Hakkarainen. 1956.
- „ 36. Tutkimuksia pyörätraktoreiden käytöstä puutavaran metsäkuljetuksessa. Teknillis-taloudellinen selvitys. (Summary: Investigations of the Use of Wheel Tractors for the Forest Transport of Timber. Techno-Economic Analysis.) Kalle Putkisto. 1956.
- „ 37. Koivu-, haapa- ja kuusipaperipuiden teko. Työntutkimus. (Summary: Making of Birch, Aspen and Spruce Pulpwood. Work Study.) Olli Makkonen. 1957.
- „ 38. Ajomiesten metsätyöajan käyttö. (Summary: The Expenditure of Forest Working Time by Hauliers.) Aulis E. Hakkarainen. 1957.
- „ 39. Pinotiheystutkimuksia. I Koivupaperipuut. II Haapapaperipuut. III. Pieniläpimittaiset kuusi- ja mäntypaperipuut. (Summary: Pile Density Studies. I Birch pulpwood. II Aspen pulpwood. III Small-sized spruce and pine pulpwood.) Olli Makkonen. 1958.
- „ 40. Jälle varastoitujen havutukkien uppoamis- ja laatuapioit. (Summary: Sinkers and Quality Losses in Softwood Logs Stored on the Ice.) Arno Tuovinen. 1958.
- „ 41. Työntutkimuksia halkojen ja polttohakerankojen hankinnasta. (Summary: Work Studies of the Logging of Split Fuelwood and Long Logs of Fuel Chips.) Olli Makkonen. 1959.