

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian tutkimusosasto

1/1981

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Metsäteknologian osasto

SAARENKEDON KOURAHARVESTERI

Olli Eeronheimo

Helsinki 1981

ALKUSANAT

Tässä julkaisussa selostetaan maataloustraktorin kuormaimen kouran paikalle asennetulla harvesterilla tehtyjä alustavia kokeita, joita tullaan jatkamaan edelleen kuluvan vuoden aikana. Metsäntutkimuslaitos on suorittanut kokeet kiinteässä yhteistyössä koneen suunnittelijan ja rakentajan rakennusmestari TAPIO SAARENKEDON kanssa. Hirvaan metsäkonekoulun työnohjaajat JUHANI TUOHIMETSÄ ja RAIMO NIKU ovat olleet asiantuntijoina kehitystyössä, johon Metsäntutkimuslaitoksen puolesta ovat osallistuneet metsänhoitaja KLAUS RANTAPUU, metsäteknikko HANNU KALAJA, kenttämestari SAULI TAKALO ja professori PENTTI HAKKILA.

Metsätyönjohtaja JUSSI MAHOSENAHO Metsäntutkimuslaitoksesta ja metsäteknikko MATTI KARINIEMI Veitsiluoto Osakeyhtiöstä ovat avustaneet koetyömaitten järjestelyssä. Aikatutkimusaineiston keruu on pääosin ollut metsätyönjohtaja TAPIO NEVALAISEN vastuulla. Professori PENTTI HAKKILA on tarkastanut käsikirjoituksen. Konekirjoituksesta on huolehtinut neiti RAIJA SIEKKINEN.

Kiitokset kaikille työssä mukana olleille.

Helsingissä 10.2.1981

Olli Eeronheimo

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
1. JOHDANTO	3
2. HARVESTERIN ESITTELY	4
3. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY	6
4. TULOKSET	8
4.1. Tuotos	8
4.2. Käsittelyaika	9
4.3. Työn laatu	12
5. TULOSTEN TARKASTELUA	13
LÄHTEET	15

1. JOHDANTO

Puutavaran teosta on vuonna 1980 koneellistettu Suomessa arviolta 12 %. Koneellistamisen optimitasoksi nykyisellä kustannustasolla on arvioitu 30...35 %, mutta metsäalaa uhkaavan työvoimapulan vuoksi on perusteltua olettaa, että tulevaisuudessa koneellistamisaste saattaa nousta huomattavasti suuremmaksikin.

Pääosa Suomen vajaasta 200 monitoimikoneesta työskentelee avohakkuualoilla tai sellaisissa uudistukseen tähtäävissä kohteissa, joissa jäävien puiden lukumäärä on alle 150 kpl/ha. Nykyinen monitoimikonekalusto on raskasta ja kallista, minkä vuoksi harvesteri- ja prosessorikorjuuketjujen käyttö on taloudellista kuusivaltaisissa yli 600 m³:n leimikoissa, joissa pääosa rungoista sijoittuu rinnankorkeusläpimittaluokkiin 15...41 cm.

Pyrittäessä alentamaan puunkorjuukoneiden pääomakustannuksia on kuormaimen kouran paikalle asennettava prosessoritai harvesteriosia eräs vaihtoehto pienipuustoisissa päätehakkuuleimikoissa. Markkinoilla oli tammikuussa 1981 kaksi rullasyöttöistä kouraprosessoria: Finko 50 ja Volvo BM Valmet 450. Molemmat vaativat peruskoneeseen metsätraktorin.

Uusi kotimainen monitoimikoneratkaisu on rakennusmestari Tapio Saarenkedon kehittämä sykesyöttöinen kouraharvesteri, jonka peruskoneeksi sopii sekä metsä- että maataloustraktori. Laitteen ensimmäisen prototyypin työskentelyperiaate oli seuraava: Kone tarttuu kaadettavan puun tyveen ja karsii sen tyvipölkyn pituudelta. Puu katkaistaan sen jälkeen tyvipölkyn latvasta koneen tukeutuessa pystyssä olevaan tyveen. Puun latvaosa käännetään 60...90 astetta sekä karsitaan ja katkotaan pystyasennossa tukien harvesteriosaa edelleen tyvipölkkyyn. Lopuksi laite siirretään alas ja katkaistaan tyvipölkky. Pienien puitten osalta tyveen tukeutuminen on

tarpeetonta, joten ne voidaan katkaista tyvestä ja käsitellä joko pysty- tai vaaka-asennossa.

Laitteen tukeutuminen kannossa kiinni olevaan tyvipölkkyyn vakauttaa peruskonetta ja tekee mahdolliseksi suurien puiden käsittelyn verraten pienellä peruskoneella. Samasta syystä koneella on edellytyksiä työskennellä rinneilla, joilla traktori ei muutoin olisi kyllin vakaa työskentelemään.

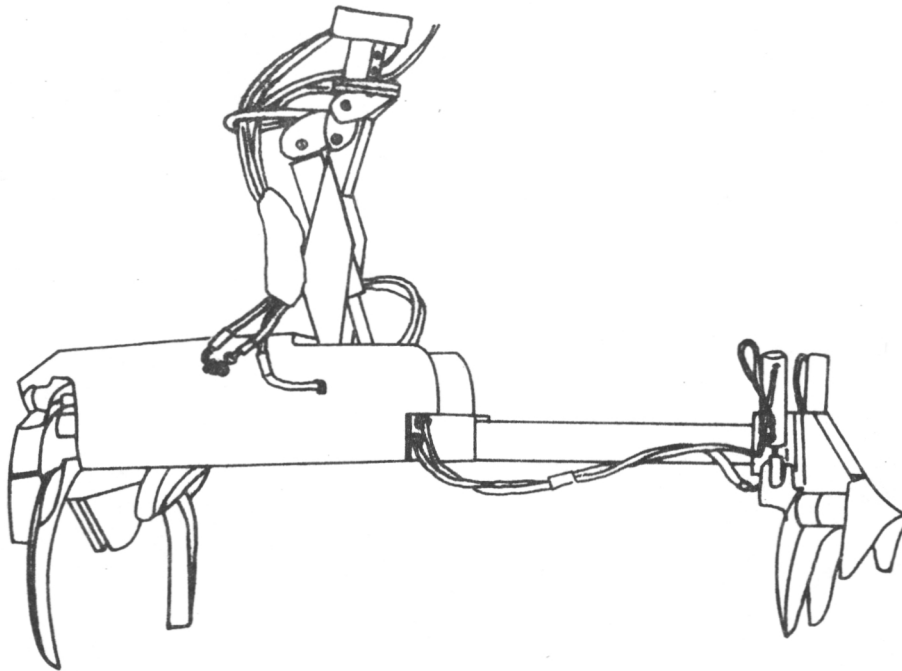
Tässä tutkimuksessa on tarkasteltavana keveämpi, riisuttu malli, joka on tarkoitettu kantoläpimitaltaan alle 35 cm olevien puiden käsittelyyn. Tällä laitteella puu kaadetaan tyvestä, joten tyvipölkkyyn tukeutuminen ei ole mahdollista.

2. HARVESTERIN ESITTELY

Saarenkedon harvesteri (kuva 1) kiinnitetään maatalous- tai metsätraktoriin kuormaimen kouran paikalle. Prototyypin peruskoneena on etupainoilla, erillisellä hydraulipumpulla, puoliteloilla ja Fiskarsin F 5000 -kuormaimella varustettu Ford 5000 -maataloustraktori, jonka teho on 47 kW. Kuormaimen kuusivipuhjaus ja harvesteriosan kaksivipuhjaus on sijoitettu traktorin ohjaamoon.

Harvesterin pääosat ovat kuormaimen kiinnitettävä tukikappale, runko kaksine 46 cm:n alatartuntaelimeen sekä karsintavarsi, jossa on yksi kiinteä ja kaksi liikkuvaa 40 cm:n pituista karsintaterää. Runkoon on sijoitettu myös ketjusaha moottoreineen. Sahan laipan pituus on 46 cm.

Koneessa on kuusi työsylinteriä, joista yksi liikuttaa karsintavartta ja yksi siirtää sahan laippaa. Jokaista neljää tartuntaelintä varten on oma työsylinteri, joka kohdistaa puuhun tartuntavaiheessa 27 kN:n voiman. Tartuntaelimillä saadaan pitävä ote 5...35 cm:n läpimittaisista puista. Kantoläpimitaltaan yli 30 cm:n puiden kaadossa joudutaan kuitenkin käyttämään vastasahausta.



Kuva 1. Saarenkedon kouraharvesteri.

Harvesteri voidaan asentaa traktoriin, jonka teho on vähintään 44 kW. Pienissä traktoreissa tarvitaan tukijalat.

Kaatoa valmisteltaessa harvesteriosa viedään puun tyvelle pystyasennossa tartuntaelimet auki ja karsintavarsi sisäänvedettynä. Kun runko on saatu tartuntaelimien otteeseen, tyvi katkaistaan hydraulimoottorin käyttämällä ketjusahalla.

Puu kaatuu vasta, kun laite käännetään karsinta-asentoon, sillä kaatosuunnan valinta on tehty mahdolliseksi sijoittamalla harvesteriosan tukipiste korkealle. Puu siirretään poikittain ajouralle, ja se jää puomiston kannattamaksi.

Karsintaterinä toimivat ylätartuntaelimet irtoavat hieman, kun karsintavarsi työnnetään ulos. Vastaavasti alatartunnat avautuvat, kun karsintavarsi vedetään sisään. Nämä

vuorottaiset liikkeet karsivat runkoa 80 cm:n pätkissä ja niitä toistetaan, kunnes haluttu pölkynpituus on saavutettu. Kun puu on katkaistu ketjusahalla, karsitaan ja katkotaan seuraava pölkky. Puun käyttöosan käsittelemisen jälkeen laite käännetään kaatoasentoon ja tartuntaelimet avataan, jolloin latvakappale irtoaa.

Sarjatuotantomalliin kaavailluista muutoksista tärkeimpiä ovat karsintauskun pidentäminen nykyisestä 80 cm:stä 100 cm:iin, sahamoottorin uusi sijoitus ja laitteen massan vähentäminen 350 kg:sta 300 kg:aan.

3. TUTKIMUSAINEISTO JA SEN KÄSITTELY

Metsäntutkimuslaitos on ollut mukana Saarenkedon harvesteerin kehitystyössä sen alkuvaiheesta lähtien. Keväällä 1980 konetta tutkittiin Metsäntutkimuslaitoksen Paljakan-Pyhäkosken kokeilualueessa ja heinäkuussa 1980 kerättiin 20 m³:n yksityiskohtainen aineisto, minkä jälkeen koneeseen tehtiin vielä työn laatua ja tuotosta parantaneita muutoksia.

Tässä julkaisussa kuvataan viimeistä työntutkimusta, joka tehtiin Veitsiluoto Osakeyhtiön työmaalla Rovaniemen maalaiskunnan Olkkavaarassa 11.-13. marraskuuta 1980. Samalla voitiin testata koneen toimintaa kylmissä oloissa, sillä lämpötila oli alimmillaan -28°C.

Korjuukohteena oli 120-vuotias sekametsikkö, joka hakattiin noin 3 m-puutavaraksi kasoihin ajouran varteen. Alueelle jäi männikkö siemenpuuasentoon, noin 80 runkoa/ha. Ainespuun kertymä oli 84 m³/ha, josta mäntyä oli 5 %, kuusta 52 % ja koivua 43 %. Hakkuun maastoluokka oli 1, oksaisuusluokka männyllä sekä koivulla 2 ja kuusella 3. Koneen kuljettajana toimineella metsäkonekoulun opettajalla oli työntutkimuksen alkaessa jo tuntuma Saarenkedon harvesterilla työskentelyyn.

Tutkimusta varten mitattiin 240 pystyvuusta rinnankorkeusläpimitta sekä kapeneminen yhden senttimetrin tasaavaa luokitusta käyttäen. Puiden pituudet arvioitiin aikatutkimuksen yhteydessä yhden metrin tasaavaa luokitusta käyttäen. Puut kuutioitiin ILVESSALON (1947) taulukoiden avulla. Ainespuun kertymä laskettiin pystymittaustuloksesta vähentämällä latvojen puumäärät läpimittaluokittain NYSSÖSEN (1978) taulukoiden perusteella ja kantojen puumäärät maastossa tehtyjen mittausten perusteella.

Aineistosta oli mäntyä $1,9 \text{ m}^3$, kuusta $10,4 \text{ m}^3$ ja koivua $8,7 \text{ m}^3$. Rungon käyttöosan keskimääräinen tilavuus oli männyllä $0,067$, kuusella $0,081$, koivulla $0,091$ ja koko aineistossa $0,084 \text{ m}^3$. Rungon käyttöosan pituus oli keskimäärin $6,6 \text{ m}$.

Aikatutkimus tehtiin palautus- eli nolla-asentomenetelmällä seuraavaa työvaihejaottelua käyttäen. Vaiheet 4 ja 5 suoritettiin puun pituudesta riippuen 1...4 kertaa.

1. Kaadon valmistelu
2. Tyven katkaisu
3. Puun siirto karsinta-asentoon
4. Karsinta
5. Katkonta
6. Traktorin siirtyminen

Koneen tuotos laskettiin rinnankorkeusläpimitan ja puun käyttöosan tilavuuden funktiona. Käsittelyajan jakautuminen työvaiheisiin laskettiin rinnankorkeusläpimittaluokittain niinikään.

Kantoon jäävän hukkapuun osuuden määrittämiseksi mitattiin 64 kannosta läpimitta sekä ylimmän kaatoa haittaavan juureniskan ja kaatoleikkauksen välinen etäisyys. Kantojen keskimääräiset osuudet runkopuusta sekä keskimääräiset kannonkorkeudet laskettiin puulajeittain.

Pölkyn pituuden vaihtelua sekä pölkyn latvaläpimitan vaikutusta siihen selvitettiin mittaamalla 11 % pölkyistä. Keskimääräinen kasan koko saatiin laskemalla 30 kasasta pölkkyjen keskimääräinen lukumäärä ja kertomalla se keskimääräisellä pölkyn tilavuudella.

4. TULOKSET

4.1. Tuotos

Koneen keskimääräiseksi tehoajan tuotokseksi ilman siirtymisiä ja keskeytyksiä muodostui $6,54 \text{ m}^3/\text{h}$. Männyllä vastaava tuotos oli $5,55 \text{ m}^3/\text{h}$, kuusella $6,56 \text{ m}^3/\text{h}$ ja koivulla $6,65 \text{ m}^3/\text{h}$. Tärkeimpänä syynä puulajien väliseen vaihteluun ovat runkojen kokoerot (ks. s. 7). Kun otetaan huomioon siirtyminen palstalla ja arvioidaan keskeytysten osuudeksi 15 % tuotantoajasta, saadaan keskimääräiseksi tuotokseksi $5,1 \text{ m}^3/\text{h}$.

Kuvassa 2 on selvitetty rinnankorkeusläpimitan vaikutusta tehotuntituotokseen ilman siirtymisiä. Kuvassa 3 on esitetty käyttötuntituotos rungon käyttöosan tilavuuden funktiona, kun siirtymiset ja keskeytykset on huomioitu. Aineistosta laskettiin seuraavat regressioyhtälöt:

Tehotuntituotos	Selitysaste, %
Mänty $y = 48,414 \cdot x + 1,926$	82,1
Kuusi $y = 48,957 \cdot x + 2,120$	77,9
Koivu $y = 42,490 \cdot x + 2,269$	81,0
Kaikki $y = 45,644 \cdot x + 2,208$	78,6

y = tehotuntituotos ilman siirtymisiä ja keskeytyksiä,
 m^3/h

x = rungon käyttöosan tilavuus, m^3

Käyttötuntituotos

Selityssaste, %

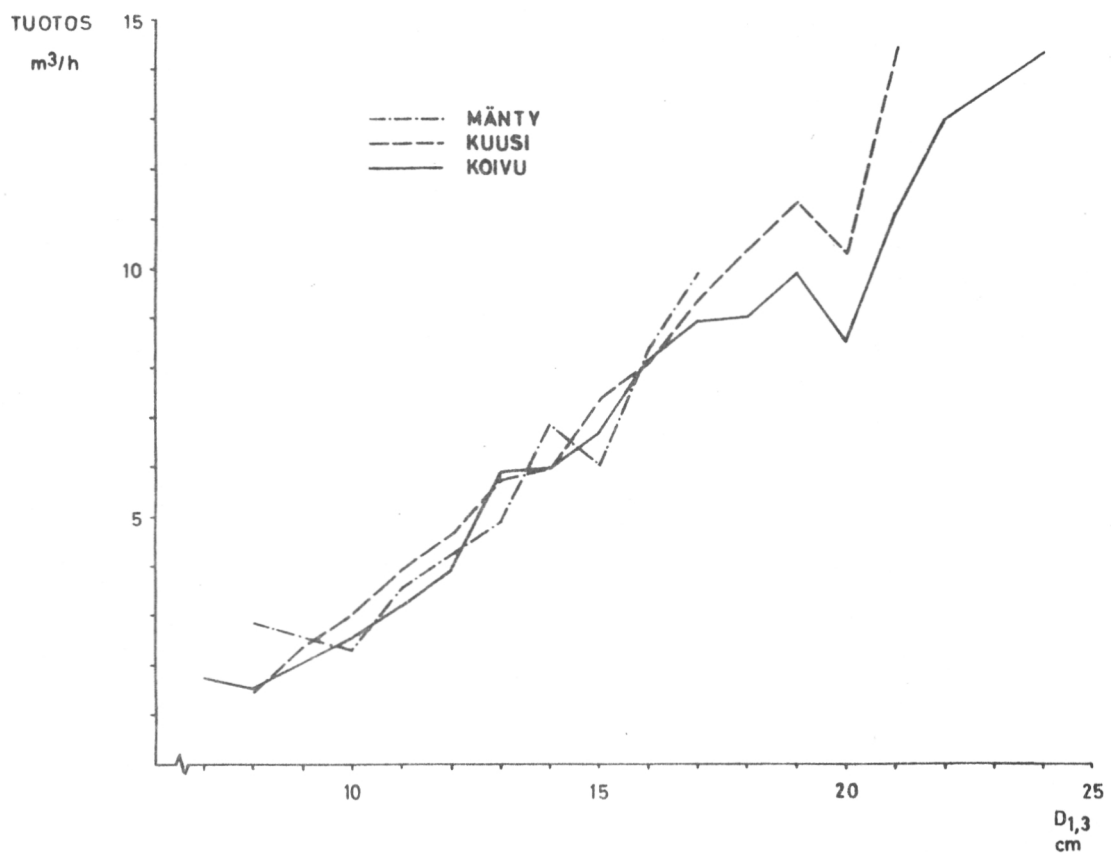
Mänty	$y = 27,737 \cdot x^{0,699}$	88,0
Kuusi	$y = 28,399 \cdot x^{0,695}$	88,8
Koivu	$y = 28,581 \cdot x^{0,716}$	85,2
Kaikki	$y = 27,646 \cdot x^{0,695}$	89,0

y = käyttötuntituotos, m^3/h (keskeytyksiä 15 % tuotantoajasta)

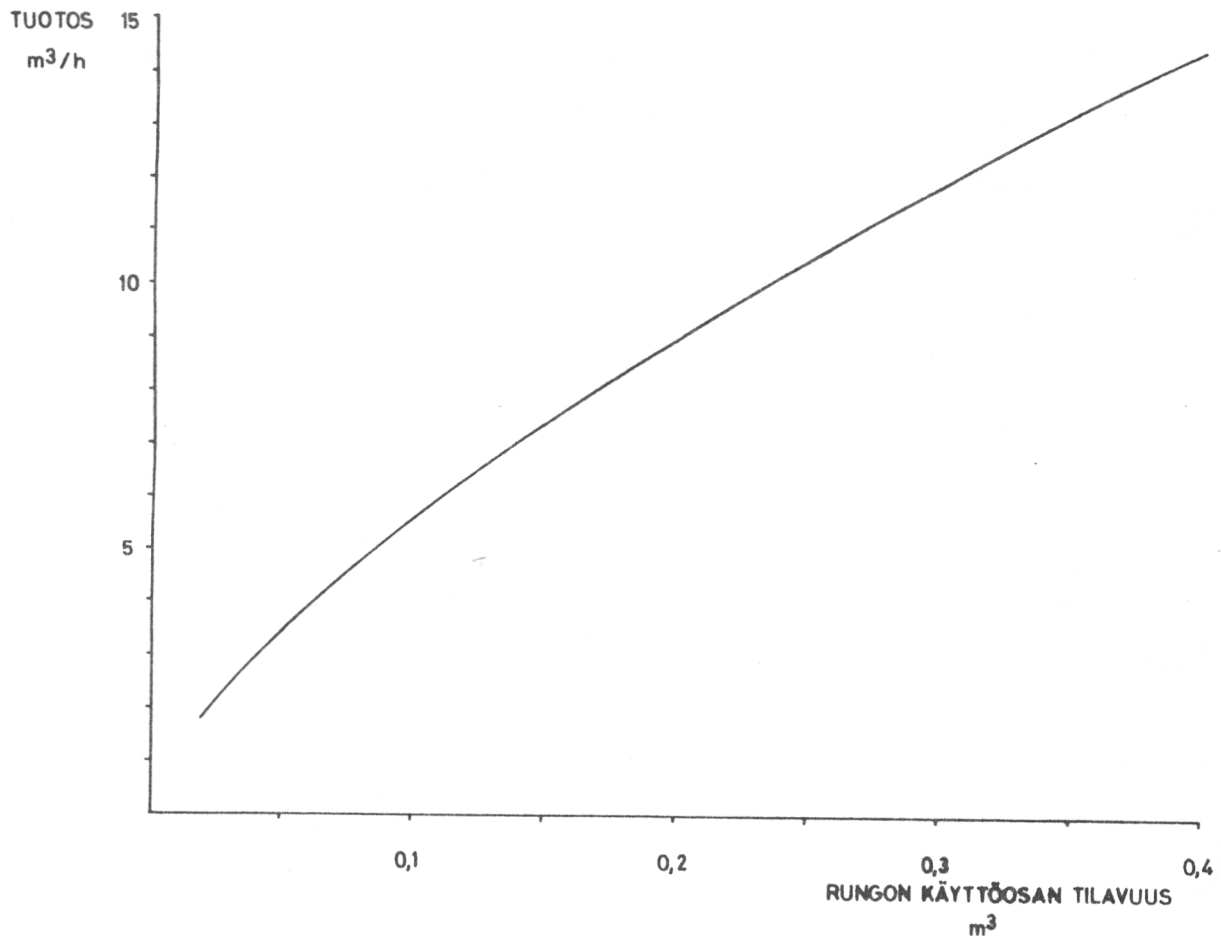
x = rungon käyttöosan tilavuus, m^3

4.2. Käsittelyaika

Keskimäärin kone käsitteli rungon 76,8 senttiminuutissa. Puulajeittain käsittelyaika muodostui seuraavaksi: mänty 72,7 cmin/r, kuusi 73,7 cmin/r ja koivu 81,7 cmin/r. Tässäkin tapauksessa rungon koko näyttää olevan tärkein syy eroihin.



Kuva 2. Rinnankorkeusläpimitan vaikutus tehotuntituotokseen ilman siirtymisiä.

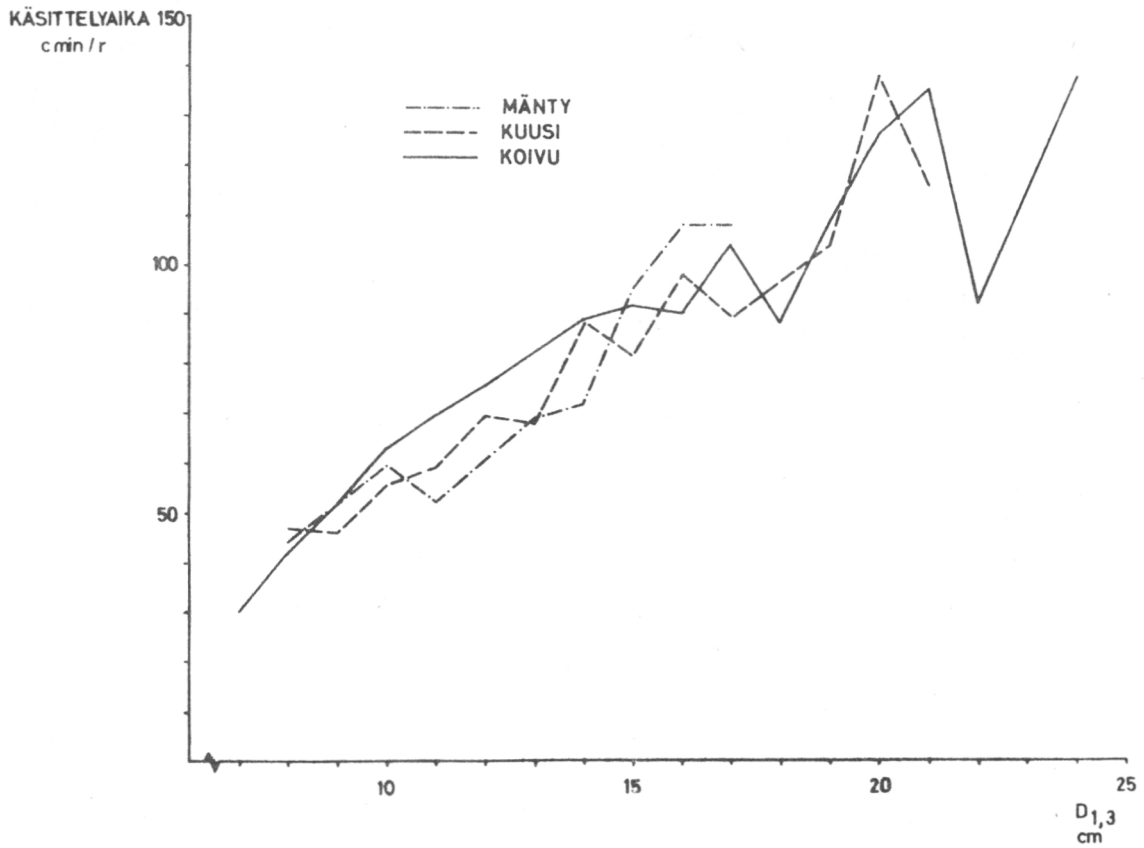


Kuva 3. Rungon käyttöosan tilavuuden vaikutus keskimääräiseen käyttötuntituotokseen (keskeytysten osuus 15 %).

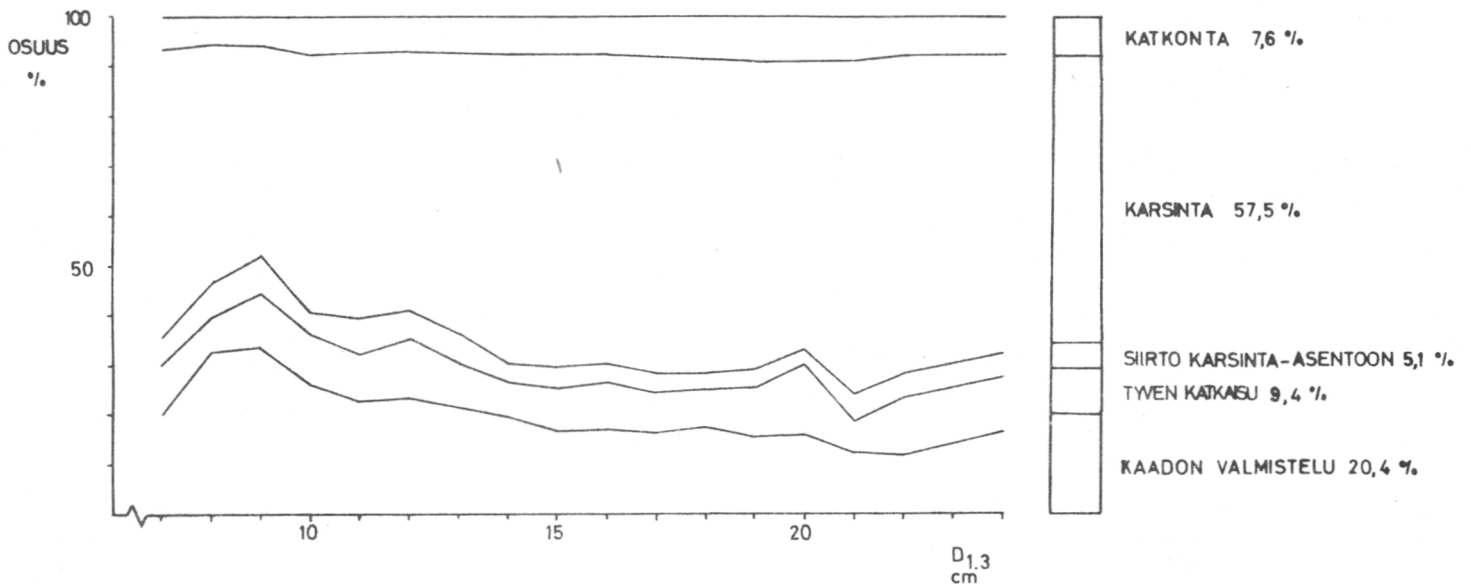
Kuvissa 4 ja 5 (s. 11) on havainnollistettu rinnankorkeusläpimitan vaikutusta käsittelyaikaan ja sen jakautumiseen.

Kaadon valmistelun osuus käsittelyajasta on keskimäärin 20 %. Puun koolla ei ole vaikutusta kaadon valmistelun ajanmenekkiin, joten sen suhteellinen osuus pienenee puun koon kasvaessa. Maasto, kivisyys ja tiheät puuryhmät vaikeuttavat tätä työvaihetta.

Tyven katkaisuun kului aikaa keskimäärin 7 cmin eli 9 % käsittelyajasta. Koivun tyven katkaisu kesti 20 % kauemmin kuin männyn ja kuusen. Puun siirto karsinta-asentoon vei 5 % käsittelyajasta. Puiden sijoittuminen palstalla tiheisiin ryhmiin lisää tämän työvaiheen ajanmenekkiä huomattavasti.



Kuva 4. Rinnankorkeusläpimitan vaikutus käsittelyaikaan.



Kuva 5. Rinnankorkeusläpimitan vaikutus käsittelyajan jakaumaan.

Karsintaan kuluu puun koosta riippuen 42...67 % ja keskimäärin 58 % käsittelyajasta. Koivun karsinta oli hieman hitaampaa kuin männyn ja kuusen. Ensimmäinen karsintavaihe kesti keskimäärin 21,8 cmin, toinen 17,6, kolmas 17,2 ja neljäs 15,4 cmin. Ensimmäisen karsinnan muita suurempi ajanmenekki johtuu osittain muutamista alatartuntaelimien lipsahduksista, jolloin puuhun jouduttiin tarttumaan uudelleen. Karsintavaiheessa puun keskimääräinen syöttönopeus oli 0,25 m/s.

Käsittelyajasta 8 % kului puiden katkontaan. Katkonnan keskimääräisessä ajanmenekissä ei havaittu merkittäviä eroja eri puulajien eikä toisaalta eri katkontaleikkausten välillä.

Siirtymisen osuus tehoajasta oli 9 %. Kolmasosa siirtymisajasta kului työmenetelmästä johtuviin pitkiin siirtoihin - keskimäärin 38 m - ja kaksi kolmasosaa lyhyisiin, keskimäärin 4 metrin siirtoihin. Pitkissä siirroissa traktorin nopeus oli 1,4 km/h. Vastaava luku lyhyissä siirroissa oli 0,6 km/h. Siirtyminen kesti keskimäärin 8 cmin/runko.

4.3. Työn laatu

Ylimmän kaatoa haittaavan juurenniskan ja kaatoleikkauksen välinen etäisyys eli kannon korkeus oli keskimäärin 5,7 cm. Keskiarvon nostivat tälle tasolle pääasiassa muutamat lähikäin sijainneet suhteellisen suuret puut, joiden väliin alatartuntaelimet sopivat vasta 10...30 cm:n korkeudella.

Koivun latvaosan ylöspäin suuntautuvien oksien karsinta tuottaa vaikeuksia useimmille koneellisille karsintalaitteille, myös tutkitulle prototyyppiharvesterille. Muilla puulajeilla karsintajälki oli erinomainen, tosin tällä työmaalla ei ollut paksuoksaisia puita. Mutkaisetkin rungot kulkivat karsinnan läpi moitteitta.

Silmämääräisesti katkottavan puutavaran pituus saa periaatteessa poiketa enintään 10 % ohjearvosta. Tutkimusaineistossa yli 10 % poikkeavia pölkkyjä oli 9,5 %. Pölkkyjen keskimääräinen pituus oli 290 cm ja pituuksien keskiahajonta 16,0 cm. Pölkyn latvaläpimitalla ei ollut vaikutusta pölkyn pituuteen.

Koska harvesterissa ei ole pölkyn mittauksen automatiikkaa, pölkyn pituus jää kuljettajan säädeltäväksi. Prototyyppikoneen 80 cm:n karsintasyke on epäedullinen katkottaessa puutavara tasametreille. Karsintasykkeen pidentäminen yhteen metriin helpottaa koneen käyttäjän työtä ja parantaa mittatarkkuutta.

Kourakasojen keskimääräinen koko oli kuusella 0,30 m³ ja koivulla 0,31 m³, mutta männyllä se jäi alhaisesta tavaramäärästä johtuen 0,07 m³:iin. Puulajien erottelu ja kasojen paikkojen valinta oli suoritettu ammattitaidolla. Pölkkyt olivat kasoissa kuitenkin jonkin verran sekaisin, eivätkä pölkkyjen päät olleet aivan tasan.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Tämän alustavan tutkimuksen tulokset pohjautuvat suppeaan aineistoon yhdeltä työmaalta, jossa korjattavat puut lisäksi olivat pieniä: 95 % puista oli rinnankorkeusläpimitaltaan alle 20 cm. Koska on kyse prototyyppikoneen kehityksestä ja pääasiassa iltaisin sekä viikonloppuisin tapahtuvasta työstä, ei laajaa ja monipuolista aineistoa ollut vielä mahdollista hankkia. Aineisto lienee kuitenkin riittävä osoittamaan maataloustraktorisoitteen harvesterin käyttömahdollisuudet.

Saarenkedon harvesterin hinta tulee olemaan valmistusmäärästä riippuen 70 000...100 000 markkaa. Laitteen käyttökustannukset yksivuorotyössä 60 %:n käyttöasteella ovat arviolta 40 mk. Vuotuisista kokonaiskustannuksista

on kiinteiden kustannusten osuus 60 %. Maataloustraktori ja kuljettaja mukaan luettuina yhdistelmän käyttötuntikustannukset ovat vastaavasti noin 110 mk.

Harvennushakkuissa konetta ei ole tutkittu, mutta kysymykseen tuskin tulevat ainakaan varhaiset harvennukset. Avohakkuissa Saarenkedon harvesteri näyttää olevan kilpailukykyinen sekä miestyön että muiden harvestereiden kanssa. Tässä leimikossa puutavaran valmistuksen kustannukset olivat 21,36 mk/m³. Miestyönä ne olisivat olleet sosiaalikustannuksineen 24,82 mk/m³ (Metsä- ja uittoalan... 1980). Laitteen tuotoksista yli 0,25 kuutiometrin puilla on vain muutamia havaintoja, mutta niiden perusteella harvesteri olisi käyttökelpoinen ainakin sellaisissa leimikoissa, joissa rungon keskikoko ei ylitä 0,30 m³. Tukkipuiden käsittelylaitteella saattaa mittausvaikeuksista johtuen alentaa sahatavaran saantoa.

Maataloustraktorin maastokelpoisuus harvesterin voimanlähteenä on useimmissa leimikkokohteissa tyydyttävä. Kookkaita puita käsiteltäessä peruskoneeseen ja kuormaimeen kohdistuva rasitus saattaa kuitenkin nousta suureksi. Mikään ei luonnollisestikaan estä käyttämästä laitteen voimakoneena metsätraktoria, jolloin maastokelpoisuus edelleen paranee, mutta tuntikustannukset nousevat silloin 200 markkaan.

Alhaisempien käyttötunti- ja siirtokustannusten vuoksi Saarenkedon harvesterin kilpailukyky on muihin monitoimikoneisiin verrattuna parhaimmillaan silloin, kun leimikot ja korjattavat puut ovat pieniä. Laitteen avulla voidaan niin ollen laajentaa harvesterien käyttöaluetta. Kohtuullisten pääomakustannusten vuoksi harvesteripohjainen puunkorjuu voidaan tätä tietä saada myös entistä useamman yrittäjän ulottuville.

Saarenkedon harvesterin kehittäminen jatkuu edelleen, ja Metsäntutkimuslaitos tulee suorittamaan kuluvana vuonna jatkotutkimuksia sen käytöstä avo- ja harvennusleimikoissa.

LÄHTEET

- ILVESSALO, Y. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot.
Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja
34. Helsinki.
- NYYSSÖNEN, A. 1978. Metsän arvioiminen. Tapion Tasku-
kirja. 18. p. Jyväskylä.
- Metsä- ja uittoalan työehtosopimuksen mukaiset m³-perus-
taiset metsätyöpalkkojen taulukot 1.10.1980
alkaen. Palkkausalue 1. Metsä- ja uittoalan
TES-sopijapuolet. Huhmari.

