

FOLIA FORESTALIA 103

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1971

MATTI AHONEN

TUTKIMUKSIA KÄNTÖ- JA JUURIPUUN KOR-
JUUSTA I. KOKEILU PUIDEN KAATAMISESTA
JUURAKKOINEEN

STUDIES ON THE HARVESTING OF STUMPS
AND ROOTS IN FINLAND I. EXPERIMENT
WITH THE FELLING OF TREES WITH THEIR
ROOTSTOCK

- N:ot 1—18 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.
 Nos. 1—18 are listed in publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- N:ot 19—55 on lueteltu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 19—96.
 Nos. 19—55 are listed in publications 19—96 of the Folia Forestalia series.
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukien koko ja laatu vuonna 1966.
 The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.
 Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahti ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu. Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan mestävarat vuonna 1968.
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.
 Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteen esiintymisestä Lapissa.
 Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.
 Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots. 1,50
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.
 Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.
 A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätalastollinen vuosikirja 1968.
 Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja pituuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.
 Delimiting by axe and power saw in making of cordwood. 2,50
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.
 On the extraction of stumps and roots. 1,50
- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.
 Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
 Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. 2,—
- 1970 No 76 Ukko Rummukainen: Tukkimiehentäin, Hylobius abietis L., ennakkotorjunnasta taimitarhassa.
 On the prevention of Hylobius abietis L. in the nursery. 1,50
- No 77 Eero Paavilainen: Koetuloksia suopeltojen metsittämisestä.
 Experimental results of the afforestation of swampy fields. 2,—
- No 78 Veikko Koskela: Havaintoja kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskeokentällä.
 On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. 2,—
- No 79 Olavi Huikari—Pertti Juvonen: Työmenekki metsäojituksessa.
 On the work input in forest draining operations. 1,50
- No 80 Pertti Harstela: Kasausajan ja valtimöyryntiheyden sekä tehollisen sahausajan määrittäminen järjestettyjen kokeiden, pulssitutkimuksen ja frekvenssianalyysin avulla.
 Determination of pulse repetition frequency and effective sawing time with set tests pulse study and frequency analysis. 1,50
- No 81 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1968—69.
 Stumpage prices in private forests during cutting season 1968—69. 1,—
- No 82 Olavi Huuri, Kaarlo Kytökorpi, Matti Leikola, Jyrki Raulo ja Pentti K. Räsänen: Tutkimuksia taimityyppiluokituksen laatimista varten. I Vuonna 1967 metsänviljelyyn käytettyjen taimien morfologiset ominaisuudet.
 Investigations on the basis for grading nursery stock. I The morphological characteristics of seedlings used for planting in the year 1967. 1,50

Metsäntutkimuslaitos, Institutum Forestale Fenniae, Helsinki 1971.

Matti Ahonen

TUTKIMUKSIA KANTO- JA JUURIPUUN KORJUUSTA I

Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen

STUDIES ON THE HARVESTING OF STUMPS AND ROOTS IN FINLAND I

Experiment with the felling of trees with the rootstock

Summary in English

Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd -neuvoston yhteispohjoismaisen
hakkuutähdeprojektin osatutkimus

A sub- project of the joint Nordic NSR-program for the utilisation of logging residues
Delundersökning av NSR-projektet angående utnyttjandet av hyggesavfall

ALKUSANAT

Pohjoismaiden Neuvoston v. 1966 tekemän aloitteen johdosta ryhdyttiin v. 1969 toteuttamaan yhteispohjoismaista hakkuutähteiden hyväksikäyttöön tähtäävää tutkimusprojektia, jonka johtoon valittiin Suomi. Eräs projektiin kuuluva tutkimussektori on kanto- ja juuripuun korjuu, johon liittyvien ongelmien selvittämistä varten perustettiin 9. 1. 1970 myös Suomen Puunjalostusteollisuuden Keskusliiton aloitteesta työryhmä. Sen toimintaan osallistuvat Suomen suurimmat metsäteollisuusyhtiöt, Oy Keskuslaboratorio Ab, metsähallitus, Metsäteho ja metsäntutkimuslaitos, joista viimeksi mainittu suorittaa suurimman osan kanto- ja juuripuun korjuuta koskevista tutkimuksista.

Keväällä 1970 aloitettiin metsäntutkimuslaitoksella myös kanto- ja juuripuun määrän sel-

vittämiseen tähtäävä tutkimus, jota varten juurikoita irroitettiin maasta eri menetelmillä. Eräs näistä oli puun kaato juurakkoineen. Kokeilu suoritettiin metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa ja sen käytännöllisestä järjestelystä huolehtivat työnjohtaja Sakari Erholtz ja kenttäestari Sauli Takalo, joista ensiksi mainittu osallistui myös aineiston käsittelyyn. Kokeilukone oli vuokrattu urakoitsija Pertti Nyströmiltä.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. Veijo Heiskanen, MMT Pentti Hakkila ja MH Klaus Rantapuu.

Allekirjoittanut valvoi aineiston keruuta ja käsittelyä.

Helsingissä, 14. päivänä tammikuuta, 1971

Matti Ahonen

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
SUMMARY IN ENGLISH	3
1. JOHDANTO	4
2. KOKEILUN TARKOITUS	5
3. AINEISTO	5
4. TUTKIMUSTULOKSET	6
41. Kaato	6
42. Juurakon puhdistus	7
43. Muut työnosat	8
44. Työmaa-aika ja tuotos	8
45. Kustannukset	9
5. KAAATOMENETELMÄN KEHITTÄMINEN	10
6. TUTKITTUUN KAAATOMENETELMÄÄN PERUSTUVIEN KANTO- JA JUURIPUUN KORJUUKETJUN VERTAILU	12
7. TIIVISTELMÄ	14
KIRJALLISUUTTA	15
KUVALIITTEET	16

SUMMARY

Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I Experiment with the felling of trees with the rootstock

A joint Nordic research project aimed at the utilisation of logging residues was begun in 1969. The initiative for the project was taken by the Nordic Council in 1966 and Finland was chosen to head it. One research sector of the project is the harvesting of stumps and roots, and a working team was set up in 1970 on the initiative of the Central Association of Finnish Woodworking Industries to examine the problems involved. The team is made up from the largest forest industry companies in Finland, the National Board of Forestry, the Forest Work Study Section of the Central Association of Finnish Woodworking Industries (Metsäteho), the Finnish Pulp and Paper Research Laboratory, and the Finnish Forest Research Institute. The last of these will carry out most of the studies on the harvesting of stumps and roots.

The present study related to the extraction

of rootstock by a method in which the tree is felled complete with its rootstock. An 11.8-ton Allis-Chalmers wheel loader was used as the felling machine. Fig. 2 shows the correlation between felling time proper and the breast height diameter of the tree. The time expended on the cleaning of the rootstock appears from Table 4. The work-site time and its distribution into different elements can be seen from Table 5. Fig. 3 presents the calculated felling costs per solid cu.m. of stump, which were 8...15 marks/stump solid cu.m. for pine and 6...11 marks/stump solid cu.m. for spruce, while the volume of the usable portion of the stem ranged from 0.4 to 0.9 solid cu.m. On p. 11 is a comparison between the costs of the different methods used for extracting the rootstock. Chapters 5 and 6 examine the changes of developing the method and fitting it in to the harvesting process.

1. JOHDANTO

Eräs mahdollisuus korjata kantopuuta on kaataa puut juurineen. Tällä saavutetaan tiettyjä etuja pelkkään kantojen nostoon verrattuna, koska puun kaato ja kannon nosto voidaan yhdistää. Kaatotyössä tarvittava voima on myös paljon pienempi kuin suorassa nostossa, kun puita juurakkoineen kaadettaessa voima vaikuttaa runkoon usean metrin päässä maanpinnasta. Runkoa käytetään siis vipuna, jolloin vääntömomentti muodostuu kannon nostoa ajatellen edulliseksi. Kaatotyötä helpottaa myös se, että puu joutuu tällä tavoin kaadettaessa pois tasapainosta, jolloin kaatuvaan puuhun kohdistuva maan vetovoima tulee työntövoiman avuksi. Taulukossa 1 on esitetty puiden juurineen kaatoon tarvittavat voimat männylle ja koivulle CZEREYSKIN, GALINSKAN ja ROBELIN (1965) mukaan, silloin kun ne vaikuttavat puuhun 3 metrin korkeudella maan pinnasta. Tutkimustulokset on kerätty hiekkamaalla kasvaneita puita kaadettaessa.

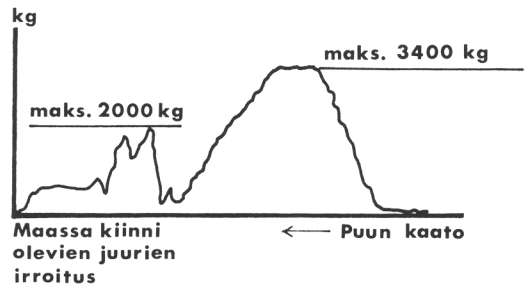
Taulukko 1. Vääntötoimat kaadettaessa puut juurineen voiman vaikuttaessa puuhun 3 metrin korkeudella maan pinnasta.

Table 1. Torsional force when felling trees complete with rootstock and when the force acts on the tree at a height of 3 m above the ground.

D _{1,3} cm	Kaatoon tarvittava voima Force needed for felling kg	
	Mänty Pine	Koivu Birch
alle } 25 under	2500	2500
26 ... 30	3500	3500
31 ... 40	5250	5500
41 ... 50	6500	—

Taulukossa esitetyt voimat ovat korkeintaan 10 % juurakoiden suoraan nostoon tarvittavista voimista, jotka edellä mainitun lähteen mukaan ovat 70 000 . . . 80 000 kg kantojen läpimitasta

ja maan laadusta riippuen. Kaadettaessa puu juurineen jää osa juurista kiinni maahan, jolloin ne on irroitettava erikseen. Tähän työhön tarvittavat voimat vaihtelevat 100 . . . 3500 kg välillä. Puolassa suoritettujen tutkimusten mukaan voimantarve puun kaadon ja juurien maasta irrottamisen aikana vaihtelee kuvan 1 osoittamalla tavalla. Voimantarve on suurimmillaan kaadon aikana. Juurien maasta irrottamisessa käytetty maksimivoima on n. 60 % vastaavasta kaatovoimasta.



Kuva 1. Voimantarpeen vaihtelu puun kaadon ja juurien maasta irrottamisen aikana (Czereyski, Galinska, Robel 1965)

Fig. 1. Variations in the force needed for felling the tree and extracting the roots (Czereyski, Galinska, Robel 1965)

Puita voidaan kaataa juurakkoineen esimerkiksi vintturilla tai puskutraktorilla. Kokeiluissa on todettu, että veto tai työntö nurin on nopea työvaihe. KOIVULEHDON (1969) mukaan kesti Enso-Gutzeit Osakeyhtiön työmailla suoritetuissa kokeissa puun kaato juurakkoineen Timberjack-metsätraktorin vintturilla 30 cmin ja telapuskutraktorilla 24 . . . 31 cmin puun koosta riippuen. Vintturilla kaadettaessa on minimitekijänä yleensä ollut vajerin kiinnitykseen ja irroitukseen kulunut aika. Tämä häitettä vältetään puskutraktoria käytettäessä.

Ihmisvoimin suoritettavan työn kallistuessa paranevatkin tällaisen kaatokoneen käyttömahdollisuudet. Menetelmää voidaan kuitenkin soveltaa vain suurehkoissa päätehakkuuleimikoissa ja silloin, kun juurakoista saatava puuraaka-aine käytetään hyväksi.

2. KOKEILUN TARKOITUS

Tämän kokeilun tarkoituksena on selvittää juurakkoineen tapahtuvaan pystypuiden kaatoon ja täristemällä suoritettavaan puhdistukseen kuluva aika sekä sen jakaantuminen eri työnosiin, kun kaatokoneena käytetään runko-ohjattua pyöräkuormaajaa. Lisäksi arvioidaan työn kustannukset sekä esitetään vaihtoehtoisia ratkaisuja tässä tutkittuun kaatomenetelmään perustuvalla korjuuketjulle. Aikatutkimuksen perusteella lasketaan eri puulajien kaato- ja puhdistustyön tuotoksille odotusarvot. Tämän lisäksi määritellään kaatotyössä tarvittavalle koneelle asetettavat tekniset vaatimukset, sekä tarkastellaan tutkitun korjuumenetelmän käytömahdollisuuksia Suomen oloissa.

Tutkittu kaatomenetelmä käsitti seuraavat työvaiheet:

- Koneen siirtyminen kaadettavan puun luokse
 - Kaatolaitteen sijoittaminen runkoa vasten
 - Puun työntö nurin
 - Juurakon irroitus maasta
 - Rungon ja juurakon nosto ja täristäminen
 - Rungon ja juurakon pudottaminen maahan
 - Hukka-ajat ja keskeytykset
- } Kaato
- } Puhdistus

3. AINEISTO

Kokeilu suoritettiin 14. 5. 1970 metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueella. Tutkimusleimikko sijaitsi vähäkivisellä heikkakankaalla. Puuston tiheys kaadettulla alueella oli 400 runkoa hehtaarilla. Kaikkiaan kaadettiin 80 puuta, joista mäntyjä oli 35, kuusia 37 ja koivuja 8. Puustoa koskevat tiedot on esitetty taulukossa 2.

Kanto- ja juuripuun määrä arvioitiin HAKKILAN (1970) suorittamien alustavien tutki-

musten perusteella, joiden mukaan kanto- ja juuripuuprosentti oli männyllä 16,0, kuusella 21,8 ja koivulla 17,1. Laskelmassa ei ole otettu huomioon 5 cm ohuempia juuria. Tällöin prosenttilukuja vastaavat puumäärät (kanto + juuret) tutkimusleimikolla olivat 3,8, 4,8 ja 0,9 kiintokuutiometriä kuorineen. Juurakoiden keskikoko oli männyllä 0,107, kuusella 0,129 ja koivulla 0,111 k-m³. Lähes kaikissa männyissä oli paalujuuri.

Taulukko 2. Tutkimusleimikon puusto.
Table 2. Growing stock of the marked stand.

Puulaji Tree species	D _{1.3} , cm		Rungon tilavuus, k-m ³ Stem volume, solid cu.m.	Kannon läpimitta Stump diameter cm	
	\bar{x}	s _x		\bar{x}	s _x
Mänty Pine	28.5	± 5.9	0.671	38.1	± 8.0
Kuusi Spruce	26.7	± 4.0	0.592	36.8	± 5.5
Koivu Birch	28.9	± 4.5	0.650	39.0	± 5.3

\bar{x} = keskiarvo, mean

s_x = hajonta, standard deviation

Kaatokoneena käytettiin 11.8 tonnin painoista Allis-Chalmers TL-645 pyöräkuormaajaa, jossa moottorin nettoteho on 165 hevosvoimaa. Kone on runko-ohjattu ja varustettu power-shift-vaihteistolla. Kokeilussa siinä oli soran

kuormaukseen tarkoitettu kauha. Koneen tunnihinta oli 35 markkaa. Laskelmissa on kuitenkin käytetty 1. 9. 1970 vahvistettua Tie- ja vesirakennushallituksen enimmäisohjevuokraa, joka on 44 markkaa käytötunnilta.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Kaato

Puiden juurakkoineen kaatoon kulunut keskimääräinen aika on esitetty taulukossa 3. Kaatoaikaan sisältyvät kaatolaitteen sijoittaminen runkoa vasten ja puun työntö nurin.

Kaatoajan ja rinnankorkeusläpimitan välistä riippuvuutta kuvaavat yhtälöt muodostuivat seuraaviksi:

	R	F
(1) $y_1 = 12.6 + 0.3 x + 0.019 x^2$ cmin/runko	0.36	2.3
(2) $y_2 = 32.2 - 2.4 x + 0.084 x^2$ cmin/runko	0.43	3.3*

y_1 = männyn kaatoaika

y_2 = kuusen kaatoaika

x = kaadetun puun rinnankorkeusläpimita, cm

Kuvassa 2 on esitetty kaatoajan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta yhtälöillä 1 ja 2 laskeutuina. Lisäksi siitä ilmenee koivujen kaatoon kulunut aika.

Kuten kuva osoittaa, on 20...31 cm läpimitaisten mäntyjen kaatoaika ollut suurempi kuin saman kokoisten kuusten. Sen sijaan järeämpiä puita kaadettaessa on kuusen kaatoaika ollut suurempi kuin männyn. Kuusen kaatoaika lisääntyy myös nopeammin kuin männyn kaadettavan puun koon kasvaessa. Tämä johtuu siitä, että kuusen juuristot ulottuvat laajalle alueelle ja jäävät puita kaadettaessa koneen etupyörien ja akselin alle, mikä luonnollisesti vaikeuttaa työtä. Eräissä tapauksissa jouduttiin koneen puoleiset juuret murtamaan väkisin poikki, minkä vuoksi joitakin runkoja katkesi tai pirstoutui tyvestä. Katkeaminen vältettiin,

Taulukko 3. Kaatoaika.

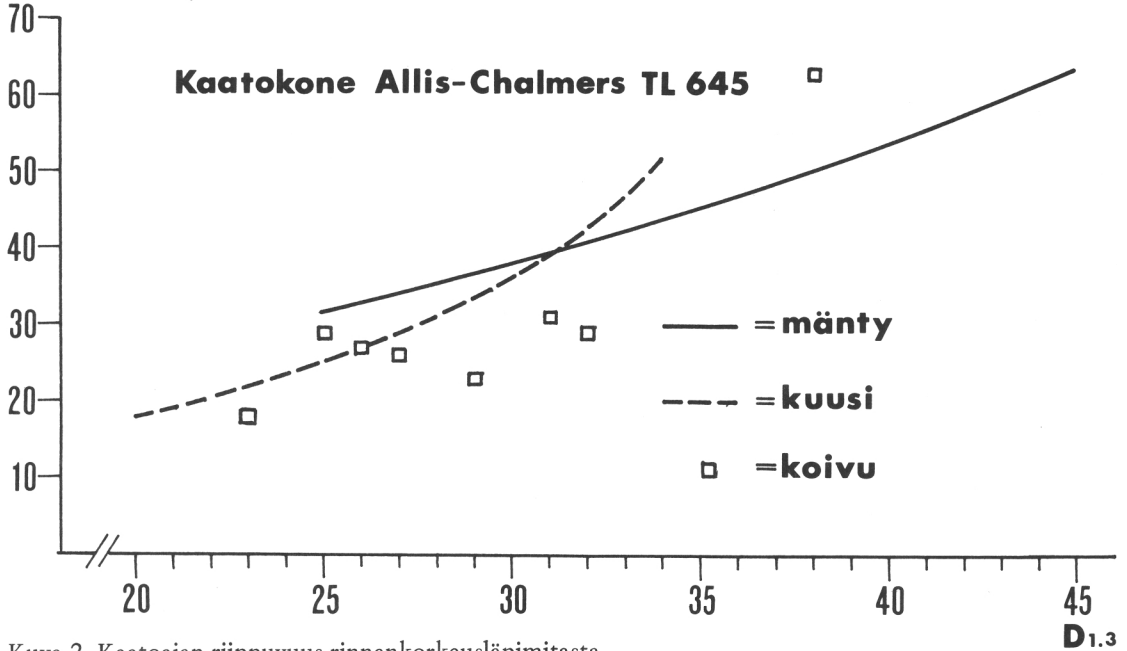
Table 3. Felling time.

Puulaji <i>Tree species</i>	D _{1,3} , keskim. <i>Average DBH</i> cm	Kaatoaika <i>Felling time</i>		
		\bar{x}	s_x	
		cmin/runko – cmin/stem		%
Mänty <i>Pine</i>	28.5	36.5	± 23.1	± 63
Kuusi <i>Spruce</i>	26.7	28.1	± 21.2	± 76
Koivu <i>Birch</i>	28.9	30.8	± 12.5	± 41

\bar{x} = keskiarvo, *mean*

s_x = hajonta, *standard deviation*

Kaatoaika, cmin /runko



Kuva 2. Kaatoajan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta
 Fig. 2. Correlation between felling time and breast height diameter

kun kaatavan voiman vaikutuspistettä laskettiin alemmaksi. Voiman vaikutuspiste oli männillä keskimäärin 4.4 m ja kuusilla 3.0 m korkeudella.

Kaadon suuntaus pystyttiin hallitsemaan hyvin. Koska työssä käytetty kone oli alunperin tarkoitettu soran kuormaamiseen, vaurioitti sen kauha jonkin verran tyvitukkeja.

42. Juurakon puhdistus

Juurakkoa pyrittiin puhdistamaan hiekasta ja kunnasta nostamalla puun tyvi välittömästi kaadon jälkeen kuormaajan kauhalla 3...4 m:n korkeuteen, jossa sitä ravisteltiin kauhaa liikuttamalla. Tämän jälkeen puu pudotettiin maahan. Tällä tavoin saatiin arviolta puolet juurakoitten hiekasta poistetuksi. Männen ja koivun kannot puhdistuivat parhaiten. Sen sijaan kuusen kannoista kunntaa ei saatu kokonaan irroitetuksi. Taulukossa 4 on esitetty ravisteluun käytetty aika, johon sisältyvät myös rungon nostaminen ja pudottaminen maahan.

Puhdistus ei kuitenkaan ollut läheskään riittävä, mikäli juurien katkomiseen halutaan käyttää esimerkiksi moottorisahaa. Tämä johtuu siitä, että koneen kauhalla ei sen rakenteen

vuoksi saatu aikaan tarpeeksi voimakasta ja nopeajakoista tärinää. Myös hiekan kosteus saattaa vaikuttaa puhdistuksen tehokkuuteen. Mikäli puita kaadetaan maan vielä ollessa osittain jäässä, ei tässä kuvattu puhdistusmenetelmä ole käyttökelpoinen. Puhdistus nyt kokeilussa muodossa jääkin lähinnä esipuhdistuksen tasolle.

Taulukko 4. Juurakon puhdistusaika.
 Table 4. Rootstock cleaning time.

Puulaji <i>Tree species</i>	Puhdistusaika <i>Cleaning time</i>		
	\bar{x}	s_x	
	cmin/runko	cmin/stem	%
Määnty <i>Pine</i>	26.4	± 8.4	± 32
Kuusi <i>Spruce</i>	22.5	± 7.6	± 34
Koivu <i>Birch</i>	21.4	± 7.3	± 34

\bar{x} = keskiarvo, *mean*

s_x = hajonta, *standard deviation*

43. Muut työnosat

Siirtymisiin käytettiin aikaa 52 cmin/runko. Kuten taulukko 5 osoittaa, on siirtyminen eniten aikaa vaatinut työnoisa. Kokeilun aikana joutui kone kuitenkin liikkumaan normaalia enemmän, koska kaadettu kaista oli kapea ja leimattu keskelle metsää. Onkin odotettavissa, että hyvällä työn järjestelyllä tätä aikaa voidaan vähentää 20 . . . 30 prosentilla.

Välittömästi kaadon jälkeen konetta jouduttiin joka kerta siirtämään 3 . . . 4 m taaksepäin. Samalla kauha laskettiin alas, jotta juurakko voitaisiin irrottaa maasta ja nostaa ylös ravisteltavaksi. Tähän työvaiheeseen, jota nimitetään juurakon maasta irrottamiseksi, kului koneelta aikaa keskimäärin 16 cmin/runko.

Tutkimuksen lyhytaikaisuuden vuoksi ei työssä sattunut varsinaisia keskeytyksiä.

44. Työmaa-aika ja tuotos

Tutkitun työmenetelmän tuotoksen odotusarvo laskettiin edellisissä luvuissa esitettyjen työvaiheiden ajanmenekkien summasta. Vertailtaessa tuloksia eri puulajien kesken ovat lähtökohtina olleet rinnankorkeuslöpimitaltaan 30 cm:n suuristen puiden (käyttöosan tilavuus männyllä 0.70 ja kuusella 0,75 k-m³) kaatoajat. Lisäksi on oletettu, että päivän mittaan tapahtuu keskeytyksiä, joiden osuus tehoajasta on 10 %. Laskelmissa käytetyn työpäivän pituus on ollut 8 tuntia. Kaato-, irroitus- ja puhdistusajat ja niiden jakaantuminen eri työnoisiin on esitetty taulukossa 5.

Työn tuotokseksi saadaan näin ollen männyllä 4.6 ja kuusella 7.0 k-m³ kanto- ja juuripuuta tunnissa, mikäli sen määrä lasketaan luvussa 3 mainituilla prosenteilla. Kaadettuina runkoina

Taulukko 5. Työmaa-ajan jakaantuminen työnoisiin männyn ja kuusen kaadossa.
Table 5. Distribution of the work-site time into elements in the felling of pine and spruce.

Työnoisa Element	Puulaji – Tree species			
	Mänty – Pine		Kuusi – Spruce	
	Ajanmenekki – Expenditure of time			
	cmin/runko cmin/stem	%	cmin/runko cmin/stem	%
Siirtyminen puulta toiselle <i>Moving from tree to tree</i>	52	39	52	41
Kaato <i>Felling</i>	38	29	36	28
Juurakon irrottaminen maasta <i>Extraction of the rootstock</i>	16	12	16	13
Esipuhdistus ravistamalla <i>Preliminary cleaning by shaking</i>	26	20	23	18
Teho aika yhteensä <i>Effective time, total</i>	132	100	127	100
Keskeytykset (10 % tehoajasta) <i>Interruptions (10 % of the effective time)</i>	13	–	13	–
Työmaa-aika <i>Work-site time</i>	145	–	140	–

vastaavat luvut ovat 41 ja 43 runkoa tunnissa. Käytännössä tässä esitetty runkokohtaisten työmaa-aikojen ero ei ole vielä tilastollisesti merkitsevä. Tuotoserot sen sijaan ovat merkittäviä, koska kantopuun prosentuaalinen osuus runkopuun määrästä on männyllä pienempi kuin kuusella. Työpanos on kahdeksantuntisen työpäivän mukaan laskettuna n. 0.018 . . . 0.027 mies-työpäivää kantokiintokuutiometriä kohti.

45. Kustannukset

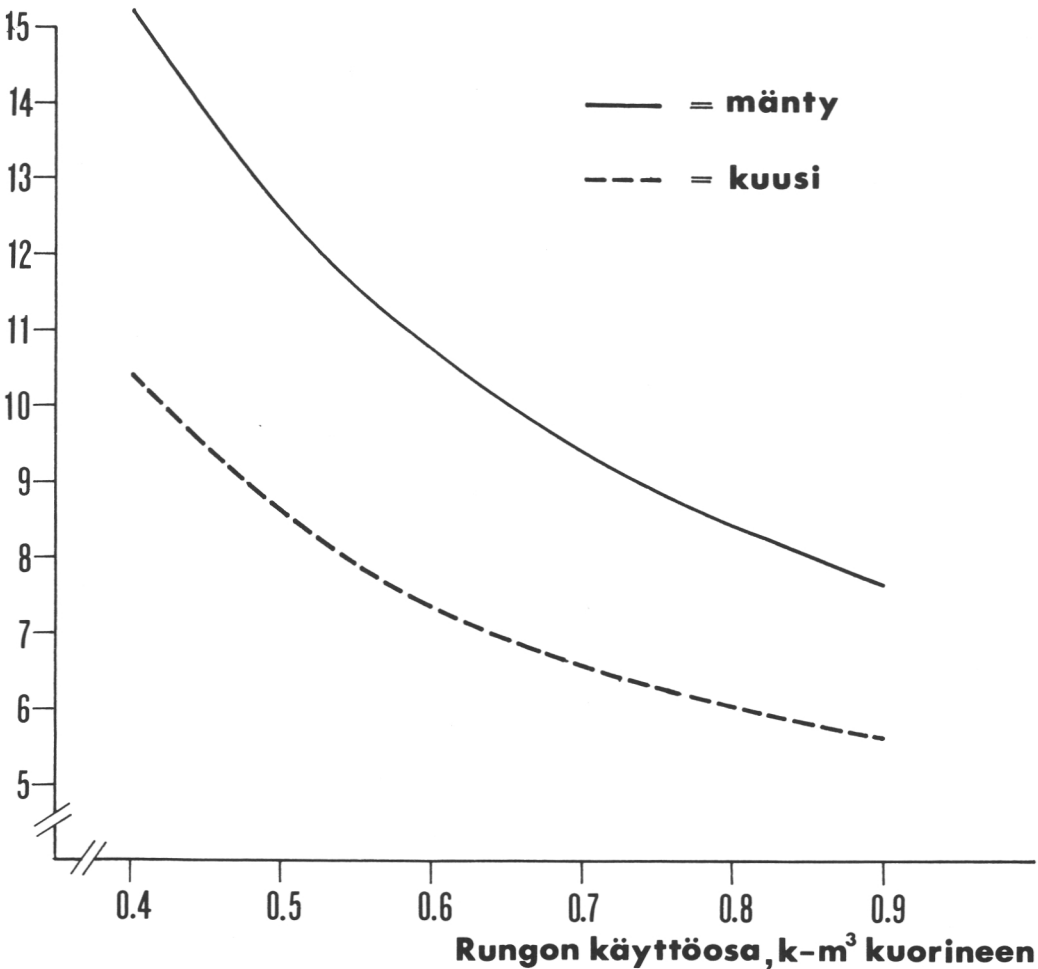
Tutkitun työn kustannukset edellisessä luvussa esitettyjä tuotoslukuja käytettäessä olivat männyllä 9.57 ja kuusella 6.31 mk/kantok-m³,

mikäli koneen tuntihinta on 44 markkaa. Tässä laskelmassa edellytetään, että läpimitaltaan 5 cm suurempi kanto- ja juuripuu korjataan kokonaisuudessaan.

Kuten kuvasta 3 voidaan havaita, ovat kaato- ja puhdistuskustannukset olleet runkosuuruusluokissa 0.4 . . . 0.9 kuusella pienemmät kuin männyllä. Suhteelliset kustannukset muodostuivat seuraaviksi:

	Rungon käyttöosan tilavuus, k-m ³					
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	Suhteellinen kustannus, %					
Mänty	100	100	100	100	100	100
Kuusi	69	68	68	69	71	74

Kaatokustannus mk/kanto k-m³



Kuva 3. Kaato- ja puhdistuskustannusten riippuvuus kaadettavan rungon käyttöosan tilavuudesta.

Fig. 3. Correlation of the felling and cleaning costs with the volume of the usable portion of the stem.

Suhteelliset kustannukset juurakon koon funktiona on puolestaan esitetty alla olevassa asetelmassa.

	Juurakon tilavuus, k-m ³ kuorineen		
	0.10	0.12	0.14
	Suhteellinen kustannus, %		
Mänty	100	100	100
Kuusi	89	90	89

Seuraavassa asetelmassa on vertailtu eräiden kannonnostomenetelmien kustannuksia tässä kokeiltuun menetelmään. Kustannukset on laskettu v. 1970 julkaistujen ennakkotulosten perusteella (AHONEN 1970 b ja c). Koneiden tuntikustannukset on kuitenkin korjattu v. 1971 tasolle. Laskelman perustana on 0.1 k-m³ :n

suuruisen juurakon irroitus maasta tasaisella hiekkakankaalla.

	Mänty	Kuusi
	mk/kantok-m ³	
Puiden kaato juurakkoineen	10.40	9.30
Allis-Chalmers TL-645 + kantokauha	9.00	12.80
RH 4-kaivukone	21.10	13.60

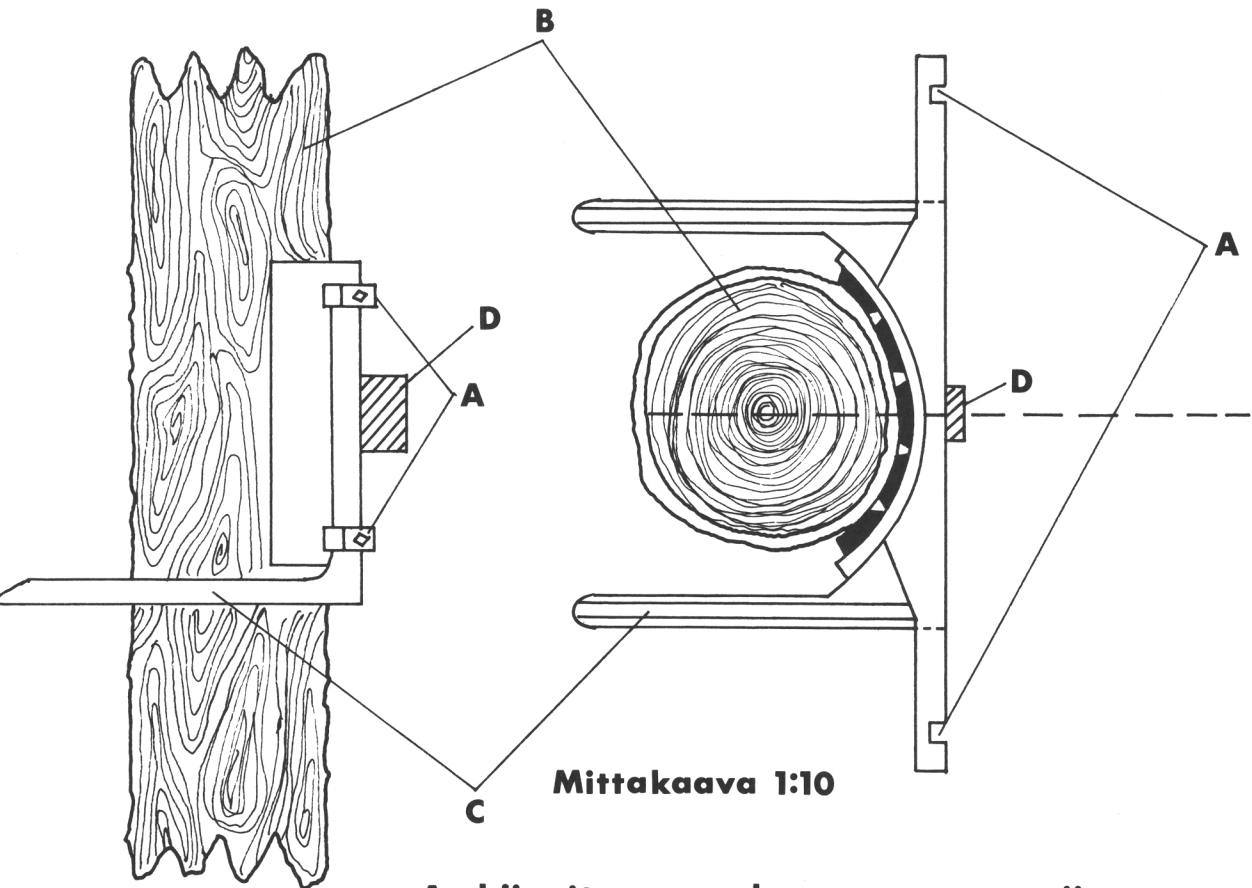
Asetelma osoittaa, että kaivukone on kummallakin puulajilla kallein koneyksikkö. Mänynkantojen maasta irroituksessa on taas ns. kantokauhalla varustettu pyöräkuormaaja edullisin, joskin ero juurakkoineen kaatoon verrattuna on vähäinen. Sen sijaan juurakkoineen kaato on selvästi halvin menetelmä kuusen kantojen nostossa.

5. KAATOMENETELMÄN KEHITTÄMINEN

Kokeillun työmenetelmän tuotosta voidaan lisätä useilla keinoilla. Eniten on kuitenkin kiinnitettävä huomiota niihin työvaiheisiin, joiden osuudet työmaa-ajasta ovat suurimmat. Työn järjestelyllä voidaan vähentää siirtymisiin käytettyä aikaa. Varsinaiseen kaatoon kulunut aika taas pienenee, jos koneeseen suunnitellaan kaatoelin, joka on niin pitkän varren päässä, etteivät pyörät jää kaadettavan puun juurien päälle. Kaatoelimen muotoilulla puolestaan vähennetään huomattavasti tyvitukkien vaurioitumista. Kaadon jälkeen maahan kiinni jääneet juuret voidaan katkaista helpommin, jos juurakkoon tartutaan kauhan sijasta esimerkiksi 2... 3-kyntisellä nostovarrella. Samalla juurako pysyy paremmin kiinni kaatoelimessä puhdistusvaiheen aikana. Laitteeseen voitaisiin vielä lisätä esimerkiksi hydraulimoottorilla toimiva tärstin puhdistuksen tehostamiseksi. Kuvassa 4 on esitetty luonnos pyöräkuormaajaan sopivasta kaatoelimestä.

Laitteiston kehittämissä olisi syytä ottaa myös huomioon sivujuurien katkaisumahdollisuus välittömästi kaadon ja puhdistuksen jälkeen. Tämä on välttämätöntä ainakin silloin, kun käytettävissä ei ole järeätä juontokalustoa, jolla rungot voitaisiin juontaa juurakkoineen välivarastoon. Kyseeseen tulisi hydraulinen leikkuri. Eräissä tapauksissa saattaa olla edullista, että kaadetut puut kasataan kaatokoneella runkojuontotaakoiksi. Tällöin kaatokoneessa tai -laitteessa pitäisi olla elin, jolla tartutaan siirrettävään puuhun. Yksikön lopulliseen rakenteeseen vaikuttavat olennaisesti juurakoiden paloittelu- ja juontomenetelmät. Puut voidaan kaataa hyvin yksinkertaisilla lisälaitteilla, mikäli paloittelu suoritetaan välivarastolla.

Mitä käytettyyn peruskoneeseen tulee edustaa se verrattain raskasta linjaa. Todennäköisesti työssä voitaisiin käyttää vielä 9... 11 tonnin luokkaan kuuluvia koneita, jolloin tuntikustannukset pienenisivät 7... 8 markalla. Jatkotutkimuksilla onkin selvitettävä kaatokoneen optimaalinen paino ja rakenne työn yksikkökustannusten kannalta.



A = kiinnitys peruskoneen nostovarsiin

B = kaadettava puu

C = nostokynnet

D = täristin

Kuva 4. Luonnos pyöräkuormaajaan sopivasta kaatoelimestä.

Fig. 4. Sketch of a felling device that fits the wheel loader.

6. TUTKITTUUN KAATOMENETELMÄÄN PERUSTUVIEN KANTO- JA JUURIPUUN KORJUUKETJUNEN VERTAILU

Kuvassa 5 on esitetty erilaisia korjuuketjuja, jotka perustuvat tässä tutkittuun kaatomenetelmään. Mikäli juurakko irroitetaan rungosta välittömästi kaadon jälkeen, muodostuu kanto- ja juuripuuosan korjuuketju samaksi kuin kannokorjuussa (korjuuketju A 1). Korjuun järjestelyn kannalta päästään kuitenkin edullisempaan tulokseen, jos juurakko ja runkopuu voidaan juontaa samanaikaisesti palstalta väli-rastoon (korjuuketju A 2). Mikäli juonto tapahtuu tyvi edellä tavallisella runkojuontotraktorilla, vähenee taakkaan saatavien runkojen määrä, koska sivujuuret vaativat verrattain paljon tilaa (KOIVULEHTO 1969). Myös juurakoiden aiheuttama painonlisäys vaikuttaa taakassa olevien puiden määrään. Juurakon koosta aiheutuneet haitat vähenevät jonkin verran, jos juonto suoritetaan latva edellä. Vetovastus kuitenkin nousee tavanomaiseen runkojuontoon verrattuna sikäli, kun pyritään samankokoisiin taakkoihin. Käytännössä runkojen määrä taakoissa vähenee sekä tyvi että latva edellä juonettaessa, mikäli käytetään samanpainoisia ja -tehoisia koneita kuin runkojuonnossa. Taakan koko kuitenkin suurenee, jos siirrytään järeämpiin koneisiin. Pyöräkoneen sijasta voidaan runkojuonnossa myös käyttää telapuskutraktoreita, joiden tuntikustannukset kuitenkin ovat suuremmat kuin vastaavan painoluokan runkojuontotraktoreilla.

Mikäli puiden juonto juurakkoineen osoittautuu kannattamattomaksi, voidaan juontoa haittaavat sivujuuret poistaa joko kaatokoneeseen sijoitetulla leikkurilla tai moottorisahalla kaadon jälkeen (korjuuketjut A 3, A 4, A 5 tai B 3, B 4, B 5). Jälkimmäinen menetelmä edellyttää kuitenkin, että käytännöllisesti kat-

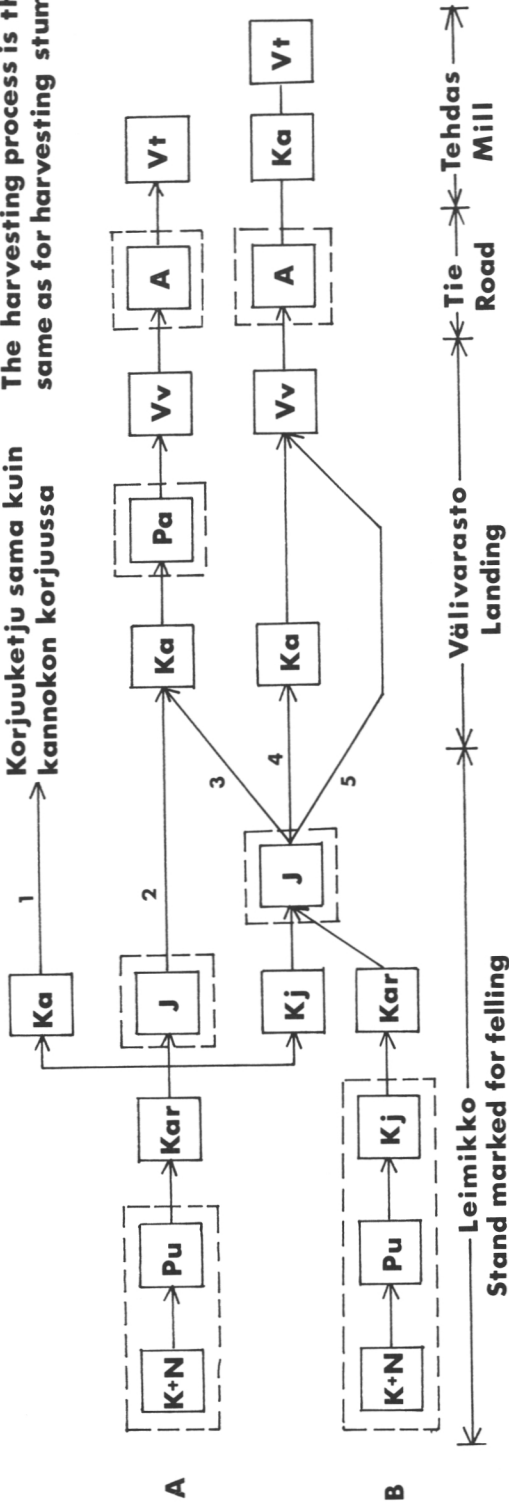
soen kaikki kivet ja hiekka on poistettava ennen sivujuurien katkaisua. Mikäli koneeseen rakennetaan hydraulinen leikkuri, nousevat koneen tuntikustannukset. Eniten korjuukustannuksiin kuitenkin vaikuttaa se, että runkoa kohti saatava kanto- ja juuripuumäärä vähenee, koska juurien osuus tästä on männällä 40...50 % ja kuusella 50...65 % metsäntutkimuslaitoksen suorittamien alustavien tutkimusten mukaan (HAKKILA 1971).

Vaikein vaihe korjuuketjussa on kuitenkin juurakon paloittelu, johon ei vielä esillä olevaa tutkimusta tehtäessä ollut käytettävissä kustannuksiltaan hyväksyttävää ratkaisua. Ongelma on sama myös kannokorjuussa. Ratkaisua haettaessa voidaan ryhtyä tutkimaan kahta linjaa, moottorisahaan tai hydraulisiin leikkureihin perustuvia menetelmiä. Edellisen käyttö kuitenkin edellyttää, että teräketjun kulumiseen liittyvät ongelmat ratkaistaan. Leikkureihin perustuvassa paloittelussa taas tulevat eteen juurakoiden halkaisuun ja katkontaan tarvittavien voimien suuruus sekä niiden vaikutus koneiden ja laitteiden rakenteeseen ja käyttökustannuksiin. Riittävän tarkat koko korjuuketjua koskevat kustannuslaskelmat edellyttävät ainakin edellä mainittujen työvaiheiden, juonnon ja juurakoiden paloittelun, tutkimista.

Lopuksi todettakoon, että tutkittua kaatomenetelmää voidaan soveltaa vain avohakkuu-aloilla, koska kaatokoneella joudutaan kulkemaan jäävän puuston seassa. Toisaalta on otettava huomioon, että menetelmän käyttö voi edistää metsänviljelyä, koska juurakon maasta irroitus ja puiden juonto juurakkoineen saavat aikaan laikkuja ja pintamaan rikkoutumista.

Korjuuketju sama kuin kannokon korjuussa

The harvesting process is the same as for harvesting stumps



Työvaiheet:

- K+N = puun kaato + juurakon nosto
- Pu = juurakon puhdistus
- Kj = sivujuurien katkaisu
- Kar = rungon karsinta
- Ka = rungon katkonta ja/tai juurakon tai kannon irroitus runkopausta
- J = runkojuonto
- Pa = juurakon tai kannon paloittelu
- Vv = välivarastointi
- A = autokuljetus
- Vt = tehdasvarastointi
- = koneyksikkö

Phases of work:

- K+N = felling the tree + extracting the rootstock
- Pu = cleaning the rootstock
- Kj = cutting off the lateral roots
- Kar = limbing the stem
- Ka = crosscutting the stem and/or separating the rootstock or stump from the stem wood
- J = tree-length skidding
- Pa = cutting the rootstock or stump into pieces
- Vv = landing
- A = truck transport
- Vt = mill storage
- = machine unit

Kuva 5. Tutkittuun kaatomenetelmään perustuvia korjuuketjuja.
Fig. 5. Harvesting processes based on the felling method studied.

7. TIIVISTELMÄ

Esillä olevassa tutkimuksessa on tarkasteltu juurakon irrottamista maasta menetelmällä, jossa puu kaadetaan juurakkoineen. Kaatokoneessa käytettiin 11.8 tonnin painoista Allis-Chalmers-pyöräkuormaajaa. Kuvassa 2 on esitetty varsinaisen kaatoajan riippuvuus kaadettavan puun rinnankorkeusläpimitasta. Juurakon puhdistukseen käytetty aika ilmenee taulukosta 4. Työmaa-aika ja sen jakaantuminen eri työosiin selviää taas taulukosta 5. Kantokiinto-

kuutiometriä kohti lasketut kaatokustannukset, jotka mänyllä ovat 8...15 ja kuusella 6...11 mk/kantok-m³ puun käyttöosan tilavuuden vaihdellessa 0.4...0.9 k-m³ äiin, on esitetty kuvassa 3. Luvussa 45 on lisäksi vertailtu erilaisten juurakon maasta irrottamiseen käytettyjen menetelmien kustannuksia. Luvuissa 5 ja 6 tarkastellaan menetelmän kehittämismahdollisuuksia sekä sen niveltymistä korjuuketjuun.

KIRJALLISUUTTA

- AHONEN, MATTI. 1970 a. Laskelmia kantojen koneellisesta korjuusta. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- AHONEN, MATTI. 1970 b. Kantojen nosto pyöräkuormaajaan asennetulla kantokauhalla. Kokeilu. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- AHONEN, MATTI. 1970 c. Kannonnosto RH 4-kaivukoneella. Kokeilu. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- CZEREYSKI, K., GALINSKA, L., ROBEL, H. 1965. Rationalization of stump extraction. FAO/ECE/LOG/158. Geneve.
- HAKKILA, PENTTI. 1969. Alustavia ennakkotuloksia räjäyttämällä nostettujen kantojen pinotiheydestä. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- HAKKILA, PENTTI. 1971. Branches, stumps and roots as a future raw material source in Finland. XV IUFRO Congress, 1971, Working group 6/Section 25, Gainesville, Florida.
- KOIVULEHTO, PENTTI. 1969. Juurakoiden maasta irrottamisesta. Folia Forestalia 73.



Kuva 1. Puun kaato
Fig 1. Felling a tree



Kuva 2. Juurakon puhdistus ravistamalla
Fig. 2. Cleaning the rootstock by shaking

- No 83 Ole Oskarsson: Pluspuiden fenotyyppisessä valinnassa sovellettuja valinnan asteita. Selection degrees used in the phenotypic selection of plus trees. 1,50
- No 84 Kari Keipi ja Otto Kekkonen: Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. 2,—
- No 85 S.—E. Appelroth — Pertti Harstela: Tutkimuksia metsänviljelytyöstä I. Kourukuokka, kenttälapio, taimivakka, taimilaukku sekä istutuskoneet Heger ja LMD-1 istutettaessa kuusta peltoon. Studies on afforestation work I. The use of semi-circular hoe, the field spade, plant basket, plant bag and the Heger and LMD-1 tree planters in planting spruce in fields. 3,—
- No 86 Pertti Veckman: Metsäalan toimihenkilöiden koulutustarve 1970-luvulla. Educational requirements of professional forestry staff in the 1970s. 4,—
- No 87 Michael Jones and David Cope: Economics Research in the Finnish Forest Research Institute, 1969—1974. 4,—
- No 88 Seppo Ervasti, Lauri Heikinheimo, Kullervo Kuusela ja Veikko O. Mäkinen: Forestry and forest industry production alternatives in Finland, 1970—2015. 6,—
- No 89 Risto Sarvas: Establishment and registration of seed orchards. 2,—
- No 90 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1968—70. Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1968—70. 5,—
- No 91 Pertti Harstela ja Teemu Ruoste: Kokonaisten puiden esijuonto kaksirumpuvintturilla käytävä- ja riviharvennuksessa. Laitteiden ja menetelmien kehittäelyä sekä tuotoksokkeita. Preliminary full-tree skidding by two-drum winch in strip and row thinning. 2,50
- No 92 Pentti Hakkila ja Pentti Rikkonen: Kuusitukit puumassan raaka-aineena. Spruce saw logs as raw material of pulp. 1,50
- No 93 Kari Löyttyniemi: Havupunkin ja kuusen neulaspunkin torjunta. Control of mites *Oligonychus ununguis* and *Nalepella haarlovi* var. *piceae-abietis*. 2,50
- No 94 Paavo Tiuhonen: Puutavaralajitaulukot 5. Koivun uudet paperipuutaulukot. Sortentafeln 5. Neue Papierholztafeln für Birke. 2,50
- No 95 Jorma Rajala: Nykymetsiköiden kasvuprosentti Suomen eteläpuoliskossa vuosina 1964—68. 2,50
- No 96 Metsätilastollinen vuosikirja 1969. Yearbook of forest statistics 1969. 8,—
- No 97 Juhani Numminen: Short-term forecasting of the total drain from Finland's forests. Suomen metsien kokonaispoistuman lyhytjaksoinen ennustaminen. 1,50
- No 98 Juhani Nousiainen, Jukka Sorsa ja Paavo Tiuhonen: Mänty- ja kuusitukkipuiden kuutiomismenetelmä. Eine Methode zur Massenermittlung von Kiefern- und Fichtenblochholz. 4,—
- 1971 No 99 Yrjö Vuokila: Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd i Finland. Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. 2,—
- No 100 Esko Leinonen ja Kalevi Pullinen: Tilavuuspaino-otanta kuitupuun mittaauksessa. Green density sampling in pulpwood scaling. 2,—
- No 101 IUFRO, Section 31, Working Group 4: Forecasting in forestry and timber economy. 5,—
- No 102 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1969/70. Stumpage prices in private forests during cutting season 1969/70. 1,—
- No 103 Matti Ahonen: Tutkimuksia kanto- ja juuripuun korjuusta I. Kokeilu puiden kaatamisesta juurakkoineen. Studies on the harvesting of stumps and roots in Finland I. Experiment with the felling of trees with their rootstock. 2,—

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121
Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

