



Opastinsilta 8 B • 00520 HELSINKI 52
Puhelin 90-140011

SELOSTE
9/1976

ENSIHARVENNUSMÄNNIKÖIDEN HAKKUU KOKOPUINA KAHVAKEHIKOLLA VARUSTE- TULLA MOOTTORISAHALLA

Harri Rumpunen

TIIVISTELMÄ

Kahvakehikolla varustettu moottorisaha soveltuu hyvin ensiharvennusmänniköiden kokopuina hakkuuseen.

Harvennushakkuussa päästään kahvakehikolla varustetulla sahalla samansuuruisiin tuotoksiin kuin tavallisella sahalla. Puuston koon kasvaessa kahvakehikon käyttö näyttää tulevan edullisemmaksi.

Aikaisemman tutkimuksen mukaan tuotokset olivat myös avohakkuussa työvälineiden kesken samansuuruisia.

Harvennushakkuussa tuotos jää rungon koon mukaan 45...30 % pienemmäksi kuin samankokoisen puuston avohakkuussa vastaavalla työmenetelmällä.

Hakkuun ajanmenekkiä ja tuotosta parhaiten kuvaavat metsikön tunnuukset ovat poistettavien puiden tiheys ja läpimittaluokkajakauma.

JOHDANTO

Pienikokoisen puuston kokopuunkorjuussa kaato ja siihen liittyvä kasaaminen on miestyömenekiltään merkittävin työvaihe. Kaadon koneellistamisratkaisut ovat tällä hetkellä vasta kokeiluasteella, ja käytännössä työ joudutaan nykyisin ja lähitulevaisuudessa tekemään miestyönä.

Miestyönä tehtävää hakkuuta on pyritty kehittämään uusia työmenetelmiä ja työvälineitä käyttäen. Eräs tällainen ratkaisu on moottorisahan varustaminen kahvakehikolla. Kehikon avulla on katsottu voitavan parantaa kaatotyön ergonomiaa ja kohottaa työn tuottavuutta.

Tutkittu S. Jaarasen ja K. Rantapuun kehittämä kahvakehikko koostuu kahdesta teräskaaresta, jotka on kiinnitetty moottorisahan kädensijoihin. Sahan hallintalaitteet on siirretty kaarien yläpäähän. Tarkoituksena on vähentää kumartumista sahattaessa ja sahaan tartuttaessa muiden työvaiheiden jälkeen. Käytetyt kahvakehikot ovat toistaiseksi kaikki koekappaleita, joten yksityiskohtaiset rakennetiedot eivät ole vakiintuneita.

Tehty tutkimus liittyy osana Enso-Gutzeit Osakeyhtiön ja Metsätehon yhteiseen pienpuunkorjuuprojektiin. Tutkimuksen tarkoitus oli selvittää hakkuun ajanmenekkiä ja tuotoksia käytettäessä kahvakehikolla varustettua sahaa männiköiden ensiharvennuksissa. Tuloksia voidaan käyttää hyväksi työmenetelmien kehittämisessä sekä palkkaperusteiden määrittämisessä.

TUTKIMUSAINEISTOT

Tutkittavana hakkuumenetelmänä oli rinnankorkeusläpimitaltaan yli 3 cm:n puiden suunnattu kaato ja tyvien siirtely yhteen juontotaakoiksi koneellista kasausta varten. Tutkimuskohde oli ensiharvennusmännikkö, jossa ajouraväli oli noin 30 m ja ajourien leveys noin 4 m.

Aineistoa kerättiin Enso-Gutzeit Osakeyhtiön työmaalla Ruokolahdella joulukuussa 1975 kolmen työpäivän ajalta. Työntekijänä oli kahvakehikolla työskentelyyn hyvin perehtynyt yhtiön hakkuuneuvoja.

Tutkimus tehtiin aikatutkimuksena. Tutkimuspalstojen puusto oli pysty-
mitattu, ja aikatutkimuksen helpottamiseksi sekä tarkkuuden lisäämisen
vuoksi poistettavien puiden läpimitat oli merkitty värileimoin pysty-
mittauksen yhteydessä. Läpimitat merkittiin 3 cm:n luokitusta käyttäen,
sitte että luokka 1 = 3.0...5.9 cm, 2 = 6.0...8.9 cm, 3 = 9.0...11.9 cm,
4 = 12.0...14.9 cm ja 5 = 15.0+ cm.

Tutkimuskohde oli jaettu neljään 30 m x 60 m:n palstaan. Palstojen puus-
totiedot on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1

Tutkimusaineisto

Puustotunnus	Palsta				
	P1	P2	P3	P4	Keski- määrin
Jäävä puusto					
- tiheys, kpl/ha	n. 1 300	n. 1 300	n. 1 300	n. 1 300	n. 1 300
Poistettava puusto					
- tiheys, kpl/ha	1 810	1 380	1 740	1 405	1 580
- runkopuun kuutiomäärä, m ³ /ha	37.2	40.6	43.3	37.2	39.6
- runkopuun kuutiomäärä, m ³ /puu	0.021	0.030	0.025	0.027	0.026
- keskiläpimitta, cm	6.4	7.7	7.1	7.3	7.4
- keskipituus, m	9.0	10.0	9.5	9.6	9.5
- läpimittaluokkajakauma, % runkoluvusta					
luokka 1	45.5	23.8	31.6	32.8	33.4
" 2	40.8	49.6	47.7	45.4	45.9
" 3	12.0	21.8	17.9	17.4	17.3
" 4	1.5	4.4	2.7	3.6	3.0
" 5	0.3	0.4	0.1	0.8	0.4

TUTKIMUSTULOKSET

Työn nopeuden vuoksi rungoittainen aikatutkimus pienikokoisen puuston
hakkuussa on vaikeaa. Tästä syystä ei eri työvaiheiden ajanmenekin

mittaamisessa voitu kestoltaan kaikkein lyhyimpiä työvaiheita eritellä. Hakkuumiehen työ jaettiin tutkimuksessa seuraaviin työvaiheisiin.

Kaato, joka käsitti kaatosahauksen, puun nurin työntämisen ja pienimpien runkojen tyvien siirtämisen suurempien viereen 3-8 puun juontotaakoiksi sekä lyhyet (alle 5 m:n) siirtymiset kaadetulta puulta seuraavalle.

Siirtyminen, joka käsitti hakkuumiehen pitemmät siirtymiset puulta toiselle sekä siirryttäessä tapahtuvan työn suunnittelun.

Kasaus ajourilta, joka käsitti tyvien siirtelystä selvästi eroavan kasaamisen, pääasiassa ajourien avaamiseksi, sekä kasauksen edellyttämän runkojen katkonnan.

Valmistelevat työt käsittivät varusteiden järjestelyn, sahan käynnistämisen sekä huollon.

Keskeytykset

Jokaisen työvaiheen osalta pyrittiin selvittämään ajanmenekin riippuvuus leimikon puustotunnuksista, ja tulokset on esitetty sen puustotunnuksen funktiona, jonka vaikutus työvaiheen ajanmenekkiin oli suurin.

Kaato

Kaatovaiheen runkokohtaiseen ajanmenekkiin vaikutti selvimmin rungon koko. Myös poistettavien puiden tiheydellä oli lievä vaikutus ajanmenekkiin, mutta sen selvittämiseksi tutkimusaineiston määrä ja vaihtelu eivät olleet riittäviä. Myöskään jäävän puuston tiheyden vaikutusta ei aineisto riitä selvittämään.

Keskimääräisiä tutkimusolosuhteita vastaavat kaadon ajanmenekit olivat läpimittaluokittain:

Läpimittaluokka	Kaatovaiheen ajanmenekki, cmin/puu
1	14.6
2	19.9
3	26.1
4	31.2
5	43.6

Siirtyminen

Koska hakkuumiehen siirtymisistä kaadetulta puulta seuraavalle eroteltiin tähän työvaiheeseen vain pitemmät, noin 5 m:n tai pitemmät siirtymiset, siirtymiskertojen määrä jäi alhaiseksi. Keskimäärin mitattiin yksi siirtyminen kuutta puuta kohti. Siirtymiskertojen määrä hehtaaria kohti riippui selvästi poistettavan puuston tiheydestä ja kasvoi tiheyden lisääntyessä.

Siirtymisen pituus kerralla vaihteli 3 m:stä 20 m:iin; keskimääräinen siirtymismatka oli 8.4 m/kerta. Siirtymismatka siirtymiskertaa kohti pieneni jonkin verran poistettavien puiden tiheyden kasvaessa.

Keskimääräinen siirtymisnopeus oli 41 m/min.

Siirtymisen ajanmenekki hehtaaria kohti kasvoi poistuman tiheyden kasvaessa, mutta poistettavaa puuta kohti laskettuna se aleni seuraavasti.

Poistettavien puiden tiheys, kpl/ha	Hakkuumiehen siirtymisen ajanmenekki, cmin/puu
1 000	5.0
1 250	4.2
1 500	3.6
1 750	3.2
2 000	3.0
2 250	2.8

Kasaus ajourilta

Kasausvaiheen ajanmenekistä noin 2/3 muodostui ajourilta poistettujen puiden kasauksesta ja 1/3 näiden runkojen katkonnasta. Kasattujen puiden osuus kaikista poistetuista puista oli noin 12 %. Osuus pieneni hieman hehtaarilta poistettavien puiden lukumäärän kasvaessa.

Kasattujen ja katkottujen puiden koon vaikutusta kasauksen ajanmenekkiin ei aineisto riittävästi selvitä, mutta puiden koon kasvu näyttää lisänneen jonkin verran katkonnan tarvetta ja siten ajanmenekkiä.

Poistettua puuta kohti laskettuna kasausvaiheen ajanmenekki pienenee poistettavien puiden tiheyden kasvaessa.

Poistettavien puiden tiheys, kpl/ha	Kasausvaiheen ajan- menekki, cmin/puu
1 000	2.5
1 250	2.2
1 500	1.9
1 750	1.6
2 000	1.4
2 250	1.2

Valmistelevat työt

Pääosa työvaiheen ajanmenekistä koostui moottorisahan tankkauksista ja muusta huollosta. Noin kolmannes ajanmenekistä oli sahan käynnistyksiä ja varusteiden järjestelyä. Ajanmenekki vaihteli tutkimuspalstoittain 1.9:stä 4.2 cmin:iin/poistettu puu. Keskimäärin se oli 3 cmin/puu. Poistetun puuston määrällä ja koolla ei ollut vaikutusta työvaiheen ajanmenekkiin.

Keskeytykset

Keskeytykset olivat valtaosin hakkuumiehen lepoa tai ruokailua. Keskeytysten osuus työmaa-ajasta oli tutkimuspalstoittain seuraava.

Palsta	Keskeytysten osuus työmaa-ajasta, %
P1	25.4
P2	24.8
P3	47.1
P4	0.0

Keskimäärin keskeytyksiä oli 28.8 % työmaa-ajasta. Tähän verraten suureen osuuteen oli syynä lähinnä tutkimuspalstojen pieni koko. Tuotoslaskelmissa keskeytysten osuutena on käytetty aikaisempien tutkimusten mukaisesti 20 %:a työmaa-ajasta.

Ajankäytön jakautuminen eri työvaiheisiin

Taulukossa 2 on esitetty koko tutkimusaineiston mukainen ajankäyttöjakauma tutkittuihin työvaiheisiin.

TAULUKKO 2

Keskimääräinen ajankäyttö

Työvaihe	Ajankäyttö keskimäärin, cmin/ poistettu puu	Työvaiheen osuus tehollisesta työajasta	
		keskim., %	palstoittainen vaihtelu, %
Kaato	19.1	70.3	66.4...75.4
Siirtyminen	3.5	12.9	12.0...14.2
Kasaus ajourilta	1.7	6.0	5.4... 7.3
Valmistelevat työt	3.0	10.8	6.7...14.9
Tehollinen työaika yhteensä	27.3	100.0	
Keskeytykset	11.0		
Työmaa-aika yhteensä	38.3		

Hakkuun ajanmenekki läpimittaluokittain

Taulukossa 3 on esitetty työmaa-ajanmenekit poistettua puuta kohti laskettuna, läpimittaluokittain eri tiheyksillä. Keskeytysten osuutena on käytetty 20 %:a työmaa-ajasta.

TAULUKKO 3 Puukohtaiset työmaa-ajanmenekit hakkuussa

Läpimittaluokka	Poistettavien puiden tiheys, kpl/ha					
	1 000	1 250	1 500	1 750	2 000	2 250
	työmaa-ajanmenekki, cmin/puu					
1	31.4	30.0	28.9	28.0	27.5	27.0
2	38.0	36.6	35.5	34.6	34.1	33.6
3	45.8	44.4	43.3	42.4	41.9	41.4
4	52.1	50.8	49.6	48.8	48.3	47.8
5	67.6	66.3	65.1	64.3	63.8	63.3

Taulukon 3 lukujen avulla voidaan laskea hakkuun tuotos, kun leimikosta on esimerkiksi otannalla selvitetty poistettavien puiden runkoluku, niiden jakautuminen läpimittaluokkiin sekä läpimittaluokittaiset yksikkökuutiot.

Hakkuun tuotos

Tutkimuksen tavoitteena oli pyrkiä selvittämään hakkuun tuotosta erilaisissa olosuhteissa, siten että olosuhteita kuvaavia tunnuksia olisi mahdollisimman vähän, mutta ne kuitenkin riittävästi selittäisivät tuotosvaihtelua. Tulosten analysoinnissa on katsottu poistettavien puiden tiheyden sekä läpimittaluokkajakauman selittävän ajanmenekkiä verraten hyvin. Tuotosten laskemiseksi tarvitaan lisäksi kuutiomääräisiä tietoja.

Kuutiomäärätietojen selvittäminen leimikoittain aiheuttaa lisätyötä ja kustannuksia. Tämän vuoksi on taulukkoon 4 laskettu tutkimusaineiston läpimittaluokittaiset yksikkökuutiot, joita voidaan käyttää leimikon poistettavan puuston ollessa rakenteeltaan samantyyppistä tutkimuskohteen kanssa. Yksikkökuutiolla tarkoitetaan tässä yhteydessä luokan kaikkien puiden kuutiosisältöä jaettuna luokan puiden määrällä. Tämän vuoksi läpimittaluokan yksikkökuutio riippuu runkolukujakauman muodosta ja on eri tiheyksillä erilainen.

TAULUKKO 4 Lämpimittaluokkien keskimääräinen yksikkökuutio poistettavien puiden tiheyden mukaan

Läpimittaluokka	Poistettavien puiden tiheys, kpl/ha					
	1 000	1 250	1 500	1 750	2 000	2 250
	yksikkökuutio, m ³ (runkopuuta)/poistettava puu					
1	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008
2	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018
3	0.046	0.047	0.048	0.049	0.050	0.051
4	0.088	0.089	0.090	0.092	0.094	0.096
5	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140

Taulukkoon 5 on laskettu taulukkojen 3 (s. 8) ja 4 ajanmenekki- ja kuutiomäärälukujen avulla kutakin läpimittaluokkaa vastaava tuotos tiheysluokittain. Leimikon tuotos voidaan laskea painottamalla taulukon 5 tuotoslukuja läpimittaluokkien osuuksilla.

TAULUKKO 5 Hakkuun tuotos läpimittaluokittain poistettavien puiden tiheyden mukaan

Läpimittaluokka	Poistettavien puiden tiheys, kpl/ha					
	1 000	1 250	1 500	1 750	2 000	2 250
	tuotos, m ³ (runkopuuta)/työmaatunti					
1	1.91	1.90	1.87	1.82	1.75	1.67
2	3.63	3.60	3.55	3.47	3.34	3.21
3	6.03	6.35	6.65	6.93	7.16	7.39
4	10.13	10.51	10.89	11.31	11.68	12.05
5	12.43	12.67	12.90	13.06	13.17	13.27

Tulosten mukaan poistettavien puiden läpimittaluokkajakauma vaikuttaa siis huomattavasti hakkuun tuotokseen. Tämä poistuman rakenne puolestaan riippuu metsikön alkupuustosta ja harvennustavasta. Vaihtelut voivat tässä suhteessa olla suuria, mikä vaikeuttaa tulosten soveltamista muihin pienpuustoihin kuin ensiharvennusmänniköihin. Tutkimusaineiston mukaan poistettavien puiden tiheyden ollessa suuri runkolukujakauma

on jyrkästi laskeva ja pienimpiin läpimittaluokkiin painottuva. Tiheyden laskiessa jakauma muuttuu yksihiippuiseksi, enemmän normaalijakaumaa muistuttavaksi. Aineistossa keskimääräistä noin 1 600 kpl:n/ha tiheyttä vastaava huippu osuu läpimittaluokkaan 2 eli 6...9 cm:n runkojen kohdalle.

Taulukossa 6 on esitetty tutkimusaineiston mukaiset runkolukujakaumat poistettaville puille eri tiheyksillä ja kuvassa 1 on esitetty niiden mukaan laskettu hakkuun tuotos. Tuotoksia tarkasteltaessa käy hyvin ilmi, että poistuman rakenteen vaikutus on suuri. Vaikka poistettavien puiden tiheyden kasvu on tuotosta nostava tekijä, tuotokset ovat kuvan mukaan suurilla tiheyksillä pienempiä, koska poistettavien puiden koko on huomattavasti pienentynyt tiheyden kasvaessa.

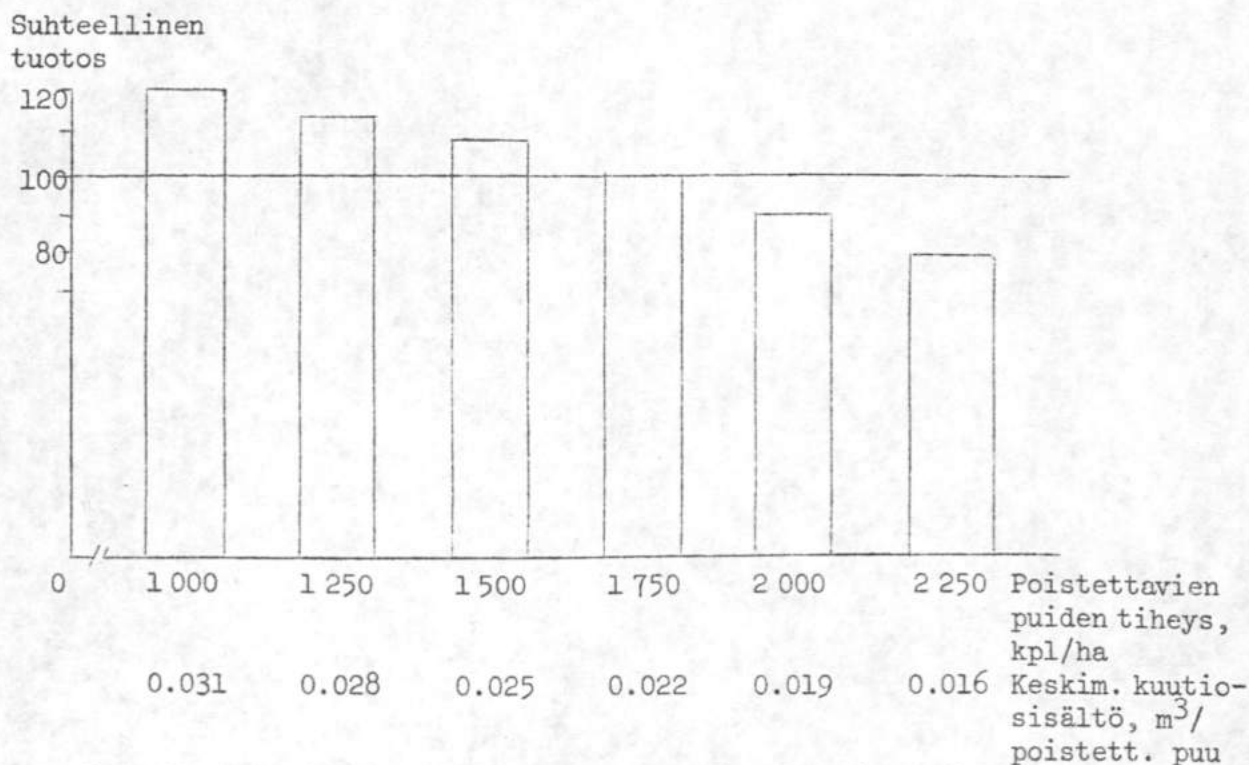
TAULUKKO 6 Poistuman rakenne tutkimusaineiston perusteella eri tiheyksillä

Poistettavien puiden tiheys, kpl/ha	Läpimittaluokka					
	1	2	3	4	5	Yhteensä
	osuus runkoluvusta, %					
1 000	17.5	50.5	26.8	4.2	1.0	100.0
1 250	24.0	49.0	22.6	3.5	0.9	100.0
1 500	31.0	46.8	18.7	2.7	0.8	100.0
1 750	37.5	45.0	14.8	2.0	0.7	100.0
2 000	44.0	43.3	10.9	1.2	0.6	100.0
2 250	50.5	41.5	6.9	0.6	0.5	100.0

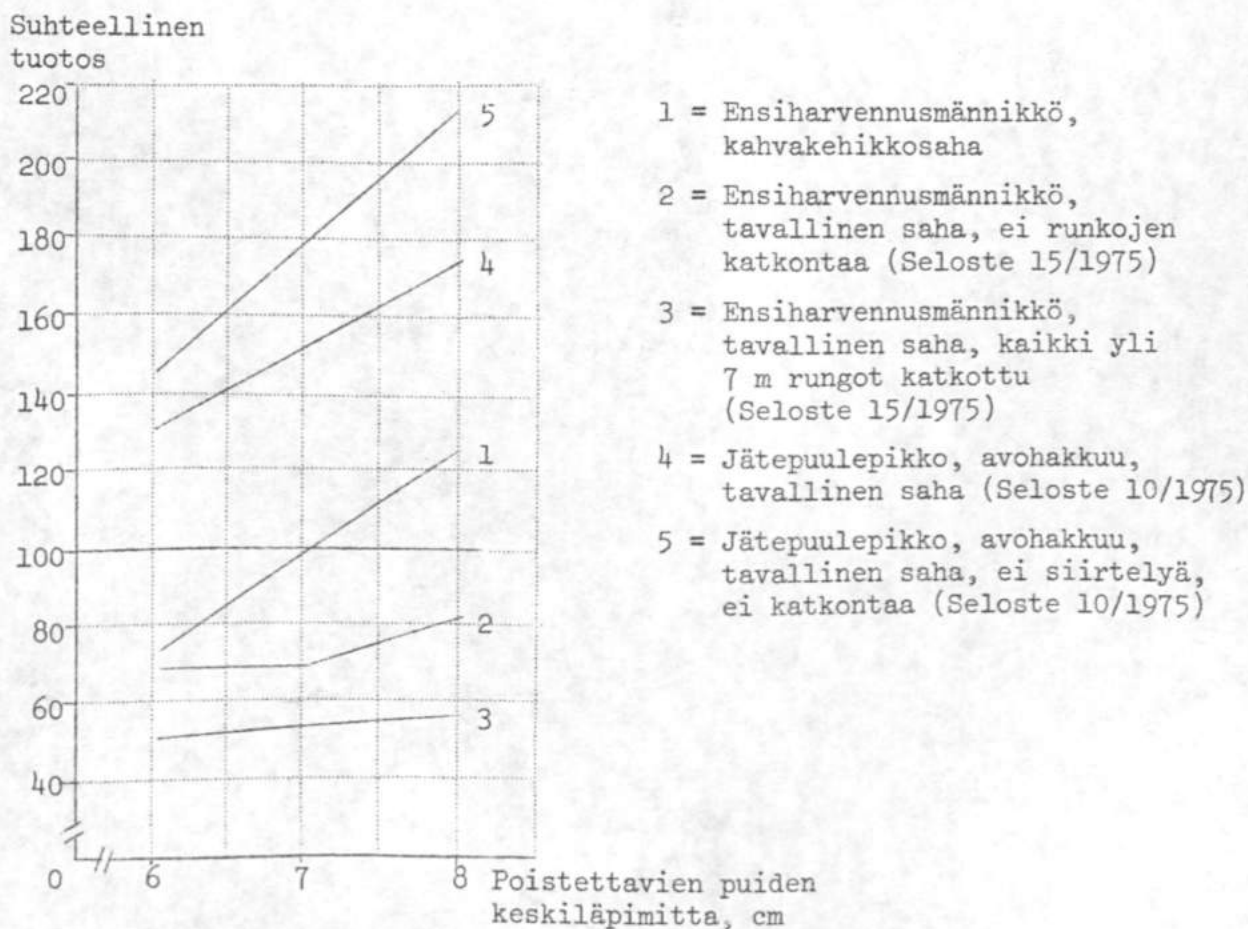
Koko tutkimusaineiston keskimääräisten olosuhteiden (taulukko 1, s. 3) mukaan laskettu hakkuun tuotos oli 3.8 m³ runkopuuta työmaatunnissa.

Tulosten vertailu

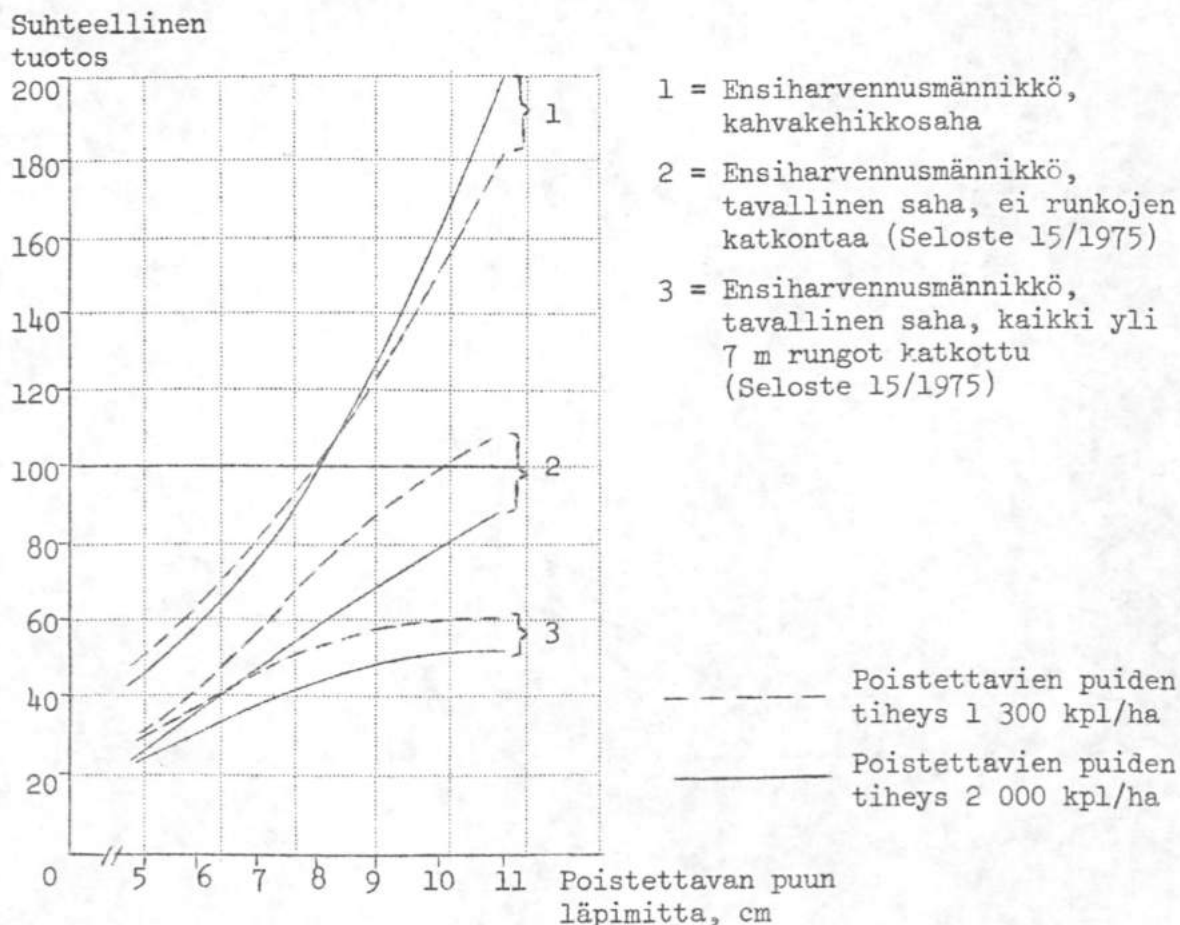
Tutkimusaineiston määrän valinnassa päähuomio kiinnitettiin kahvakehikolla varustetulla sahalla tehtävän hakkuutyön rakenteen selvittämiseen. Tästä syystä aineisto on suhteellisen pieni käytettäväksi eri työmenetelmien ja hakkuutapojen välisiin vertailuihin. Kuvissa 2 ja 3 (s. 12) tutkimuksen tuloksia on verrattu Metsätehon selosteissa 10/1975 ja 15/1975 esitettyihin tuloksiin.



Kuva 1. Hakkuun suhteellinen tuotos poistettavien puiden eri tiheyksillä, tutkimusaineiston mukaisilla runkolukusarjoilla laskettuna (tuotos tiheydellä 1750 kpl/ha = 100)



Kuva 2. Poistettavien puiden keskiläpimitan vaikutus hakkuun tuotokseen (tiheys 2 000 poistettavaa puuta/ha)



Kuva 3. Poistettavan puun koon vaikutus hakkuun tuotokseen (tiheydet 1 300 ja 2 000 poistettavaa puuta/ha)

Kuvan 2 perusteella voidaan todeta tuotoksen kahvakehikkosa käyttäessä olevan harvennusolosuhteissa 55...70 % verrattuna vastaavan kokoisen puuston avohakkuuseen tavallisella sahalla. Selosteen 10/1975 mukaan tavallinen ja kahvakehikolla varustettu saha olivat avohakkuussa tuotoksiltaan lähes samanarvoisia.

Kun verrataan tavallista ja kahvakehikkosahaa harvennusolosuhteissa (käyrät 1, 2 ja 3), ei johtopäätöksiä voi tehdä samalla varmuudella, koska tutkimuksissa oli eroja työvälineen lisäksi työmenetelmän, työntekijän ja varsinkin metsikkörakenteen osalta. Selosteen 15/1975 tutkimuskohde oli taimikkovaiheessa perattu kylvömannikkö, jossa puut olivat huomattavasti nyt tutkitun kohteen puita oksakkaampia, mikä seikka vaikeutti kaatoja ja kasausta. Kahvakehikkosa käyttäessä voidaan kuitenkin päätellä saavutettavan vähintään sama tuotos kuin tavallisella moottorisahalla, ja poistettavan puuston koon kasvaessa kehikon käytöllä päästään suhteellisesti parempiin tuotoksiin. Tätä tukee kuvassa 3 esitetty rungon koon vaikutus hakkuun tuotokseen vastaavien tutkimusten osalta.