

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian tutkimusosasto

4/1970

Puiden kaataminen juurineen

Kokeilu

Matti Ahonen

Helsinki 1970

Sisällysluettelo

1. Johdanto
 2. Kokeilun tarkoitus
 3. Aineiston määrä ja laatu
 4. Tutkimustulokset
 41. Kaato
 42. Juurakon puhdistus
 43. Muut työnosat
 44. Tuotos
 45. Kustannukset
 5. Teknillisiä näkökohtia
 6. Korjuumenetelmän käyttömahdollisuudet
 7. Yhteenveto
- Kirjallisuutta
- Liitteet

1. JOHDANTO

Eräs mahdollisuus korjata kantopuuta on kaataa pystypuut juurineen. Tällä saavutetaan huomattavia etuja pelkkään kantojen nostoon verrattuna, koska puun kaato ja kannon nosto voidaan yhdistää. Kaatotyössä tarvittava voima on myös paljon pienempi kuin nostossa. Tämä johtuu siitä, että puita juurineen kaadettaessa voima vaikuttaa runkoon useamman metrin päässä maanpinnasta. Runkoa käytetään siis vipuna, jolloin vääntömomentti muodostuu kannon nostoa ajatellen erittäin 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 mänylle ja koivulle (C z e r e y s k i, G a l i n s k a, R o b e l 1965), silloin kun ne vaikuttavat puuhun 3 metrin korkeudella maan pinnasta. Tutkimustulokset on kerätty hiekkamaalla kasvaneita puita kaadettaessa.

Taulukko 1. Vääntövoimat kaadettaessa puut juurineen.

D _{1.3} cm	Kaatoon vaadittava voima kg	
	Mänty	Koivu
25	2500	2500
26...30	3500	3500
31...40	5250	5500
41...50	6500	-

Taulukossa esitetyt voimat ovat korkeintaan 10 % pelkkien kantojen nosttoon tarvittavista voimista, jotka edellä mainitun lähteen mukaan ovat 70 000...80 000 kg kantojen läpimitasta ja maan laadusta riippuen. Kaadettaessa puu juurineen jää osa juu-

rista kiinni maahan, jolloin ne on irroitettava erikseen. Tähän työhön tarvittavat voimat vaihtelevat 1000...3500 kg välillä.

Pystypuita voidaan kaataa juurineen esimerkiksi vintturilla tai puskutraktorilla. Kokeiluissa on todettu, että puun veto tai työntö nurin on nopea työvaihe. K o i v u l e h d o n (1969) mukaan kesti Enso-Gutzeit Osakeyhtiön työmailla suoritetuissa kokeissa puun kaato juurineen vintturilla 30 cmin ja raivaustraktorilla 24...31 cmin puun koosta riippuen. Vintturia käytettäessä ovat minimitekijöinä yleensä olleet vaijerin kiinnitys ja irroitus. Nämä haitat vältetään puskutraktoreita käytettäessä. Ihmisvoimin suoritettavan työn kallistuessa paranevatkin tällaisen kaatokoneen käyttömahdollisuudet. Menetelmää voidaan kuitenkin soveltaa vain suurehkoissa päätehakkuuleimikoissa.

2. KOKEILUN TARKOITUS

Tämän kokeilun tarkoituksena oli selvittää juurineen tapahtuvaan pystypuiden kaatoon ja täristämällä suoritettavaan puhdistukseen kuluva aika sekä sen jakaantuminen eri työnosiin, kun kaatolaitteena käytetään runko-ohjattua pyöräkuormaajaa. Aikatutkimuksen perusteella laskettiin eri puulajien kaato- ja puhdistustyön tuotoksille odotusarvot. Tämän lisäksi määriteltiin kaatotyössä tarvittavalle koneelle asetettavat teknilliset vaatimukset, sekä tarkasteltiin tutkitun korjuumenetelmän käyttömahdollisuuksia.

Tutkittu kaatomenetelmä käsitti seuraavat työvaiheet:

- Koneen siirtyminen kaadettavan puun luokse
- Kaatolaitteen sijoittaminen runkoa vasten
- Puun työntö nurin
- Kaatolaitteen sijoittaminen juurakon alle
- Rungon ja juurakon nosto ja täristäminen
- Rungon ja juurakon pudottaminen maahan

3. AINEISTON MÄÄRÄ JA LAATU

Kokeilu suoritettiin 14.5.1970 metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueella. Tutkimusleimikko sijaitsi vähäkivisellä hiekkakankaalla. Kaikkiaan kaadettiin 80 puuta, joista mäntyjä oli 35, kuusia 37 ja koivuja 8. Puustoa koskevat tiedot on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tutkimusleimikon puusto

Puulaji	D _{1.3} , cm		Rungon tilavuus k-m ³	Kanto läpimitta, cm	
	\bar{x}	$s_{\bar{x}}$		\bar{x}	$s_{\bar{x}}$
Mänty	28.5	± 5.9	0.671	38.1	± 8.0
Kuusi	26.7	± 4.0	0.592	36.8	± 5.5
Koivu	28.9	± 4.5	0.650	39.0	± 5.3

Kantopuun määrä arvioitiin H a k k i l a n (1969) suorittamien alustavien tutkimusten perusteella. Koska käytettävissä oli ainoastaan mäntyä koskevia tutkimustuloksia, lähdettiin laskelmissa siitä olettamuksesta, että kantopuun määrä kantoläpimitan funktiona on puulajista riippumaton. Kantopuumäärissä on siis virheitä, joiden suuruutta ei voida kontrolloida. Näillä perusteilla saataisiin kaadetusta männyistä 3906 kg, kuusista 3903 kg ja koivuista 921 kg tuoretta kantopuuta. Mikäli kantopuun paino tuoreena on n. 850 kg/k-m³ (H a k k i l a 1969), saatiin kokeiluleimikosta 4.6 k-m³ männyn, 4.6 k-m³ kuusen ja 1.1 k-m³ koivun kantopuuta. Kantopuun osuus rungon kuorellisesta tilavuudesta oli tässä tapauksessa männyllä 19 % sekä kuusella ja koivulla 21 %. Puuston tiheys kaadetulla alueella oli 400 runkoa hehtaarilla.

Kaatokoneena käytettiin 11.8 tonnin painoista Allis-Chalmers 10 TL 645 pyöräkuormaajaa, jonka teho on 165 hevosvoimaa. Kone on runko-ohjattu ja varustettu normaalilla soran kuormaukseen sopivalla kauhalla. Koneen tuntihinta oli 35 mk markkaa.

4. TUTKIMUSTULOKSET

41. Kaato

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

Taulukko 3. Kaatoaika.

Puulaji	D _{1.3} cm	Kaatoaika		
		\bar{x}	$\frac{s}{\bar{x}}$	
		cmin/runko		%
Mänty	28.5	36.5	± 23.1	± 63
Kuusi	26.7	28.1	± 21.2	± 76
Koivu	28.9	30.8	± 12.5	± 41

Kaatoajan ja rinnankorkeusläpimitan välistä riippuvuutta kuvaavat yhtälöt laskettiin Time-Sharing pääteasemalla. Ne muodostuivat seuraaviksi:

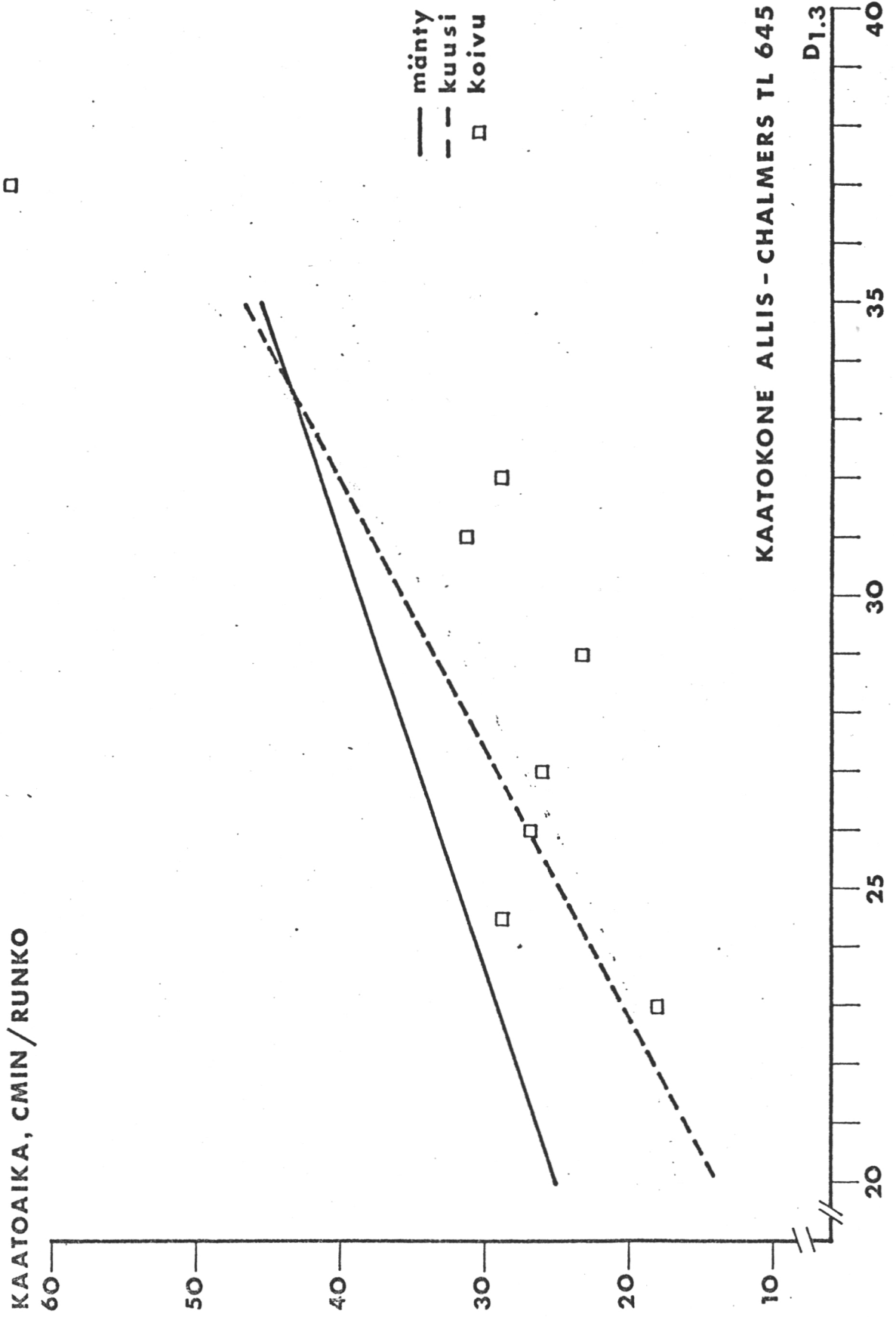
	Yhtälö	R	F
(1)	$y_1 = 1.4 \cdot x - 3.2$ cmin/runko	0.36	4.7 ^{**}
(2)	$y_2 = 2.2 \cdot x - 30.2$ cmin/runko	0.41	6.4 ^{**}

y_1 = männyn kaatoaika

y_2 = kuusen kaatoaika

x = $d_{1.3}$, cm

Piirros 1. Kaatoajan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta.



Piirroksessa 1 on esitetty kaatoajan riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta yhtälöillä 1 ja 2 laskettuina. Lisäksi siitä ilmenee koivujen kaatoon kulunut aika. Kuten piirroksesta voidaan todeta, on 20...30 cm läpimittaisten mäntyjen kaatoaika ollut 4...10 cmin pitempi kuin saman kokoisten kuusten. Sen sijaan tätä suurempia puita kaadettaessa on kuusen kaatoaika ollut suurempi kuin männyn. Tämä johtui siitä, että järeiden kuusten juuristot ulottuvat laajalle alueelle ja jäivät puita kaadettaessa koneen etupyörien ja akselin alle. Tällöin jouduttiin koneen puoleiset juuret murtamaan väkisin poikki, minkä vuoksi joitakin runkoja katkesi tai pirstoutui tyvestä. Katkeaminen pystyttiin välttämään, kun kaatavan voiman vaikutuspistettä laskettiin alemmaksi. Voiman vaikutuspiste oli männyllä 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 kuntasta 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 noin puolet juurakoissa olleesta hiekasta poistetuksi. Männyn ja koivun kannot puhdistuivat parhaiten. Sen sijaan kuusen kannoissa ollutta kunttaa ei saatu kokonaan irroitetuksi. Ravisteluun ja pudottamiseen käytetty aika on esitetty taulukossa 4. Siihen sisältyy myös rungon nostaminen maasta.

Taulukko 4. Juurakon puhdistusaika.

Puulaji	Puhdistusaika		
	\bar{x}	$s_{\bar{x}}$	
		cmin/runko	%
Mänty	26.4	± 8.4	± 32
Kuusi	22.5	± 7.6	± 34
Koivu	21.4	± 7.3	± 34

Puhdistus ei kuitenkaan ollut läheskään riittävä, mikäli moottorisahaa käytetään juurien katkomiseen. Tämä johtui siitä, että koneen kauhalla ei sen rakenteen vuoksi saatu aikaan tarpeeksi voimakasta ja nopeajaksoista tärinää. Hiekan kosteus vähentää myös puhdistuksen tehokkuutta. Mikäli puita kaadetaan maan vielä ollessa jäässä, ei tässä kuvattu puhdistusmenetelmä ole käyttökelpoinen. Puhdistusmenetelmä nyt kokeilussa muodossa jääkin lähinnä esipuhdistuksen tasolle.

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 siirtämään 3...4 m taaksepäin. Samalla kauha laskettiin alas, jotta juurakko voitaisiin irroittaa maasta ja nostaa ylös ravisteltavaksi. Tähän työvaiheeseen, jota nimitetään juurakon maasta irroittamiseksi, kului koneelta aikaa keskimäärin 16 cmin/runko.

Tutkimuksen lyhytaikaisuuden vuoksi ei varsinaisia keskeytyksiä sattunut.

44. Tuotos

Tutkitun työmenetelmän tuotoksen odotusarvo laskettiin edellisissä luvuissa esitettyjen työvaiheiden ajanmenekkien suummasta. Vertailtaessa tuloksia eri puulajien kesken, ovat lähtökohtina ollut rinnankorkeuslähimitaltaan 30 cm suuruisten puiden (käyttöosan tilavuus 0.70 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- ja puhdistusaika ja sen jakaantuminen eri työnoisiin on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Työmaa-ajan jakaantuminen työnoisiin männyn ja kuusen kaadossa.

Työnosa	Puulaji			
	Mänty		Kuusi	
	Ajanmenekki			
	cmin/runko	%	cmin/runko	%
Siirtyminen puulta toiselle	52	39	52	41
Kaato	39	29	36	28
Juurakon irroittaminen maasta	16	12	16	13
Esipuhdistus ravistamalla	26	20	23	18
Teho aika yhteensä	133	100	127	100
Keskeytykset 10 % tehoajasta	13	-	13	-
Työmaa-aika	146	-	140	-

Työn tuotokseksi saadaan näin ollen mäntyjen kaadossa 41 ja kuusen kaadossa 47 puuta tunnissa. Kantokiintokuutiometriä kohti laskettuina vastaavat tuotosluvut ovat 5.5 ja 6.3 k-m³tunnissa.

Käytännössä tässä esitetty runkokohtaisten työmaa-aikojen ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Tuotoserot sen sijaan ovat merkitseviä, koska kantopuun prosentuaalinen osuus runkopuun määrästä on männyllä erilainen kuin kuusella. Työpanos kahdeksantuntisena työpäivänä olisi 0.020...0.023 miestyöpäivää kantokiintokuutiometriä kohti.

45. Kustannukset

Tutkitun työn kustannukset edellisessä luvussa esitettyjä tuotoslukuja käytettäessä olivat männyllä 6:40 ja kuusella 5:63 mk/kanto k-m³, mikäli koneen tuntihinta on 35 markkaa. Tässä laskelmassa edellytetään, että läpimitaltaan 5 cm suurempi kanto- ja juuripuu korjataan kokonaisuudessaan. Jos varsinainen kanto-osa voidaan kuljettaa tyvitukin mukana, joudutaan juuret jättämään metsään. Tällöin kaato- ja puhdistustyön kustannukset nousevat. Kustannuksista voidaan vähentää kuitenkin runkopuun kaatokustannukset, jotka ovat v. 1969 voimassa olleen työvaihetaksan mukaan 0.51 mk/runkopuu k-m³. (ilman siirtymistä, sosiaalikulannukset mukana). Keskimäärin 0.70 k-m³:n suuruisen rungon kaato maksaisi siis 0.36 mk. Kun kannonnosto ja esipuhdistus maksavat kummallakin puulajilla n. 0.85 mk/runko, ovat todelliset työn kustannukset n. 0.50 mk/runko eli männyllä 7.50 ja kuusella 6.40 mk/kantok-m³, mikäli varsinaisen kannon osuus koko kanto- ja juuripuumäärästä on 50 %.

5. TEKNILLISIÄ NÄKÖKOHTIA

Kokeiltua koneratkaisua käytettäessä voidaan tuotosta lisätä seuraavilla parannuksilla:

- Kaatoelin on muotoiltava sellaiseksi, että runkopuuhun ei tule vaurioita.
- Kaatoelin on voitava nostaa ainakin 3 metrin korkeudelle ja se pitää sijoittaa n. 1 m pitempien nostovarsien päähän, koska kone joutuu muuten juurakon päälle.
- Ravistelun yhteydessä suoritettavaan juurakon maasta irroittamiseen ja nostoon riittää yksinkertainen 2...3 -haarainen nostovarsi, joka voidaan työntää juurakon alle.
- Juurakon puhdistaminen tehostuu, jos sitä voidaan täristää kokeiltua voimakkaammin. Kaatoelimeen voitaisiin rakentaa esim. hydraulimoottorilla toimiva täristin.

6. KORJUUMENETELMÄN KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Kokeillun kanto- ja juuripuun korjuumenetelmän käyttö rajoittuu lähinnä suurehkoille avohakkuutyömaille. Pohjois-Suomessa sen käyttömahdollisuuksia vähentää korjattavien runkojen verraten pieni koko, minkä vuoksi myös hehtaarilta saatava kantopuun määrä on pienempi kuin Etelä-Suomessa. Tälläkin alueella kantopuuta voidaan korjata 50...100 km säteellä sulfaattiselluloosatehtaista.

Mikäli kanto- ja juuripuu joudutaan kuljetta-

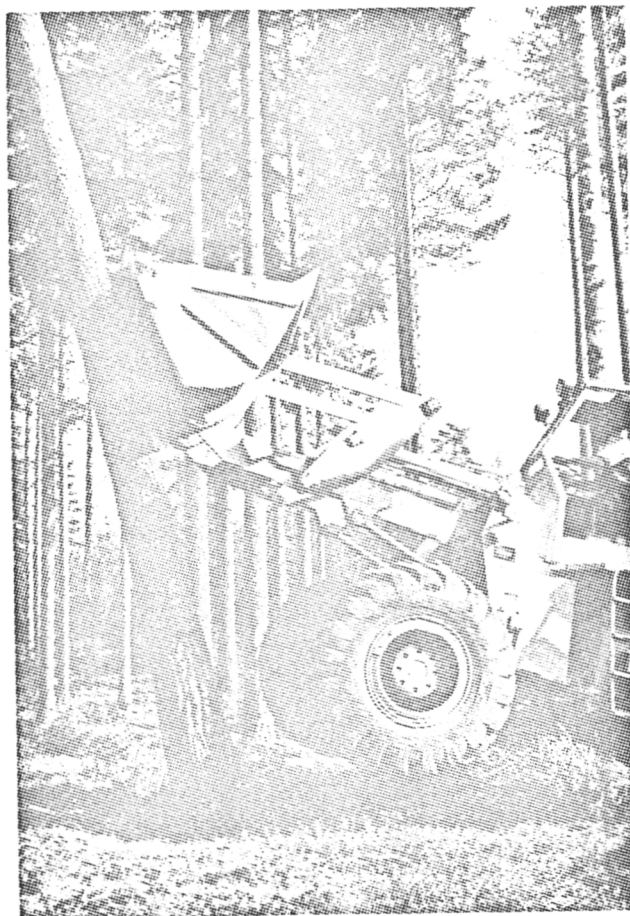
maan eri paikkaan kuin tukit on kanto- ja juuripuuosa irroitettava runkokuusta joko palstalla tai välivarastolla. Ainakin tämä työvaihe on suoritettava moottorisahalla, koska tukkipuun katkaisuun soveltuvia hydraulisia leikkureita ei vielä ole käytettävissä. Myös runkojuonto saattaa vaikeutua, koska leveä juurakko lisää vetovastusta ja todennäköisesti vähentää taakan kokoa. Toisaalta kantopalojen kuljetus kantavallakin koneella on kallista alhaisen pinoitiheyden vuoksi. Mikäli runkojuonto osoittautuu mahdottomaksi, on juuret poistettava ennen juontoa, mikä puolestaan vähentää hehtaarilta saatavaa kantopuumäärää ja nostaa kaatokustannuksia. Tämän vuoksi olisikin seuraavassa vaiheessa kokeiltava juurineen kaadettujen puiden runkojuontoa. Tämä saattaisi ratkaista osan puhdistukseen liittyvistä ongelmista.

7. YHTEENVETO

Kokeilu osoitti, että kantopuun nosto maasta kaatamalla puu juurineen, on verraten yksinkertaista ja nopeaa. Korjuuketjun vaikeimmat työvaiheet ovatkin kantojen puhdistus, pilkkominen ja lähikuljetus. Kantoja voidaan tyydyttävästi pilkkoa moottorisahalla, mikäli hiekka saadaan poistetuksi. Tässä kokeiltu puhdistusmenetelmä, juurakon täristäminen kaatoelimellä, osoittautui puutteellisen laitteiston vuoksi heikkotehoiseksi. Hyvällä työn järjestelyllä voidaan hiekkamaalla päästä kaadossa 55...60 rungon tuntituotoksiin. Tämä edellyttää kuitenkin varta vasten kyseiseen työhön suunniteltua konetta. Korjuuketjun käyttömahdollisuudet rajoittunevat lähinnä konekannan vuoksi Etelä- ja Keski-Suomen suurehkoille avohakkuille.

KIRJALLISUUTTA

- A h o n e n, M a t t i. 1970. Laskelmia kantojen koneellisesta korjuusta. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- H a k k i l a, P e n t t i. 1969. Alustavia ennakkotuloksia räjäyttämällä nostettujen kantojen pinotiheydestä. Metsäntutkimuslaitos. Moniste.
- K o i v u l e h t o, P e n t t i. 1969. Juurakoiden maasta irrottamisesta. Folia Forestalia 73.
- C z e r e y s k i, K. , G a l i n s k a, I., R o b e l, H. 1965. Rationalization of stump extraction. FAO/ECE/LOG/158.



Kuva 1. Puun kaato



Kuva 2. Juurakon puhdistus ravistamalla



Kuva 3. Juurineen kaadettuja mäntyjä



Kuva 4. Juurineen kaadettu kuusi