10/1979

VARASTOIVALLA KAATOLAITTEELLA VARUSTETTU KAATO-KASAUSKONE VALMET 870 CK

Markku Melkko

METSÄTEHON SELOSTE

METSÄTEHO

Opastinsilta 8 B . 00520 HELSINKI 52
Puhelin (90) 140 011

SELOSTE
10/1979

10/1979

VARASTOIVALLA KAATOLAITTEELLA VARUSTETTU KAATO-KASAUSKONE VALMET 870 CK

Markku Melkko

Sisällys Sivu

TIIVISTELMÄ 2
1 JOHDANTO 2
2 TEKNISIÄ TIETOJA 3
2.1 Peruskone 3
2.2 Puomisto 3
2.3 Kaatolaite 3
3 TYÖMENETELMÄT JA TUTKIMUSAINEISTOT 4
4 TUTKIMUSTULOKSET 5
4.1 Taakan koko ja rakenne 5
4.2 Keskimääräinen ajanmenekki ja sen rakenne 7
4.3 Kaatolaitteen vienti- ja tuontiajat 7
4.4 Tuotokset ja kustannukset 8
4.5 Varastoinnin vaikutus tuotokseen 9
4.6 Vaurioselvitys 10
5 PÄÄTELMIÄ 11

ISBN 951-673-058-2
ISSN 0357-0932

TIIVISTELMÄ

Varastoivalla kaatolaitteella varustettu kaato-kasauskone Valmet 870 CK on olemassa olevista komponenteista koottu prototyyppi. Sillä saavutetut tuotokset ensimmäisen harvennuksen männikössä olivat 2.3...3.1 m^3/tehotunti, kun rungon keskikoko oli 0.023...0.049 m^3. Tuotosten pitäisi olla 1.5...2.0-kertaiset, ennen kuin koneen käyttö tuotosten puolesta olisi kannattavaa.

Mahdollisuus käsitellä useita puita kerralla parantaa koneen tuotosta huomattavasti varsinkin pienissä puustoissa. Usean puun käsittelymahdollisuudesta on sitä suurempi hyöty, mitä suurempi puomiston ulottuvuus on (= mitä kauempaa puut ajouran varteen joudutaan tuomaan).

Kaatolaitteen painoa pitäisi keventää nykyisestä noin 500 kg:sta lähes 300 kg:aan, jotta sivuittaisvääntö pysyisi samana, kun puomiston ulottuvuutta lisätään tämänhetkisestä 11 m:stä 15 m:iin.

Kokeiltu puomiston rakenne (tavallinen puutavarakuormain + liukupuomi) ei ilmeisesti ole paras mahdollinen hallittavuudeltaan ja liikeradoiltaan. Parempaan tulokseen voitaisiin todennäköisesti päästä esimerkiksi teleskooppirakenteella.

Tällä periaatteella toimivan kaato-kasauskoneen (peruskone ajouralla, varastoiva kaatolaite puomiston päässä, jonka ulottuvuus on noin 15 m) kehittäminen vaatii vielä monia uusia teknisiä ratkaisuja, ennen kuin kone saadaan kilpailukykyiseksi pienikokoisen puun kaadossa ja kasauksessa.

1 JOHDANTO

Maa- ja metsätalousministeriöltä saaduilla suhdannepidätysvaroilla käynnistetyssä harvennusmetsien puunkorjuun kehittämisprojektissa valittiin alustavien selvitysten jälkeen tutkimus- ja kehittämiskohteiksi kolme perusketjua.

1 *Prosessoriketju*

Kaato ja kasaus koneella, jossa on varastoiva kaatolaite puomiston päässä — tavaralajeiksi valmistus joukkokäsittelyyn perustuvalla prosessorilla — metsäkuljetus tavallisella kuormatraktorilla tai kuormatraktoriprosessorilla.

2 *Pienharvesteriketju*

Kaato, tavaralajeiksi valmistus ja kasaus pienharvesterilla — metsäkuljetus tavallisella kuormatraktorilla tai pientraktorilla.

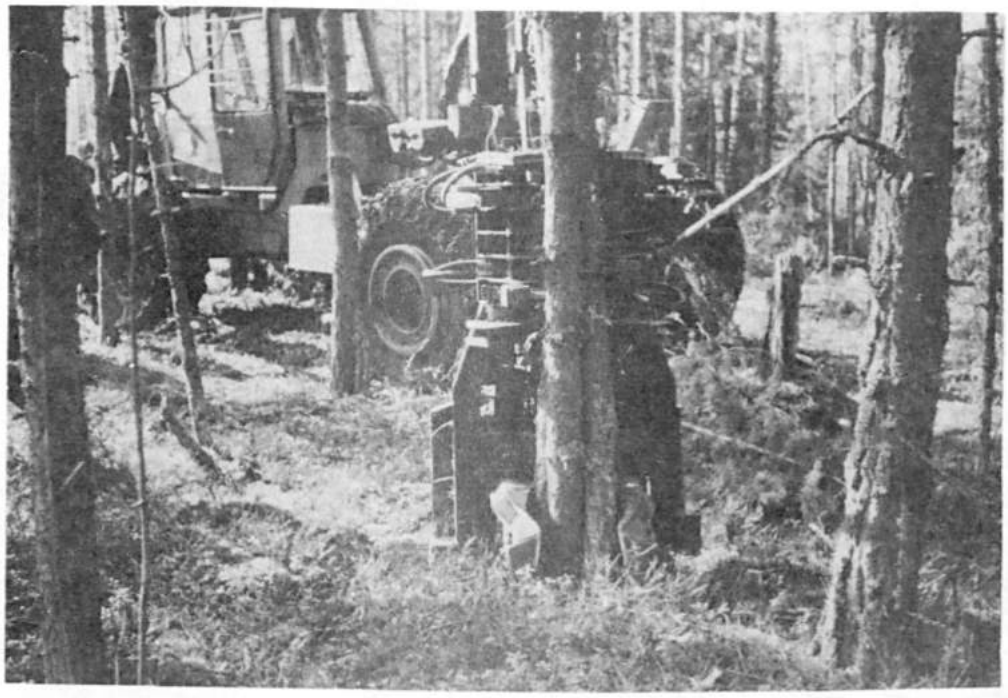
3 *Joukkokäsittelyharvesteriketju*

Kaato, tavaralajeiksi valmistus ja kasaus joukkokäsittelyharvesterilla — metsäkuljetus tavallisella kuormatraktorilla.

Nyt käsiteltävässä osaprojektissa kehittämis- ja tutkimuskohteena oli prosessoriketjuun kuuluva kaato-kasauskone. Tavoitteena oli rakentaa ajouralla toimiva kaato-kasauskone, jossa varastoiva kaatolaite on noin 11 metriin ulottuvan puomiston päässä, ja selvittää tällaisen koneen taloudelliset ja tekniset toimintamahdollisuudet harvennusmetsissä.

Muun muassa kustannussyistä kaato-kasauskone pyrittiin mahdollisimman suurelta osin kokoamaan jo valmiista komponenteista. Tämän vuoksi koneen tekninen toimivuus ei voinut olla paras mahdollinen, eikä mitoitus vastannut kaikilta osin käytännön vaatimuksia. Kuitenkin tälläkin koneella katsottiin voitavan saada lisätietoa tavoitteena olevista seikoista.

Valmet Oy kokosi koneen yhteistyössä L. Marttiini-Yhtymän kanssa ja Metsäteho tuki hanketta maa- ja metsätalousministeriöltä saaduilla suhdannepidätysvaroilla. Enso-Gutzeit Osakeyhtiö järjesti koneelle kuljettajan ja työmaita kokeilun ajaksi. Kone koottiin talvella 1977—1978 ja testattiin keväällä ja syksyllä 1978.



Kuva 1. Varastoivalla kaatolaitteella varustettu kaato-kasauskone Valmet 870 CK. Valok. Metsäteho

2 TEKNISIÄ TIETOJA

2.1 Peruskone

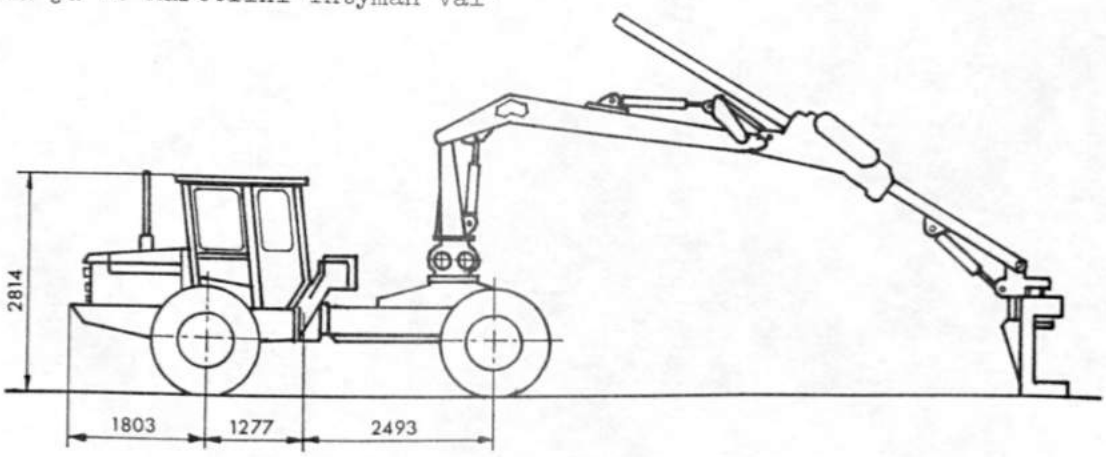
Peruskone on Valmet 870 CK -kuormatraktori, joka on varustettu lisäpainoilla, nestetäytteisillä renkailla ja runkonivelen lukitussylinterillä. Traktorista on poistettu takimmainen pyöräpari ja kuormatila. Kuormain on poistettu ohjaamon katolta. Traktorin tekniset tiedot on esitetty Metsätehon katsauksessa 7/1972.

2.2 Puomisto

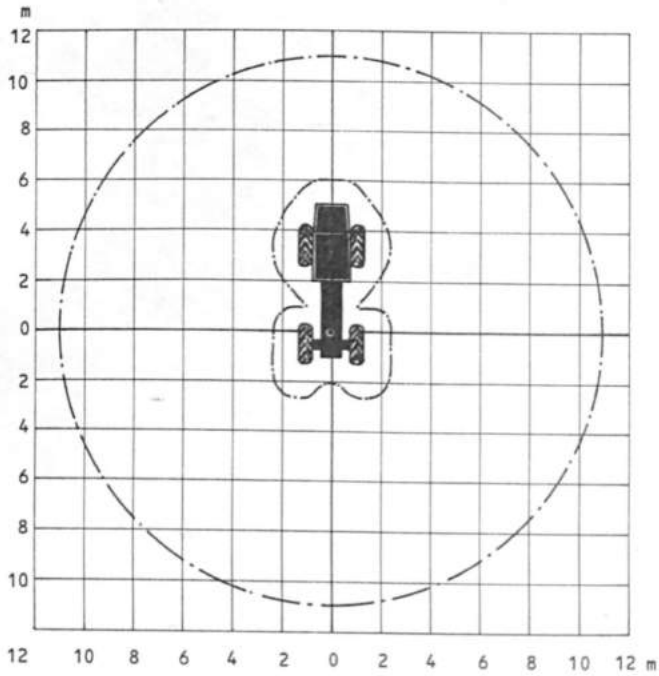
Puomisto muodostuu Cranab 7015 -kuormaimesta ja L. Marttiini-Yhtymän valmistamasta järeästä liukupuomista. Puomisto on asennettu peruskoneen taka-akselin päälle. Puomiston ulottuvuudet on esitetty kuvissa 3 ja 4.

2.3 Kaatolaite

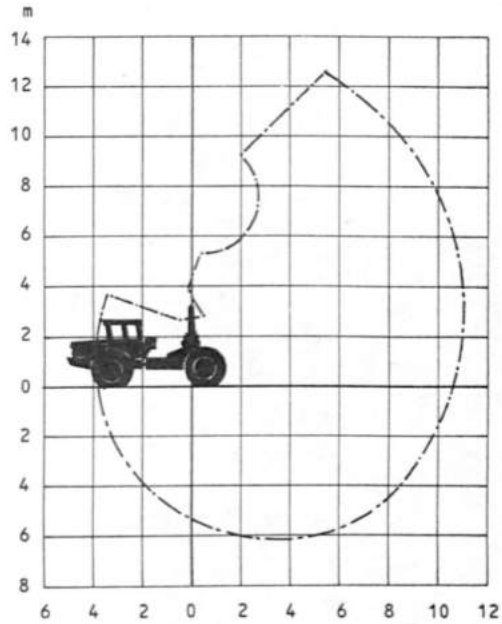
Kaatolaite on Oy M. Laineen valmistama TTS-kaatolaite, jota käytetään myös mm. Makeri-kaato-kasauskoneessa. Kaatolaitteeseen voidaan ottaa useita pieniä puita samanaikaisesti. Suurin katkaisuläpimitta on 22 cm. Kokeillussa kaatolaitteessa oli kaarevat leikkuuterät.



Kuva 2. Valmet 870 CK -kaato-kasauskone. Mittapiirros (mitat mm:einä)



Kuva 3. Puomiston ulottuvuus maanpinnan tasossa

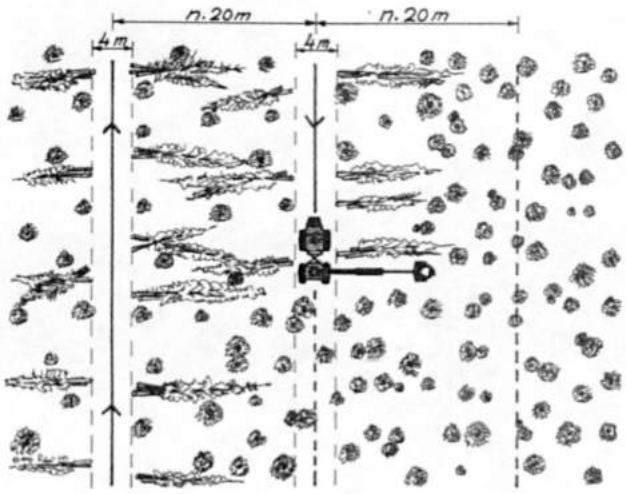


Kuva 4. Puomiston ulottuvuus pystytasossa

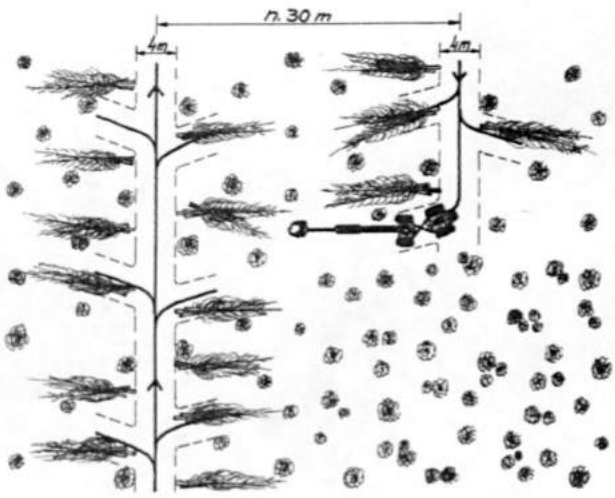
3 TYÖMENETELMÄT JA TUTKIMUSAINEISTOT

Menetelmässä A (kuva 5) puut kaadettiin ja kasattiin 20 m:n välein olevien ajourien varteen. Palstalla 1 puut oli leimattu ennen kaatoa. Palstalla 2 poistettavat puut valitsi kuljettaja.

Menetelmässä B (kuva 6) puut kaadettiin ja kasattiin 30 m:n välein olevien ajourien varteen. Apu-uria käyttämällä pystyttiin käsittelemään koko ajourien välinen pinta-ala, vaikka koneen ulottuvuus olikin vain 11 m. Apu-urat pyrittiin sijoittamaan vuoron perään ajouran kummallekin puolelle käyttäen hyväksi puuston luontaisia aukkoja. Tällä menettelyllä ajouraverkon vaatima pinta-ala käytännössä on jonkin verran pienempi kuin menetelmässä A, vaikka teoriassa eroa ei ole juuri lainkaan.



Kuva 5. Työmenetelmä A

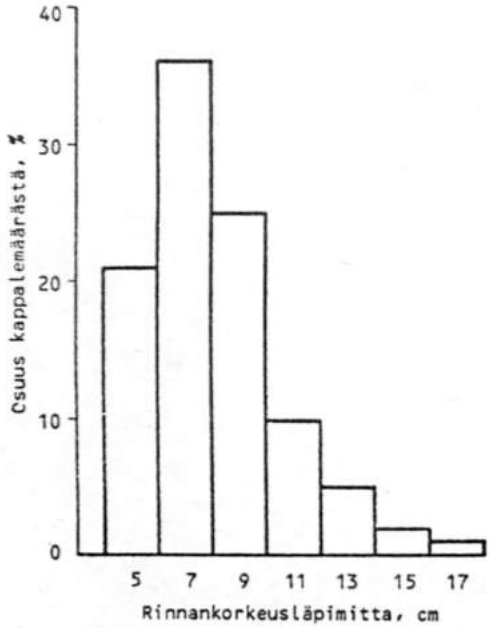


Kuva 6. Työmenetelmä B

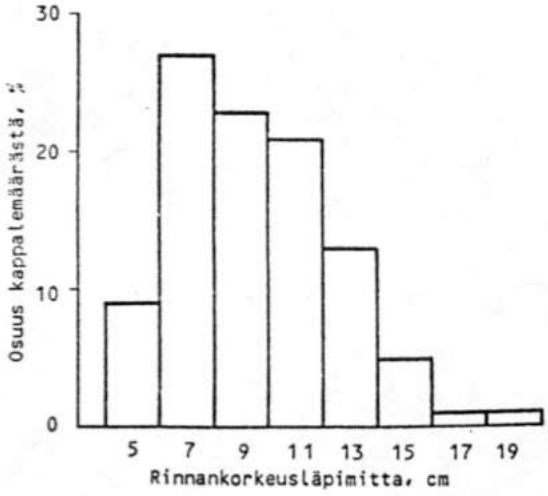
Tutkimukset suoritettiin 1. harvennuksen männiköissä lumettomana aikana. Maasto oli puutavaran metsätraktorikuljetuksen ohjemaksusopimusten mukaista 1. luokkaa. Tutkimusaineisto oli seuraava.

	Menetelmä				
	A		B		
	Palsta		Palsta		Yht.
	1	2	1	2	
Puita, kpl	728	158	442	85	1 413
Määrä, m^3	19.0	4.9	15.1	4.2	43.2

Poistettujen puustojen rakenteet on esitetty kuvissa 7 ja 8.



Kuva 7. Poistetun puuston rakenne. Menetelmä A



Kuva 8. Poistetun puuston rakenne. Menetelmä B

4 TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Taakan koko ja rakenne

Taakkojen keskimääräiset tunnukset olivat seuraavat.

	Menetelmä			
	A		B	
	Palsta		Palsta	
	1	2	1	2
Taakan koko, m^3	0.053	0.061	0.056	0.073
Puita taakassa, kpl	2.0	2.0	1.6	1.5
Rungon koko, m^3	0.026	0.031	0.034	0.049

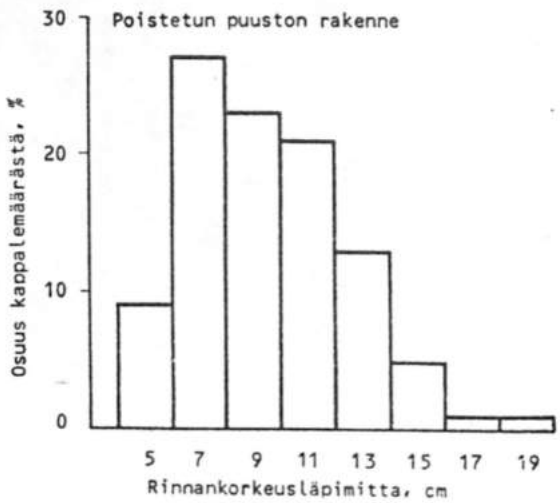
Taakassa olleiden puiden lukumäärän mukaan taakat jakautuivat seuraavasti.

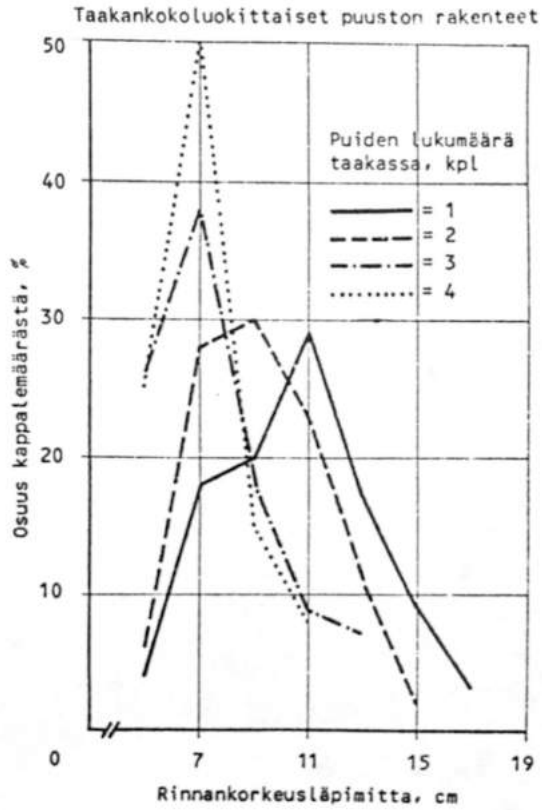
Puiden lukumäärä taakassa, kpl	Menetelmä			
	A		B	
	Palsta		Palsta	
	1	2	1	2
	Osuus taakkojen lukumäärästä, %			
1	38	41	51	65
2	33	30	34	23
3	22	18	13	12
≥ 4	7	11	2	–
Yhteensä	100	100	100	100

Kuvassa 9 on esitetty menetelmän B palstan 1 poistetun puuston rakenne sekä taakan kokoluokittaisten puustojen rakenteet (= läpimittajakauma laskettuna yhden puun taakoista, kahden puun taakoista jne.). Jakaumat osoittavat, että kaatolaitteen varastointimahdollisuutta on käytetty hyväksi varsinkin pieniä puita käsiteltäessä. Isoja puita on käsitelty useimmiten yksitellen.

Monen puun yhtäaikainen käsittelyn vaikutusta taakan kokoon on esitetty kuvissa 10 ja 11.

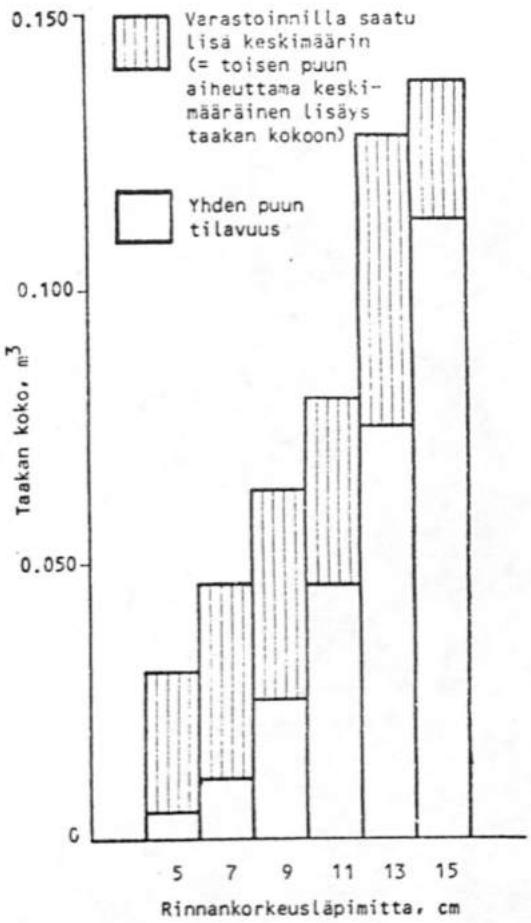
Kun kaatolaitteeseen voidaan ottaa kaksi puuta yhden asemesta, varsinkin pieniä puita sisältävän taakan koko kasvaa huomattavasti (kuva 10). Tämä merkitsee sitä, että ensimmäisenä otetun pienen puun (5...9 cm) kanssa otetaan useimmiten myös tätä suurempi puu. Vastaavasti, jos ensimmäinen puu on iso, toiseksi puuksi on yleensä valittu pieni puu. Kun samaan taakkaan on otettu kolme puuta, taakan koko kasvaa edelleen pienissä



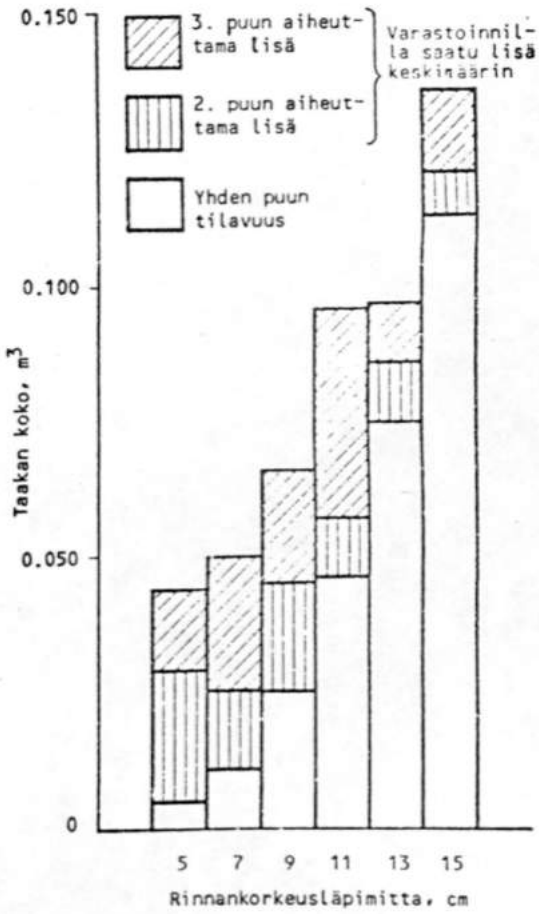


Kuva 9. Poistetun puuston rakenne verrattuna taakankokoluokittaisiin puuston rakenteisiin

läpimittaluokissa, joskaan ei enää yhtä selvästi kuin siirryttäessä yhden puun käsittelystä kahden puun käsittelyyn (kuva 11). Isoissa läpimittaluokissa taakan koko ei enää suurene käsiteltäessä kolmea puuta kahden asemesta.



Kuva 10. Varastoinnin vaikutus taakan kokoon, kun käsitellään kahta puuta kerrallaan



Kuva 11. Varastoinnin vaikutus taakan kokoon, kun käsitellään kolmea puuta kerrallaan

4.2 Keskimääräinen ajanmenekki ja sen rakenne

Seuraavissa asetelmissa on esitetty keskimääräiset tehoajanmenekit kummassakin työmenetelmässä palstoittain.

Keskimääräinen ajanmenekki työmenetelmässä A (ajouraväli 20 m)

	Palsta 1	Palsta 2
	cmin/taakka	
Kaatolaitteen vienti	45	54
Tarttuminen + katkaisu	37	30
Taakan tuonti	31	32
Häiriöt	7	10
Yhteensä	120	126
Siirtyminen	7	6
TEHOAIKA YHTEENSÄ	127	132
Rungon keskikoko, m^3	0.026	0.031
Taakan keskikoko, m^3	0.053	0.061
Runkoja taakassa keskim., kpl	2.0	2.0
Siirtymismatka keskim., m	2.9	2.7

Keskimääräinen ajanmenekki työmenetelmässä B (ajouraväli 30 m)

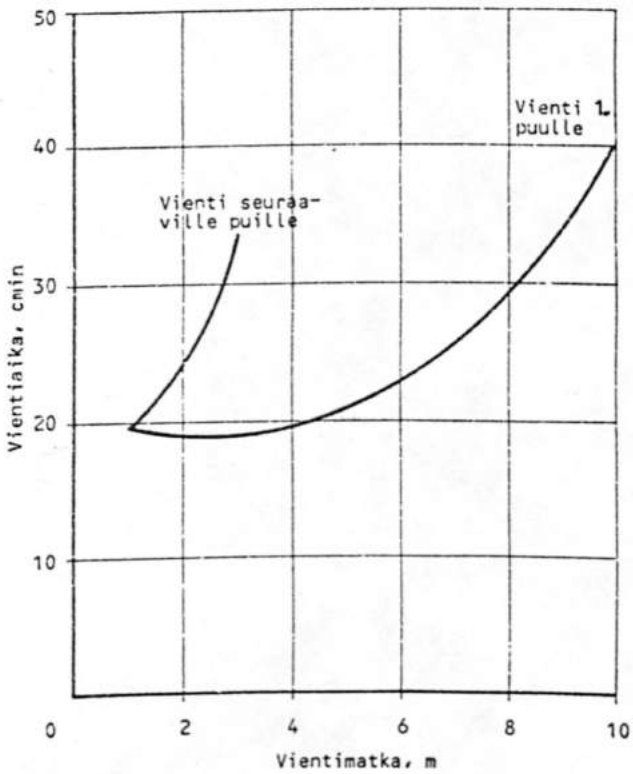
	Palsta 1	Palsta 2
	cmin/taakka	
Kaatolaitteen vienti	37	33
Tarttuminen + katkaisu	31	25
Taakan tuonti	27	28
Häiriöt	—	3
Yhteensä	95	89
Taakan nouto ajamalla	17	22
Yhteensä	112	111
Siirtyminen	16	17
TEHOAIKA YHTEENSÄ	128	128
Rungon keskikoko, m^3	0.034	0.049
Taakan keskikoko, m^3	0.056	0.073
Runkoja taakassa keskim., kpl	1.6	1.5
Siirtymismatka keskim., m	5.0	5.9

Menetelmässä A palstalta 1 poistettavat puut oli leimattu etukäteen ja palstalta 2 kuljettaja valitsi poistettavat puut työskentelyn yhteydessä. Vientiaikojen perusteella näyttää siltä, että kuljettajan suorittaessa poistettavien puiden valinnan puu- ja taakkakohtainen aika kasvaa jonkin verran, mikä merkitsee tuotoksen alenemista.

Menetelmässä B puiden noutaminen ajamalla apu-uria pitkin on lisännyt tehoajan menekkiä 15...20 %.

4.3 Kaatolaitteen vienti- ja tuontiajat

Kaatolaitteen vientiaika puulle matkan mukaan on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Kaatolaitteen vientiajan riippuvuus vientimatkasta ja kaatolaitteessa olevien puiden lukumäärästä. Menetelmä B

Vientiaika toiselle ja kolmannelle puulle on selvästi suurempi kuin vientiaika ensimmäiselle puulle, kun matka on sama. Tämän aineiston perusteella ei vientiajoissa toiselle ja kolmannelle puulle ollut eroa. Tämä viittaa siihen, että kaatolaitteen liikuttelua puun/puiden kanssa hidastaa enemmänkin puun pituus kuin sen/niiden paino.

Keskimääräiset vientimatkat työmenemässä B olivat seuraavat.

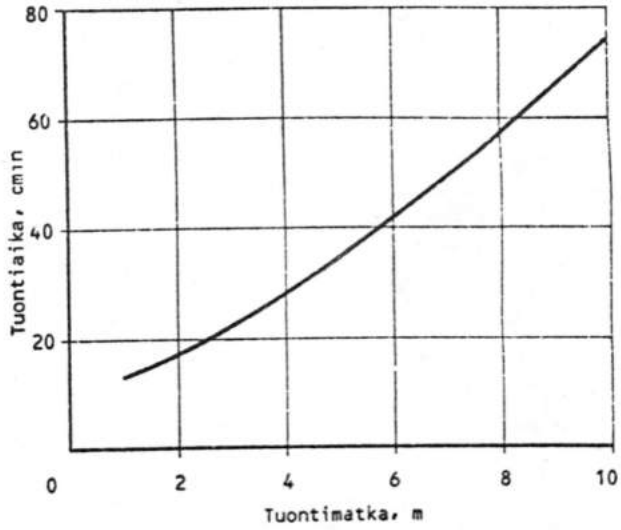
	Palsta 1	Palsta 2
	Vientimatka keskim., m	
1. puulle	4.6	4.7
2. puulle	1.8	1.8
3. puulle	1.8	1.3

Vientimatkat osoittavat, että taakan toinen ja kolmas puu on pyritty ottamaan läheltä taakan ensimmäistä puuta, mikä on luonnollista, koska kaatolaitteen liikuttelu jäävän puuston seassa on hankalaa.

Tämän aineiston perusteella taakassa olleiden puiden lukumäärä ei vaikuttanut taakan tuontiaikaan (kuva 13). Se johtunee siitä, ettei taakkaa tarvitse liikutella sivusuunnassa jäävien puiden välissä, vaan se vedetään suoraan puomiston liikerataa pitkin ajouran varteen. Taakan tuontiaika näyttää olevan huomattavasti suurempi kuin kaatolaitteen vientiaika, kun etäisyys on yli 3 m:n. Tämä johtuu siitä, että kaatolaitteessa pystyssä olevat puut hidastavat kaatolaitteen liikuttelua, sekä myös siitä, että puiden ja kaatolaitteen suuri yhteinen paino aiheutti koneelle suuria stabiliteettiongelmia, varsinkin kun kaadettavat puut olivat kaukana ajourasta.

Keskimääräiset tuontimatkat menetelmässä B olivat seuraavat.

Puiden lukumäärä taakassa, kpl	Palsta 1	Palsta 2
	Tuontimatka keskim., m	
1	3.6	3.8
2	4.6	5.5
3	4.8	6.6



Kuva 13. Taakan tuontiaika tuontimatkan mukaan. Menetelmä B

4.4 Tuotokset ja kustannukset

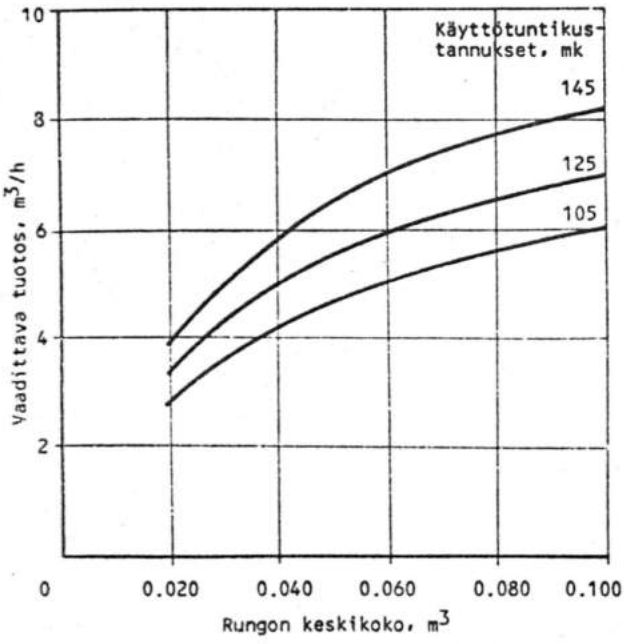
Keskimääräiset tuotokset työmenetelmittäin ja palstoittain olivat seuraavat.

	Tuotokset m^3/tehotunti	Tuotokset m^3/käyttötunti
Työmenetelmä A		
Palsta 1	2.5	2.3
Palsta 2	2.8	2.5
Työmenetelmä B		
Palsta 1	2.6	2.4
Palsta 2	3.4	3.1

Käyttötuntituotosta laskettaessa alle 15 min:n keskeytysten osuutena on käytetty 10 %:a tehoajasta.

Tuotokset ovat suhteellisen alhaiset. Esimerkiksi Makeri-kaato-kasauskoneella vastaavissa oloissa saavutettuihin tuotoksiin verrattuna ne ovat vain 50...70 % niistä.

Arvioitaessa Valmet 870 CK -kaato-kasauskoneen käyttömahdollisuuksia vertailumenetelmänä on käytetty siirtelykaatoa + koneellista esikasausta



Kuva 14. Kaato-kasauskoneelta vaadittava tuotos

30 m:n ajouraverkolla. Olosuhteet ovat 1. harvennuksen männikkö, josta poistuma on 35 m^3/ha (kuva 14).

Kun käyttötuntikustannuksina käytetään 105 mk:aa, kaato-kasauskoneen tuotoksen olisi oltava noin 1.5-kertainen nykyiseen verrattuna, ennen kuin sen käyttö olisi yhtä edullista kuin vertailumenetelmän. Kun käyttötuntikustannuksina käytetään 145 mk:aa, tuotoksen olisi oltava noin 2-kertainen.

4.5 Varastoinnin vaikutus tuotokseen

Selvitettäessä kaatolaitteen varastointimahdollisuuden vaikutusta tuotokseen koneen siirtymisajat työpisteestä toiseen eivät ole mukana laskelmissa. Tuotoslaskennassa käytettyyn aikaan kuului siis yhtä puuta käsiteltäessä seuraavat osa-ajat:

- kaatolaitteen vienti puulle
- tarttuminen + katkaisu
- taakan tuonti

Monta puuta käsiteltäessä osa-ajat olivat seuraavat:

- kaatolaitteen vienti 1. puulle
- tarttuminen + katkaisu
- kaatolaitteen vienti 2. puulle
- tarttuminen + katkaisu
- jne.
- taakan tuonti

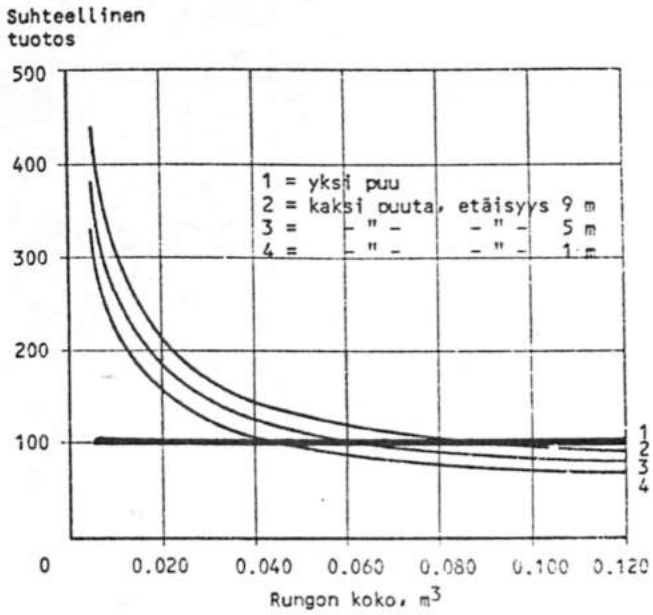
Tuotoslaskennassa taakkojen kokoina on käytetty kuvissa 10 ja 11 (s. 6) esitettyjä taakkojen kokoja tasoitettuina.

Varsinkin pienessä puustossa kahden puun käsittelymahdollisuus näyttää parantavan tuotosta huomattavasti ja aina 0.09...0.10 m^3:n rungonkokoon asti kahden puun käsittely näyttää olevan edullisempaa kuin yhden. Mitä kauempana ajourasta puut ovat, sitä suurempi hyöty varastointimahdollisuudesta on (kuva 15).

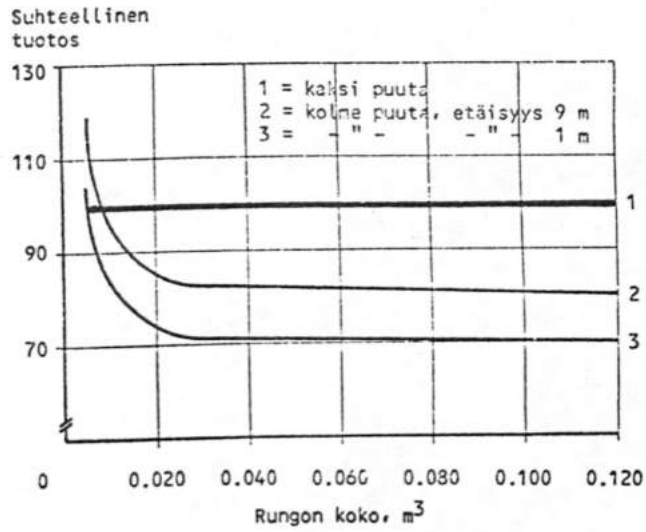
Kolmen puun käsittely yhden puun käsittelyn asemesta näyttää olevan edullisempaa, kun rungon koko on alle 0.025...0.060 m^3:n puun sijainnin mukaan (kuva 16).

Kuvasta 17 ilmenee, että tällä laitteistolla kolmen puun käsittely on edullisempaa kuin kahden puun käsittely vain aivan pieniä puita käsiteltäessä. Yleensä kolmen puun käsittely näyttää olevan niin paljon hitaampaa, että tuotos jää 20...30 % pienemmäksi kuin kahta puuta kerrallaan käsiteltäessä. Näin selvään eroon vaikuttaa ilmeisesti myös se, että kokeiltu laitteisto oli prototyyppi ja sen toiminnassa ilmeni selviä puutteita.

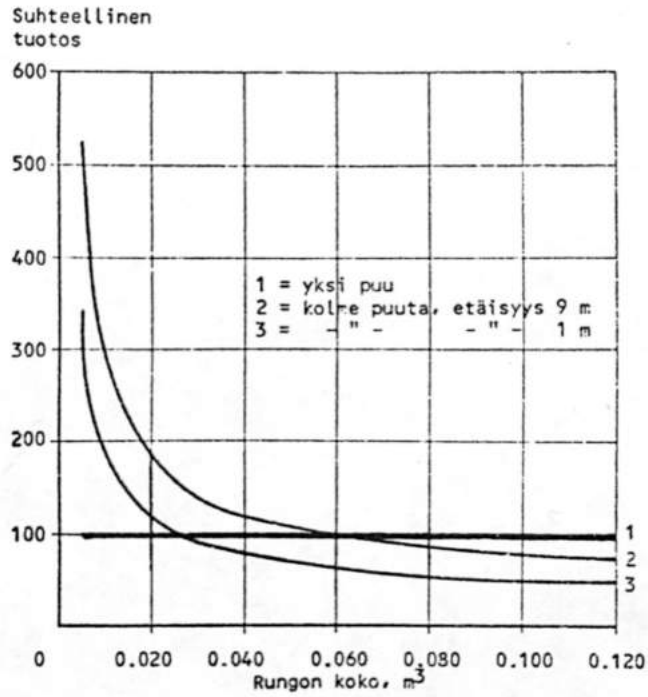
Tutkimustyömailla keskimäärin saavutetut tuotokset olivat 10...25 % suurempia, kuin jos samalla laitteistolla puut olisi kaadettu ja kasattu yksitellen.



Kuva 15. Varastoinnin vaikutus tuotokseen, kahden puun taakka / yhden puun taakka



Kuva 17. Varastoinnin vaikutus tuotokseen, kolmen puun taakka / kahden puun taakka



Kuva 16. Varastoinnin vaikutus tuotokseen, kolmen puun taakka / yhden puun taakka

4.6 Vaurioselvitys

Vaurioinventointi tehtiin menetelmässä B palstalla 1, jossa jäävän puuston tiheys oli 900 runkoa/ha. Vauriot inventoitiin viideltä koealalta, joista neljän pituus oli 40 m ja yhden 20 m. Koealojen leveys oli 30 m. Vaurioista mitattiin pinta-ala ja ne luokiteltiin syvyyden mukaan kahteen luokkaan. Vaurion katsottiin olevan matala silloin, kun vain puun kuori oli rikkoutunut, ja syvä silloin, kun myös puuainesta oli rikkoutunut.

Kaikkiaan 16 %:ssa jäävistä puista löydettiin jonkinasteinen vaurio. Tarkemmin vauriot on esitetty seuraavassa asetelmassa.

Vaurion laatu	Vaurion pinta-ala, cm^2 < 50	50...100	> 100
	Osuus kappalemäärästä, %		
Syvä	6	22	44
Matala	94	78	56
Yhteensä	100	100	100

Kaikkiaan vaurioista 77 % oli matalia eli vain puun kuori oli rikkoutunut. Niillä tuskin on merkitystä jäävän puuston kasvulle ja laadulle, koska kysymyksessä oli mänty. Syvien vaurioiden osuus kaikista vaurioista oli 23 % eli vajaat 4 % jäävästä puustosta oli kärsinyt sellaisia vaurioita, joissa myös puuainesta oli rikkoutunut.

Vaurioiden suurehko määrä johtuu suurelta osin puomiston rakenteesta ja suuren painon aiheuttamasta "kömpelyydestä" ja stabiliteettiongelmista.

5 PÄÄTELMIÄ

Nyt kokeiltu kaato-kasauskone koottiin olemassa olevista komponenteista, joten niiden tekninen yhteensopivuus ja toimivuus eivät voineet olla parhaita mahdollisia. Kuitenkin tästä koneesta ja muista samantapaisista ratkaisuista saatujen kokemusten perusteella on mahdollista tehdä muutamia päätelmiä.

Varsinkin pienipuustoisissa olosuhteissa usean puun käsittely samanaikaisesti parantaa koneen käytön kannattavuutta selvästi. Mahdollisuus käsitellä kahta puuta yhden sijasta parantaa tuotosta suhteellisesti eniten. Nyt kokeillulla tekniikalla kolmen puun samanaikainen käsittely ei enää juuri parantanut tulosta, mutta kehittyneemmällä tekniikalla useamman puun samanaikainen käsittely ilmeisesti parantaa tulosta edelleen. Toisaalta kaatolaitteen rakentaminen sellaiseksi, että sillä voidaan käsitellä monta puuta kerralla, nostaa sen painoa jonkin verran (kaatolaitteen ripustus niin, että puuta/puita voidaan liikutella pystyasennossa; puiden kiinnipitoelinten ja katkaisulaitteiden sellainen rakenne, että monen puun käsittely on mahdollista jne.).

Kokeilukoneessa puomiston ulottuvuus oli vain 11 m. Käytännön toiminnassa ulottuvuuden olisi kuitenkin oltava noin 15 m, ennen kuin toiminta harvennusmetsissä olisi mahdollista nykyisellä ajouraverkolla. Kokeillulla teknisellä ratkaisulla (tavallinen puutavarakuormain + liukupuomi) päästään 15 m:n ulottuvuuteen, mutta tällaisen puomiston käsittely on erittäin vaikeaa harvennusmetsässä. Ilmeisesti parempaan tulokseen päästäisiin esimerkiksi teleskooppirakenteisella puomistolla.

Kokeilukoneessa kaatolaite painoi noin 500 kg, mikä puolestaan aiheutti sen, että liukupuomin piti olla tavallista järeämpi. Näiden paino yhdessä kaatolaitteessa olevien puiden painon kanssa aiheutti koneelle suuria stabiliteettivaikeuksia. Samoin kaatolaitteen hallinta ääriulottuvuuksilla aiheutti melkoisia ongelmia. Kun puomiston ulottuvuutta lisätään 11 m:stä 15 m:iin, kaatolaitteen painon pitäisi pienentyä nykyisestä 500 kg:sta 360 kg:aan, jotta sivuttaisvääntö pysyisi edes nykyisenä. Mieluimmin sen pitäisi pienentyä huomattavasti enemmän, sillä myös puomiston jatkaminen lisää vääntömomenttia.

Kun puomiston ulottuvuus on esimerkiksi 15 m, sen käsittely vaatii jäävän puuston seassa hallintalaitteilta, puomiston rakenteelta ja kuljettajalta erittäin suurta tarkkuutta. Edelleen, jotta kuljettajan olisi mahdollista seurata puomiston liikkeitä – varsinkin sivuttaisliikkeitä – riittävän tarkasti, olisi hänen työskentelypaikkansa oltava mahdollisimman lähellä puomiston sisään-ulosliikkeen liikerataa.

Edellä mainittujen teknisten seikkojen lisäksi myös sekä kaatolaitteen että puomiston liikenopeuksia olisi pystyttävä parantamaan huomattavasti, ennen kuin tällä ratkaisulla päästään kilpailukykyisiin tuotoksiin.