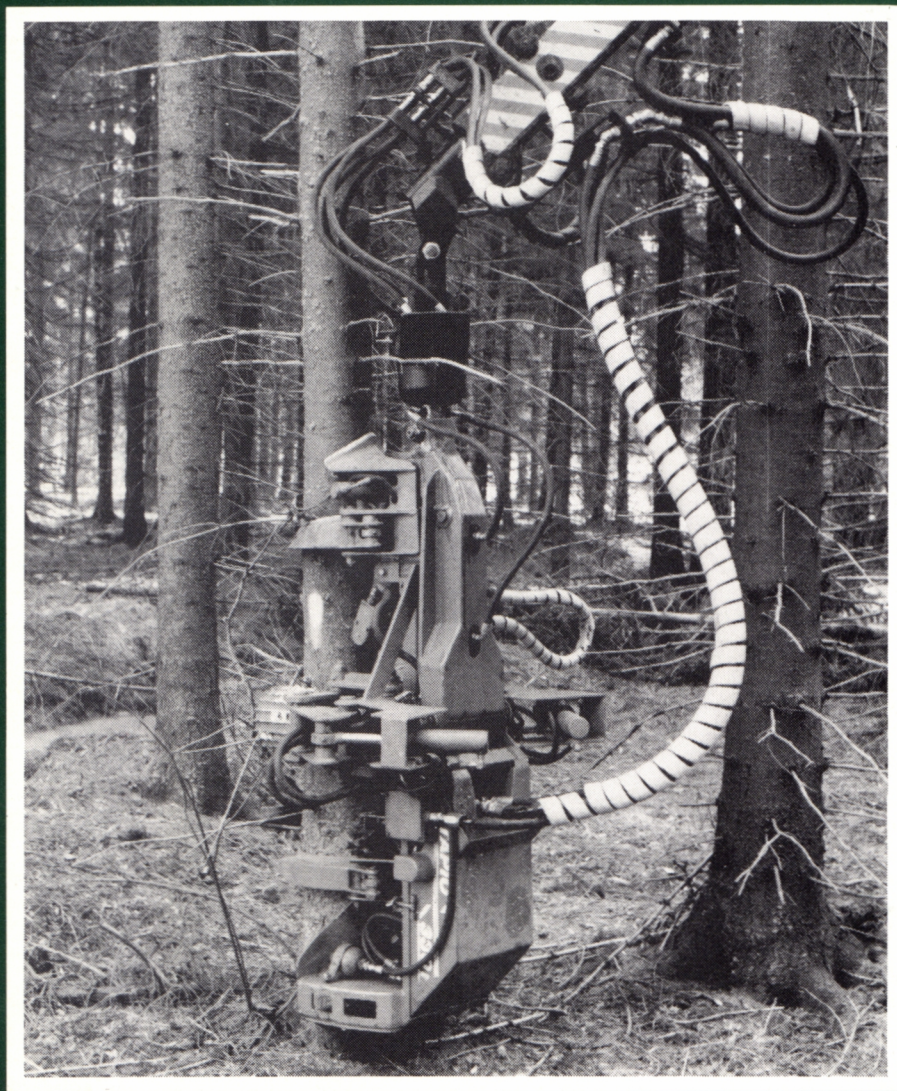


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 380



METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
METSÄTYÖTIETEEN TUTKIMUSSUUNTA



HANNU KALAJA

TAPIO 250 JA 330R -HAKKUUKONEET

HELSINKI 1991

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 380

Metsäteknologian tutkimusosasto
Metsätyötieteen tutkimussuunta 1991

Hannu Kalaja

TAPIO 250 JA 330 R -HAKKUUKONEET

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
2. TAPIO-HAKKUUKONEET	4
3. TUTKITUT KONEET	6
4. TUTKIMUSAINEISTO	8
5. TULOKSET	10
51. Tapio 250 -yksioteharvesteri	
LKT 81 -peruskoneessa	10
52. Tapio 330 R -yksioteharvesteri	
Somet 7700 -peruskoneessa	12
6. TULOSTEN TARKASTELU	19
KIRJALLISUUS	20

ISBN 951-40-1151-1

ISSN 0358-4283

Valtion painatuskeskus
Kampin VALTIMO
Helsinki 1991

1. JOHDANTO

Puun kaato, karsiminen ja katkominen puutavaralajeiksi hakkuukonetta käyttäen on lisääntynyt viime vuosina voimakkaasti. Ruotsissa koneiden osuus on lähes 80 prosenttia hakkuusta. Suomi seuraa naapurin esimerkkiä aikaisempia ennusteita nopeammin. Nykyisellä vauhdilla konehakkuiden osuus saattaa kasvaa viidessä vuodessa jo 70 prosenttiin (Kahala 1990). Myös maatalustraktorisovitteiset hakkuulaitteet ovat lisääntyneet nopeasti. Viime vuosikymmenen aikana hakkuukoneitten määrä yli kymmenkertaistui. Ensiharvennukseenkin on jo olemassa käypiä keveitä yksioteharvestereita.

Ensimmäiset useampaa kuin yhtä työvaihetta tekevät hakkuukoneet (monitoimikoneet) ilmestyivät suomalaiseen metsään 1960-luvun lopulla. Konetyyppi oli prosessori, joka pystyi karsimaan ja katkomaan palstalle kaadettuja tai varastolle juonnettuja puita (Elovainio 1988). Puun kaatoonkin pystyvät hakkuukoneet eli harvesterit tulivat käyttöön 1970-luvulla, mutta niiden yleistyminen on vasta viime vuosien kehitysilmio. Yksioteharvesterit ovat viime vuosina vallanneet markkinat lähes kokonaan.

Rakennusmestari Tapio Saarenketo ryhtyi jo 1970-luvun alussa kehittämään maatalous- tai metsätraktorin kuormaimen kouran paikalle asennettavaa yksioteharvesteria. Ensimmäisten prototyyppikoneiden kehittelyssä oli mukana myös Metsäntutkimuslaitos (Eeronheimo 1982). Prototyypistä kehittyi Tapio-yksioteharvesteri, jota nykyisin valmistaa ja markkinoi Soinin Metallit Soinista. Vuoden 1989 aikana valmistui 121 Tapio-yksioteharvesteria, joista 70 % meni vientiin.

Käsillä oleva tutkimus on jatkoa Olli Eeronheimon vuonna 1982 tekemiin tutkimuksiin Tapio-harvestereista. Tässä yhteydessä selvitetään sykesyöttöistä Tapio 250 -yksioteharvesteria ja syke- ja rullasyöttöistä Tapio 330 R -yksioteharvesteria.

Tutkimuksen suorittamista ovat edesauttaneet Soinin Metallin puolesta tekninen johtaja Esa Ahopelto, markkinointijohtaja Ossi Rissanen sekä tuotepäällikkö Kalevi Järvenpää. Kokeissa kuljettajina ovat toimineet hakkuukonetyöskentelyyn tottuneet Esa Perälä ja Pekka Salmenkangas. Aineiston keruuseen ovat osallistuneet metsätalousteknikot Tapio Nevalainen ja Erkki Salo sekä tutkimusvirkailija Veijo Salo. Tietojenkäsittelyn suoritti suunnittelija Hannu Aaltio. Konekirjoitustyön teki toimistos sihteeri Maija Tuuri. Painatukseen liittyvän työn hoiti tutkimussihteeri Pirkko Kinanen. Käsikirjoituksen tarkasti professori Pentti Hakkila.

Parhaat kiitokset kaikille mukana olleille.

2. TAPIO-HAKKUUKONEET

Tapio-yksioteharvesteri on kuormaimen kouran paikalle asennettava kevyt monitoimilaite, joka kaataa, karsii, katkoo ja kasaa puut. Laitteen peruskoneeksi soveltuu joko metsä- tai maataloustraktori. Laitetta on käytetty myös lyhennetyn metsätraktorin tai telamaasturin rungolle asennettuna. Ruotsissa ja Norjassa laitetta on käytetty pienissä telamaastureissa.

Tapio-yksioteharvesteri on markkinoittemme ainoa sykesyöttöinen monitoimilaite: karsintaterät siis etenevät puun rungolla jaksoittain. Laitteessa on yksi kiinteä ja kaksi liikkuvaa teräparia. Takimmainen teräpari puristuu puun ympärille, etummainen avautuu aavistuksen verran ja hydraulisylinteri työntää samalla teriä eteenpäin. Oksat karsiutuvat terien tieltä. Sen jälkeen etummainen teräpari puristuu täysin kiinni, takimmainen avautuu vuorostaan hiukan ja sama sylinteri vetää takaterät uuteen tartuntakohtaan. Vuorottelua jatkuu, kunnes koko runko on karsittu ja katkottu.

Työntävällä sylinterillä on voimaa pakottaa leikkaavat terät paksujenkin oksien läpi. Rulla- tai ketjusyöttöön verrattuna sykesyöttö on kuitenkin hidas. Siitä syystä Tapio-yksioteharvesterin eräisiin malleihin voi yhdistää sykesyötön rinnalle lisäksi rullasyötön, jota käyttäen pystytään vetämään vähä- ja hento-oksaisia puita karsintaterien läpi sykesyöttöön verrattuna kaksinkertaisella nopeudella. Rullavetoisten laitteiden tyyppimerkintä on R.

Pienin malli Tapio 250 on yksinomaan sykesyöttöinen ja tarkoitettu pääosin harvennushakkuisiin kuitupuulle ja pienille tukeille, joiden läpimitta on enintään 35 cm. Peruskoneena voidaan käyttää maataloustraktoria tai kevyttä metsätraktoria. Avohakkuuseen ja harvennukseen sopii sykesyöttöinen Tapio 400-yksioteharvesteri. Se asennetaan tavallisesti metsätraktoriin, jossa on vähintään 5 kNm:n kuormain. Käsiteltävän puun suurin läpimitta on noin 60 cm. Näissä malleissa karsinnan iskun pituus on yksi metri, jolloin rungon katkaisukohta on helposti määritettävissä täysille metreille. Laitteeseen voidaan asentaa myös mittalaite, jossa on 12 pituuden esivalintaa ja toiminnot neljälle eri puulajille eli yhteensä 48 valintaa.

Tapio 330 R-, 550 R- ja 600 R -yksioteharvesterit poikkeavat edellisistä siten, että niissä on sekä sykesyöttö että rullaveto. Rullilla terien läpi vetäen karsinta tapahtuu sykesyöttöön verrattuna suuremmalla nopeudella, jolloin työn tuottavuus nousee. Oksien koon kasvaessa suoritetaan karsinta sykesyötöisesti. Tapio-yksioteharvesterin irrottaminen ja kiinnitys nosturiin käy helposti. Yksioteharvesteri vaatii ainoastaan paine- ja paluulinjojen letkut sekä sähkökaapelin.

Tapio 330 R soveltuu harvennuksiin ja pienpuustoisten metsiköiden avohakkuisiin. Puun halkaisija voi olla enintään 400 mm. Tapio 550 R soveltuu avohakkuuseen. Käsiteltävän puun halkai-

sija saa olla 600 mm. Tapio 600 R on tarkoitettu järeäpuustoi-
siin päätehakkuumetsiköihin; puun läpimitta saa olla 650 mm.
Valmistajan ilmoittamat tekniset tiedot ovat seuraavat:

	Laitetyyppi				
	250	400	330 R	550 R	600 R
Pituus, mm	1760	1760	1700	1700	1700
Leveys, mm	560	760	940	1100	1100
Korkeus, mm	650	650	900	1200	1200
Massa ilman roottoria, kg	260	400	480	680	740
Tehon tarve, kW	30	40	50	75	80
Kuormainvaatimus, kNm	30	50	50	80	90
Sähköjärjestelmä, V	12/24	12/24	12/24	12/24	12/24

3. TUTKITUT KONEET

Tutkimus kohdistui kahteen harvesterityyppiin: Tapio 250 ja Tapio 330 R (kuvat 1 ja 2). Niitten syöttölaitteen tekniset tiedot ovat seuraavat:

	Tapio 250	Tapio 330 R
Syöttölaite	1 m:n sykesyöttö	syke/rullat
Sykkeen voima kN	22	22
Sykkeen nopeus m/s	1	1
Rullien vetovoima kN	-	11
Rullien nopeus m/s	-	3,2
Karsintalaite	1 kiinteä ja 2	1 kiinteä ja 2
	liikkuvaa terää	liikkuvaa terää
Karsintaläpimitta, mm	350	400

Puiden katkaisu tapahtuu hydraulikäyttöisellä ketjusahalla, jonka moottorin teho on Tapio 250:llä 13 kW ja 330 R:llä 22 kW. Laipan pituus on vastaavasti 13" ja 16". Ketjunopeus on kaikilla tyypeillä 42 m/s. Puun suurin katkaisuläpimitta kertasa-hauksella on sykesyöttöisillä 330 mm ja yhdistelmälaitteilla 400 mm. Mittaus ja kuutiointilaitte on EP-Elektroniikka Oy:n valmistama. Esivalintoja on kaikissa malleissa 12 kpl neljälle eri puulajille eli yhteensä 48 kpl.



Kuva 1. Tapio 250 -yksioteharvesteri, peruskoneena LKT 81 -traktori.



Kuva 2. Tapio 330 R -yksioteharvesteri.

4. TUTKIMUSAINEISTO

Tapio 250 -hakkuulaitetta tutkittiin myöhäisessä harvennuksessa ja päätehakuussa Soinissa. Leimikot olivat kuusivaltaisia. Peruskoneena oli tsekkoslovakialainen LKT 81 -traktori. Nosturina oli Patruuna 400, jonka ulottuvuus on 5,7 m.

Aikatutkimuksella selvitettiin rungon koon vaikutusta työskentelyyn ja tuotokseen. Samalla selvitettiin myös eri työvaiheiden osuus ajankäytöstä. Lisäksi huomioitiin runkovauriot.

Leimikot olivat käytännön työmaita. Ensiharvennusleimikossa lämpötila oli hieman pakkasen puolella 0 - -11°C ja väljennysleimikossa lämpötila oli hieman lämpimän puolella. Avohakkuussa pakkasta oli -22°C. Taulukossa 1 on esitetty tietoja tutkimusleimikoista.

Tapio 330 R -yksioteharvesteria tutkittiin kolmessa leimikossa. Soinissa oli männyn ensiharvennuskohte ja päätehakkuuleimikko, missä jätettiin männyn siemenpuita. Vilppulassa oli kuusen väljennysleimikko. Peruskoneena oli Soinin Metallin rakentama Somet 7700 ja koneen nosturina ulottuvuudeltaan 7,2 m:n Granab

Taulukko 1. Tutkimustyömaiden leimikkotiedot.

	Tapio 250		Tapio 330 R		
	Har- vennus	Avo- hakkuu	Ensi- har- vennus	Väl- jennys	Siemen- puu- hakkuu
Pinta-ala, ha	0,43	0,63	0,83	1,16	0,75
Runkoluku, kpl/ha	1123	473	1984	637	572
Poistuma, runkoa/ha	395	473	968	258	512
m ³ /ha	43	89	47	102	152
Jäävä puusto, runkoa/ha	728	-	1016	338	60
m ³ /ha	176	-	93	306	20
Poistettujen run- kojen koko, dm ³	108	189	45	397	296
Puulajijakauma, % mänty-kuusi-koivu	5-90-5	26-68-6	96-4-0	3-96-1	55-45-0
Oksaisuusluokka, mänty-kuusi	II-III	III-IV	II-III	II-III	II-III
-koivu	-III	-III	-0	-III	-0
Maastoluokka	I	I	I	I	I

6010. Aikatutkimuksen lisäksi selvitettiin koneen liikkeet leimikossa, poistettavien puiden sijainti, puun ottokulma, käsittelypaikka sekä puutavarakasojen laatu. Lisäksi kirjattiin jääviin puihin syntyneet kosketukset, joista kirjattiin sen syy, voimakkuus ja aiheuttaja (Sirén 1990).

5. TULOKSET

51. Tapio 250 -yksioteharvesteri LKT 81 -peruskoneessa

Taulukossa 2 on esitetty ajankäyttö ja tuotos LKT 81 -peruskoneella ja Tapio 250 -yksioteharvesterilla. Tulokset on mitattu käytännön työmailta.

Siirtymisen osuus oli harvennuksessa kaksinkertainen avohakkuuseen verrattuna. Laitteen siirtämisen osuus puun tyvelle oli kummassakin leimikossa samaa suuruusluokkaa. Karsintaan ja katkontaan käytettiin yli puolet tehollisesta työajasta, avohakkuussa hieman enemmän kuin harvennuksessa, koska siirtyminen vei siellä suhteellisesti vähemmän aikaa.

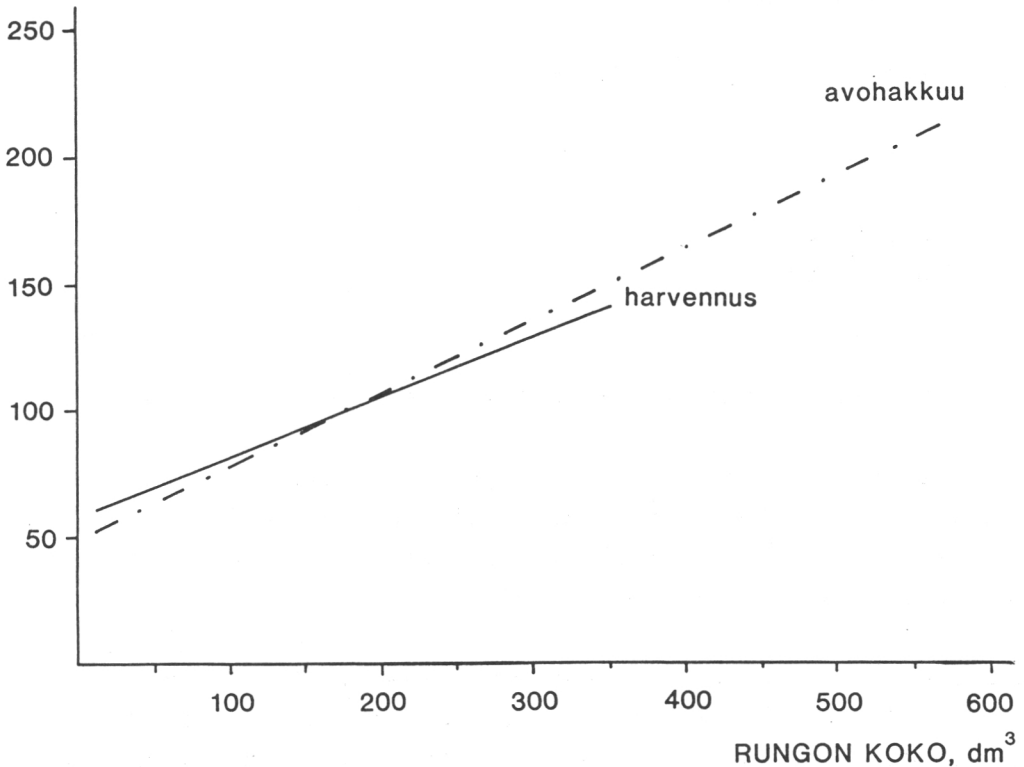
Taulukko 2. LKT 81 -peruskoneen ja Tapio 250 -yksioteharvesterin käyttöajan jakauma ilman keskeytyksiä.

Työvaihe	Harvennus Osuus, %	Avohakkuu
Siirtyminen	20,4	10,8
Valmistelu ja kouran vienti puulle	18,5	19,5
Asettelu ja katkaisu	6,4	9,4
Karsinta ja katkonta	54,7	60,3
Pölkkyjen järjestely	-	-
Hakkuutähteiden järjestely	-	-
Yhteensä	100,0	100,0

Työpisteiden välinen keskimääräinen siirtymismatka oli harvenuksessa 4,4 m ja avohakkuussa 3,5 m. Rungon koon vaikutus runkokokoittaiseen tehoajanmenekkiin (valmistelu, kouran vienti puulle, asettelu, katkaisu sekä karsinta ja katkonta) on esitetty kuvassa 3. Tehotuntituotokset olivat seuraavat:

	Leimikko	
	Myöh. harvennus	Päättehakkuu
Rungon koko, dm^3	108,2	189,1
Tehotuntituotos, m^3	6,1	9,7

TEHOAIKA, cmin / puu



Kuva 3. Rungon koon vaikutus puutavaran valmistuksessa tehoajanmenekkiin LKT 81 -peruskoneella ja Tapio 250 -yksioteharvesterilla.

Runkovauriot

Runkovaurioita syntyi seitsemän kappaletta hehtaarille eli 1 %:iin jäljelle jääneistä rungoista. Varovaisesta työskentelystä johtuen vaurioprocentti oli pieni, mutta vastaavasti varovainen työskentely vaikutti koneen tuotokseen, joka oli harvennuksessa vain 6 m³ tehotuntia kohden.

Puutavaran laatu

Osasta kuitupuupölkyistä mitattiin pituus. Tavoitepituus kuitupuun teossa oli kaikilla puulajeilla 3 metriä. Puulajien suhteen ei ollut suuria eroja. Karsintajälki oli sekä kesällä että talvella hyvä. Seuraavassa esitetään kuitupuupölkyjen keskimääräiset pituudet:

Leimikkotyyppi	Pölkyjen pituudet, cm	
	\bar{x}	s
Harvennus	299,3	3,0
Avohakkuu	301,2	3,9

52. Tapio 330 R -yksioteharvesteri Somet 7700 -peruskoneessa

Aikatutkimuksissa ei otettu keskeytyksiä huomioon, koska tutkimustyömaiden kestot olivat kuitenkin melko lyhyitä. Tuotokset ovat siten tehotuntituotoksia. Käyttöajan jakauma oli eri työvaiheiden osalta taulukon 3 mukainen.

Siirtymisen osuus oli ensiharvennuksessa 18 %, väljennyshakkuussa 19 % ja avohakkuussa 16 %. Valmisteluun kului työajasta keskimäärin hieman alle yksi prosentti. Vähiten aikaa kului valmisteluun pätehakkuussa. Kouran viennissä puulle kului ensiharvennuksessa hieman yli neljännes työajasta ja muissa leimikoissa 15 %. Ensiharvennuksessa, missä jäävän puuston

Taulukko 3. Somet 7700:n ja Tapio 330 R -yksioteharvesterin käyttöajan jakautuminen ilman keskeytyksiä.

Työvaihe	Ensi- harvennus	Väljennys Osuus, %	Avo- hakkuu
Siirtyminen	18,4	19,4	15,7
Valmistelu ja kouran vienti puulle	26,4	17,0	15,1
Asettelu ja katkaisu	9,1	7,8	9,3
Karsinta ja katkonta	44,8	55,2	59,9
Pölkkyjen järjestely	0,6	0,5	-
Hakkuutähteiden järjestely	0,7	0,1	-
Yhteensä	100,0	100,0	100,0

runkoluku oli 1016 kpl/ha, monitoimilaitetta oli liikuteltava varovaisesti vaurioiden välttämiseksi. Leimikkotyypin ja rungon koko eivät vaikuttaneet laitteen asettelun ja tyven katkaisun ajanmenekkiin paljon, vaan ne veivät kaikissa tapauksissa 8-9 % ajasta. Varsinaiseen rungon käsittelyyn eli karsintaan ja katkontaan käytetyn tehoajan osuus oli päätehakkuussa 60 %, väljennyshakkuussa 55 % ja ensiharvennuksessa 45 %.

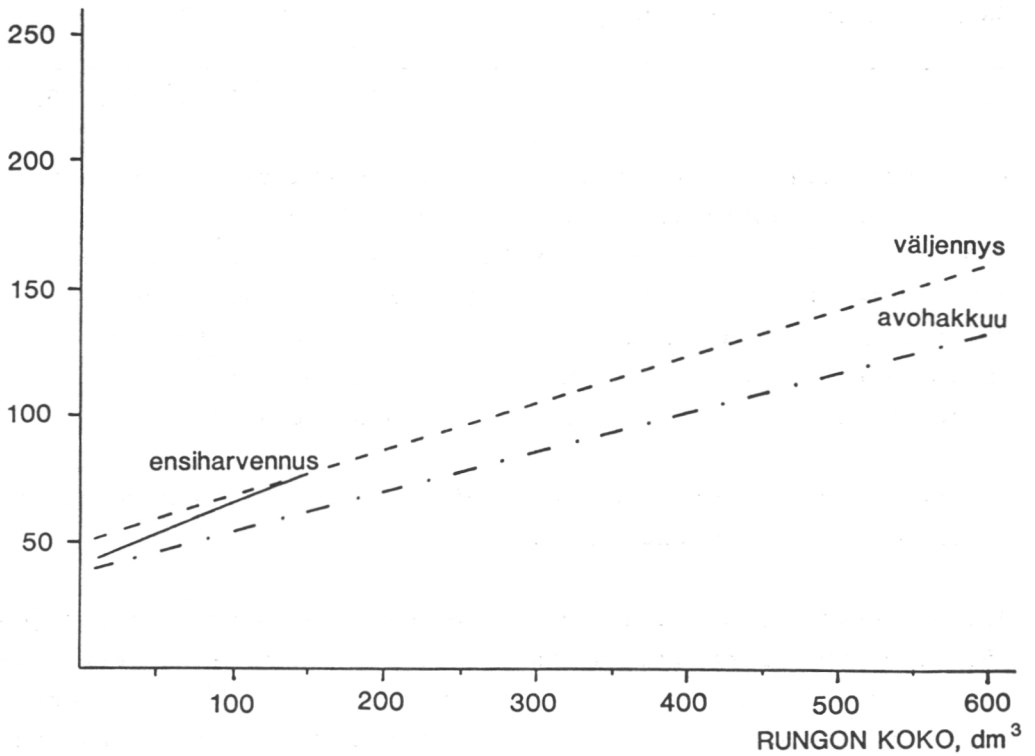
Rungon koon vaikutus runkokohtaiseen käsittelyajan menekkiin leimikoittain on esitetty kuvassa 4.

Harvennustyömailla kului puoli prosenttia ajasta pölkkyjen järjestelyyn. Avohakkuussa saivat pölkkyt jäädä paikalleen sellaisinaan. Hakkuutähteiden siirtämiseen kului ensiharvennuksessa vajaa prosentti työajasta. Väljennyshakkuussa ja avohakkuussa ei tähän työvaiheeseen juurikaan käytetty aikaa.

Keskimääräiset runkokohtaiset tehoajat (kouran vienti puulle, asettelu ja katkaisu, karsinta ja katkonta) ja tehotuntituotos olivat leimikoittain seuraavat:

	Ensi- harvennus	Väljennys	Pääte- hakkuu
Runkokohtainen tehoaika, cmin	42,5	94,5	71,7
Rungon koko, dm ³	46,1	372,5	296,8
Tehotuntituotos, m ³	5,2	18,7	20,8

TEHOAIKA, cmin / puu



Kuva 4. Rungon koon vaikutus runkokohtaiseen käsittelyajanmekkiin työskenneltäessä Somet 7700 -peruskoneen ja Tapio 330 R -monitoimilaitteen yhdistelmällä.

Koneen siirtymismatkat työskentelyn yhteydessä olivat seuraavat:

Koneen siirtymismatka, m	Ensiharvennus	Väljennys	Päätihakkuu
Metriä/puu	1,0	3,9	1,7
Metriä/työpiste	2,7	5,4	5,1
Metriä/m ³	21,9	10,4	5,6

Ensiharvennuksessa työpisteessä käsiteltiin keskimäärin 2,7 runkoa tilavuuden ollessa 123 dm³. Vastaavasti väljennyshakkuussa puuta oli vain 1,4 kpl ja tilavuus oli 515 dm³.

Työskentelyanalyysillä tutkittiin puiden sijainnin ja käsittelypaikan vaikutusta työskentelyyn. Liikkeet (koneen siirtymiset, kuormaimen liikkeet puuta ja hakkuutähteitä käsiteltäessä) puuta, työpistettä ja kuutiometriä kohti olivat seuraavat:

Liikematka, m	Ensiharvennus	Väljennys
Metriä/puu	9,8	12,9
Metriä/työpiste	26,2	17,9
Metriä/m ³	212,9	34,6

Ensiharvennuksessa liikematkat olivat puuta kohden samaa suuruusluokkaa kuin Sirénin (1990) tutkimuksessa Finntrac-Keto 51-yksioteharvesterilla todetut. Työpistettä kohden matkat olivat kolmanneksen ja kuutiometriä kohden lähes viidenneksen suuremmat tässä tutkimuksessa. Rungon koko oli tässä tutkimuksessa pienempi.

Työskentelyanalyysin perusteella ei puun ottokulmalla ollut suurta merkitystä puukohtaiseen ajankäyttöön. Alle 2 m:n etäisyydellä olevien puiden käsittelyaika oli selvästi lyhyempi kuin yli 5 m:n etäisyydellä olevien. Taulukossa 4 on esitetty puun sijainnin vaikutus tehoajanmenekkiin.

Taulukko 4. Puun sijainnin vaikutus tehoajanmenekkiin Somet 7700:lla ja Tapio 330 R -yksioteharvesterilla työskenneltäessä.

Puun sijainti	Puun etäisyys koneesta, m	Leimikko	
		Ensiharvennus	Väljennys
		Tehoaika/puu, cmin	
Uralla	-2	39,9	87,1
	2-5	37,0	-
Viistosti sivulla 45°	-2	37,0	116,9
	2-5	41,0	78,0
	5-	51,5	98,5
Suoraan sivulla	-2	38,7	89,0
	2-5	41,1	101,7
	5-	52,7	104,7

Ensiharvennuksen vauriot

Korjuukokeet suoritettiin talvisaikaan, joten kaikki vauriot olivat runkovaurioita. Maa oli roudassa ja lunta oli vain 15 cm. Ajouraväli oli keskimäärin 25,9 m. Haamu-ura oli ajourasta keskimäärin 13,1 m:n etäisyydellä. Uran leveys oli keskimäärin 4,38 m ja haamu-uran 3,65 m.

Vaurioita syntyi kaikkiaan 18 kpl hehtaarille. Puuaines oli vaurioitunut 13 %:ssa vaurioituneista puista ja 87 %:ssa oli kuorivaurio nilaan saakka. Suurin vaurion aiheuttaja oli monitoimilaite (53 %), ja seuraavana oli käsiteltävä puu (27 %). Uran kapeus aiheutti 13 % vaurioista sekä puomi 7 %.

Vaurioista 60 % johtui puun vaikeasta sijainnista. Vauriot olivat pääosin pieniä. Neljännes vaurioista oli kooltaan yli 20 cm² ja keskimäärin kaikki 13 cm². Neljännes vauriopuista sijaitsi alle 3 m:n etäisyydellä. Vauriot sijaitsivat keskimää-

Taulukko 5. Somet 7700 -peruskoneen ja Tapio 330 R -yksioteharvesterin kosketusten ja vaurioiden määrä.

	Ensiharvennus	Väljennys
Jäljelle jäävä runkoluku, kpl/ha	1016	338
Kosketuksia, kpl/ha	30,1	8,6
Vaurioita, kpl/ha	18,1	6,0
Kosketuksista vaurioita, %	60,0	70,0
Vauriopuita, %	1,8	1,8

rin 130 cm:n korkeudella juurenniskasta, vain yksi vaurio oli 480 cm:n korkeudella, mikä nosti keskiarvoa. Vaurioista 73 % syntyi ajouralta ja 27 % haamu-uralta käsin työskenneltäessä (taulukko 5).

Väljennysshakkuun vauriot

Koe tehtiin talvisaikaan maan ollessa roudassa. Lunta oli noin 40 cm. Ajouraväli oli keskimäärin 20,7 m ja haamu-uran etäisyys varsinaisesta urasta 8,2 m. Varsinaisen ajouran leveys oli 4,69 m ja haamu-uran 4,83 m.

Vaurioita syntyi kaikkiaan 6 kpl/ha. Yhdessä vauriossa runko vaurioitui puuaineeseen saakka, loput viisi vauriota olivat vain kuorivaurioita. Pääosan vaurioista aiheutti käsiteltävä puu, yhden harvesteri. Peruskone ei aiheuttanut yhtään vauriota harvennusleimikossa. Käsiteltävän puun tekemät vauriot aiheutuivat osin rungon suuresta koosta. Osa puista näet oli Tapio 330 R -yksioteharvesterille melko järeitä. Pääasialliseksi vaurion syyksi osoittautui puun vaikea sijainti (86 %).

Vaurioiden keskimääräinen koko oli 67 cm^2 . Kaksi vauriota seitsemästä oli yli 75 cm^2 :n ja loput alle 33 cm^2 :n kokoisia. Ajouralta käsin työskenneltäessä vaurioista syntyi 71 % ja loput 29 % tulivat haamu-uralta käsin.

Lähes 60 % vaurioituneista puista sijaitsi yli 3 m:n etäisyydellä ajouran keskeltä. Yksi vaurio oli yli 5 m:n korkeudella ja loput alle 160 cm:n korkeudella.

Puutavaran ja kasojen laatu

Ensiharvennuksessa, missä kasat olivat pieniä, oli hyviä kasoja 84 % ja huonoja 16 %. Väljennyshakkuussa oli hyviä kasoja 91 %. Kasojen laatuun vaikutti luultavasti se, että ensiharvennuksessa rungon koko oli pieni ja runkoja käsiteltiin hieman korkeammalla maasta. Kun pölkyt putosivat ylempää kasaan, kasan laatu kärsi. Väljennyshakkuussa, missä rungon koko oli melko suuri, käsittely tapahtui melko lähellä maata. Pölkyt jäivät sen vuoksi parempaan muodostelmaan.

Kuitupuupölkyistä mitattiin pölkköjen pituuksia. Seuraavassa on esitetty pölkköjen keskimääräiset pituudet:

Leimikkotyyppi	Pölkköjen pituudet, cm	
	\bar{x}	s
Ensiharvennus	297,9	15,7
Väljennys	284,7	11,2
Päätehakkuu	304,9	9,5

6. TULOSTEN TARKASTELU

Tapio 250 -hakkuukoneella harvennusleimikon tehotuntituotos oli $6,1 \text{ m}^3/\text{h}$ rungon koon ollessa 108 dm^3 . Puiden runkoluvusta 90 % oli kuusta. Mäntyvaltaisessa ensiharvennuksessa Tapio 250 pääsi Sirénin (1990) tutkimuksessa $3,2 \text{ m}^3$:iin tehotunnissa rungon koon ollessa hieman yli 30 dm^3 sekä kuusivaltaisessa toisessa harvennuksessa $5,3 \text{ m}^3$:iin rungon keskimääräisen koon ollessa lähes 80 dm^3 .

Avohakkuualalla tehotuntituotos oli $9,7 \text{ m}^3/\text{h}$ runkojen keskikoon ollessa 189 dm^3 . Runkoluvusta runsas neljännes oli mäntyä. Samanlainen mutta järeämpi Tapio-hakkuulaite pääsi varhaisemmassa tutkimuksessa avohakkuussa, missä rungon koko oli samaa suuruusluokkaa, lähes samaan tehotuntituotokseen (Eeronheimo 1982). Sykesyöttöisyydestä huolimatta laitteella oli vaikeuksia latvaosan paksuimpia oksia karsittaessa. Latvaosan karsiminen oli melko hidasta ja alensi tehotuntituotosta. Kuusen karsinnassa ei ollut ongelmia.

Järeämmän sekä syke- että rullasyöttöisen Tapio 330 R -hakkuulaitteen tuntituotos männyn ensiharvennuksessa oli $5,2 \text{ m}^3$ rungon koon ollessa 46 dm^3 . Väljennysshakkuussa, missä runkojen keskikoko oli 373 dm^3 , tehotuntituotoskin nousi $18,7 \text{ m}^3$:iin. Hyvissä leimikko-oloissa tottunut kuljettaja pääsee siis korkeaan tuotokseen. Avohakkuulla, missä rungon koko oli 297 dm^3 , tehotuntituotos oli $20,8 \text{ m}^3/\text{h}$. Runkoluvusta oli mäntyä 55 % ja loput kuusta.

Työn jälkeen vaikutti suuresti kuljettajan ammattitaito. Tässä tapauksessa sekä tuotos että työjälki olivat hyviä. Tapio 250:llä työskenneltäessä vaurioitui harvennuksessa vain 1 % jäävästä puustosta. On kuitenkin huomattava, että vauriot inventoitiin vain runkovaurioiden osalta, koska kokeet suoritettiin pääasiassa talvisaikaan. Tapio 330 R:llä työskenneltäessä vaurioitui sekä ensiharvennuksessa että väljennysshakkuussa 1,8 % jäljelle jäävää puustoa.

Ensiharvennuksessa suurin vaurion aiheuttaja oli monitoimilaite (53 %) ja yleisin syy-yhteys puun vaikea sijainti (60 %). Vastaavasti väljennyshakkuussa eniten vaurioita aiheuttivat toisaalta käsiteltävä puu (86 %) ja toisaalta sen sijainti (86 %).

Tapio 250- ja Tapio 330 R -hakkuukoneet soveltuvat tämän tutkimuksen perusteella sekä nuorten että varttuneempien metsien harvennuskäsittelyyn. Tapio 330 R soveltuu myös päätehakkuihin.

KIRJALLISUUS

- Eeronheimo, O. 1982. Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa. *Folia Forestalia* 506. 12 s.
- Elovainio, A. 1988. Monitoimikoneet puunkorjuussa. *Metsänhoitaja* 5: 32-34.
- Kahala, M. 1990. Hakkuukone syrjäyttää metsurin yhä useammin puunkorjuussa. *Helsingin Sanomat* 12.2. A5.
- Sirén, M. 1990. Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa. *NSR-tutkimus. Folia Forestalia* 743. 29 s.

ISBN 951-40-1151-1
ISSN 0358-4283

Valtion painatuskeskus
Kampin VALTIMO
Helsinki 1991