

## **Naarva RS25 ensiharvennuksessa ainespuun sekä aines- ja energiapuun integroidussa hakkuussa**

Kaarlo Rieppo ja Arto Mutikainen, TTS tutkimus

Naarva RS25 on giljotiinikatkaisulla varustettu hakkuulaite, jossa on perinteiseen sykeominaisuuteen kytketty vajereiden välityksellä mekaanisesti toimivat syöttörullat. Kun sykesylinteri syöttää karsimapäätä yhden metrin, rullat syöttävät puuta kaksi metriä. Näin saadaan kolmen metrin syöttö yhdellä sykkeen iskulla. Karsinta voidaan myös pysäyttää kesken iskunpituuden. TTS tutkimuksen tekemässä selvityksessä laitteella saavutettiin mäntyvaltaisessa ensiharvennusleimikossa ainespuun hakkuussa 5,2 m<sup>3</sup>:n tuottavuus tehotunnissa, kun rungon koko oli 92 dm<sup>3</sup>. Yhdistetyssä aines- ja energiapuun hakkuussa tuottavuudeksi tuli 5,5 m<sup>3</sup> tehotunnissa 62 dm<sup>3</sup>:n rungon koolla.



Kuva 1. Naarva RS25 -rullasykeharvesterissa katkaisugiljotiinin kypälien 25 cm:n kokonaiskorkeus ja 15 cm korkeat syöttörullat antavat puun rungolle liikkumavaraa, joten kohtuullisen mutkaisenkin puun käsittely käy paremmin.

Naarva RS25 -hakkuulaite voidaan kiinnittää hydraulikuormaimen kouran tilalle, ja se ei vaadi lisäletkutusia. Kun laite varustetaan lisälaitteena saatavalla radio-ohjauksella, kuormaimen puumiin ei tarvitse asentaa ohjauskaapelia, ja rotaattoria voi pyörittää vapaasti ympäri. Lähetin ja 12 V akku ovat hakkuulaitteessa omassa kotelossaan. Toinen akku, joka invertterin ja laturin kanssa sisältyy tähän lisälaitetoimi-

tukseen, voi olla traktorin ohjaamossa la-dattavana. Vain paristokäyttöinen lähetin on asennettava kuormaajan käyttöviipuun. Hakkuulaitteen ja kouran vaihto on nopeaa, mikä mahdollistaa puutavaran ajon samalla peruskoneella.

Naarva RS25:lle suositellaan peruskoneeksi metsäkuormaajalla varustettua traktoria tai pientä ajo- tai kaivinkonetta. Tarvittava kuormaajan nettonostomomentti



Kuva 2. Syöttöruullia pyörittävät vaijerit kelautuvat uritetulle kelalle. Näin syöttövoima ja -pituus pysyvät joka rullan kierroksella vakiona.

on suosituksena 50 kNm ja vähintään 35 kNm. Öljyntuoton olisi oltava 40–70 l/min, ja suositeltava paine on 16–18 MPa.

Karsintavoima on rullasyötössä luonnollisesti pienempi kuin pelkällä sykesyötöllä (kuva 2). Edelleen on kuitenkin mahdollista käyttää tätäkin hakkuulaitetta pelkällä sykkeellä, jos tarvitaan enemmän karsin-

tavoimaa. Tämä edellyttää syöttöruullia pyörittävien pikalukoilla varustettujen vaijereiden kiinnityspaikan muuttamista liikkuvasta karsintateräyksiköstä hakkuulaitteen runkoon käsin. Sekä rullilla että sykkeellä on vielä kummallakin mahdollista saada kaksi nopeutta. Valmistajan ilmoittamat nopeudet ja voimat ovat: rullilla nopea liike 1,35 m/s – n. 4 kN, rullilla hidasa liike 0,82 m/s – n. 10 kN, sykkeellä nopea liike 0,46 m/s – n. 12 kN ja sykkeellä hidasa liike 0,28 m/s – n. 33 kN.

Hakkuulaitteen paino ilman rotaattoria ja riipuketta on 380 kg. Sen korkeus kaatoasennossa on 173 cm ja leveys giljotini-katkaisun kypälät auki 80 cm. Maksimi katkaisuhalkaisija on 25 cm ja katkaisuvoima 108 kN, kun paine on 17 MPa. Karsintalapimitta on 5–25 cm.

Naarva RS25 -hakkuulaitetta valmistaa Pentin Paja Oy, ja sen hinta on 17 600 €. Lisävarusteena saatava radio-ohjaus maksaa 1 700 €. Laite tuli myyntiin keväällä 2008.

TTS tutkimus selvitti Naarva RS25 -sykerullaharvesterin tuottavuutta Espoossa helmikuussa 2009. Tutkimus on osa Metka (Metsäenergiaa kannattavasti) -hanketta.

### Kaksi hakkuumenetelmää: ainespuu ja integroitu

Peruskoneena, johon Naarva RS25 -hakkuulaite oli asennettu, oli runko-ohjauksinen Valtra X120 vuosimallia 2002. Koneessa oli kaksivipuohjaus ja taakseajo-laitteet. Nosturina oli Kronos 5000 vuosimallia 1998, ja sen ulottuvuus oli 7,5 m (kuva 3). Hakkuulaite oli varustettu radio-ohjauksella.

Tutkimuskohteena oli noin 30-vuotias



Kuva 3. Tutkittu koneyhdistelmä tutkimustyömaalla. Peruskoneessa oli etuakselin vakaaja ja 300 kg etupainoja. Öljyn tuotto 60 cm<sup>3</sup>:n keulapumpulla oli 84 litraa minuutissa traktorin moottorin kierrosten ollessa 1400 minuutissa.



Kuva 4. Tutkimuskohteen puustoa ennen hakkuuta.



Kuva 5. Työntutkimus käynnissä ja jäävää puustoa ja hakkuujälkeä.

ensiharvennumännikkö (kuva 4). Osa rungoista oli tyviosaltaan varsin mutkaisia. Kokeiden aikaan oli pakkasta muutama aste ja lunta 10–15 cm. Puut olivat lumetomia.

Tutkittavia työmenetelmiä oli kaksi. Ainespuumenetelmässä tehtiin pelkästään kuitupuuta, jonka tavoitepituus oli 3 metriä. Tästä työtavasta kuljettajalla oli kokemusta jo kymmenen vuoden ajalta aiemmalla Naarvan sykehakkuulaitteella. Integroidussa menetelmässä tavanomaisen 3-metrisen kuitupuun lisäksi kasattiin ainespuun latvat ja ainespuuta sisältämättömät pienet puut karsimattomina energiapuiksi. Tätä menetelmää kuljettaja ei

ollut aiemmin kokeillut. Molemmissa menetelmissä hakattiin puut ajouralta sekä ajouran molemmilta puolilta kuormaimen ulottuvuuden lisäksi ajouralta jäävän puuston sekaan tehdyin pistoin. Näin ajourien väliksi saatiin mittausten mukaan tasan 20 metriä. Ajouran leveydeksi puolestaan muodostui 3,9 metriä.

Keskimääräinen toteutunut pölkyn pituus oli 301 cm. Pölkkyistä 47 % oli katkottu  $\pm 2$  cm:n ja 79 %  $\pm 5$  cm:n tarkkuudella. Katkaisujälki oli siisti (kuva 6)

Lähtöpuuston tiheys oli keskimäärin 2000 r/ha. Ainespuumenetelmässä se oli noin 1800 r/ha ja integroidussa menetelmässä 2200 r/ha. Lähtöpuuston tilavuusmäärät olivat: keskimäärin 189 m<sup>3</sup>/ha, ainespuumenetelmä 178 m<sup>3</sup>/ha ja integroitu menetelmä 201 m<sup>3</sup>/ha.

Tutkimuskohteen puustosta oli mäntyä 79, kuusta 14 ja koivua 7 prosenttia. Integroidun menetelmän koealalla oli jonkin verran enemmän koivua ja kuusta kuin ainespuukohteella.

Kohde hakattiin tarkoituksellisesti suhteellisen harvaksi (kuva 5). Jäävää puustoa oli keskimäärin noin 600 r/ha. Integroidussa menetelmässä jääviä puita oli hieman enemmän kuin ainespuumenetelmässä. Jäävän puuston tilavuudet olivat: keskimäärin 85, ainespuumenetelmä 96 ja integroitu menetelmä 65 m<sup>3</sup>/ha. Kuljettaja ei pyrkinyt tekemään ainespuukasoista täydellisiä, koska hän ajoi itse puut pois ja totesi taakan keräilyyn olevan helppoa kuormaimella, vaikka kasat olisivatkin hieinan sekavia.

Kuvassa 7 on esitetty hakattujen puiden rinnankorkeusläpimittajakaumat menetelmittäin. Integroidun työmenetelmän koe-kohteella rungon koko oli pienempi kuin ainespuumenetelmän kohteella. Poistettujen puiden keskimääräinen rungon koko oli ainespuumenetelmässä 92 dm<sup>3</sup> ja integroidussa menetelmässä 63 dm<sup>3</sup>.



Kuva 6. Katkontajälki oli siisti.

### Hakkuun tehoajan jakautuminen

Tehotyöajasta karsinnan ja katkonnan osuus oli suurin (kuva 8). Ainespuumenetelmässä tämä osuus oli 44 %. Integroidussa menetelmässä osuus oli selvästi pienempi, koska osa ajasta (15 %) kului latvan ja pienten puiden kasauksiin ja rungon koko oli pienempi kuin ainespuumenetelmässä. Integroidussa menetelmässä kaatotyövaihe vei lähes yhtä paljon aikaa kuin karsinta ja katkonta. Hakkuulaitteen vientiin puulle käytettiin 16–19 % tehoajasta. Siirtyminen vei 10–11 % tehoajasta.

### Tuottavuus

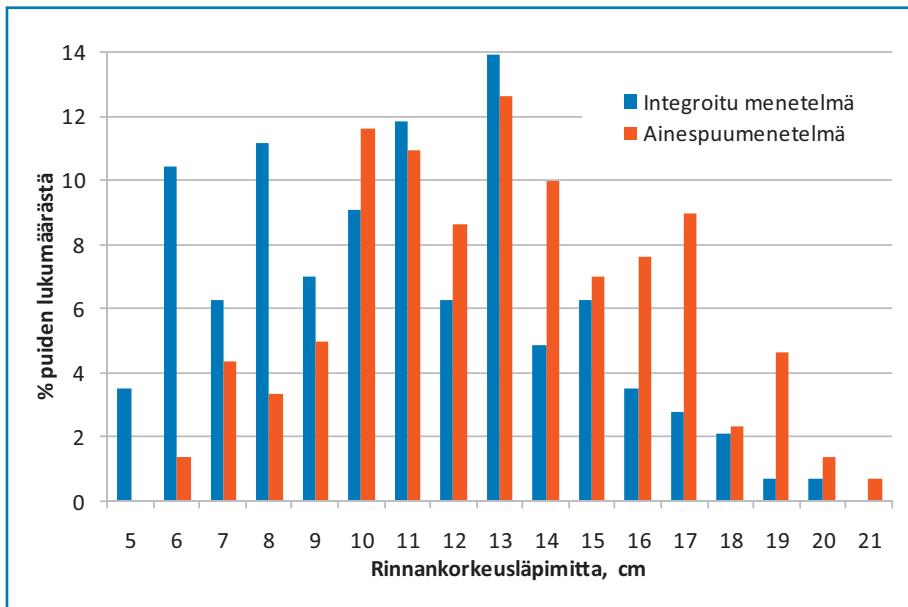
Tuottavuus ainespuumenetelmässä oli 5,2 m<sup>3</sup> kuitupuuta tehotunnissa. Integroidussa menetelmässä tehtiin kuitupuuta 3,1 m<sup>3</sup> tehotunnissa ja samalla energiapuuta (latvukset ja pienet puut) 2,4 m<sup>3</sup> tehotunnissa. Yhteistuottavuus integroidussa menetelmässä oli siten 5,5 m<sup>3</sup> tehotunnissa. Tuottavuusero ainespuun osalta näiden kahden menetelmän välillä johtui suurimmalta osalta rungon koosta, joka oli integroidussa menetelmässä selvästi pienempi kuin ainespuumenetelmässä. Latvan ja pienten puiden kasaushan vei integroidussa menetelmässä kokonaistehoajasta vain 15 %.

Runkomääräisissä tuottavuuksissa ei menetelmien välillä ollut juuri eroa. Ainespuumenetelmässä käsiteltiin 77 ja integroidussa menetelmässä 74 runkoa tehotunnissa.

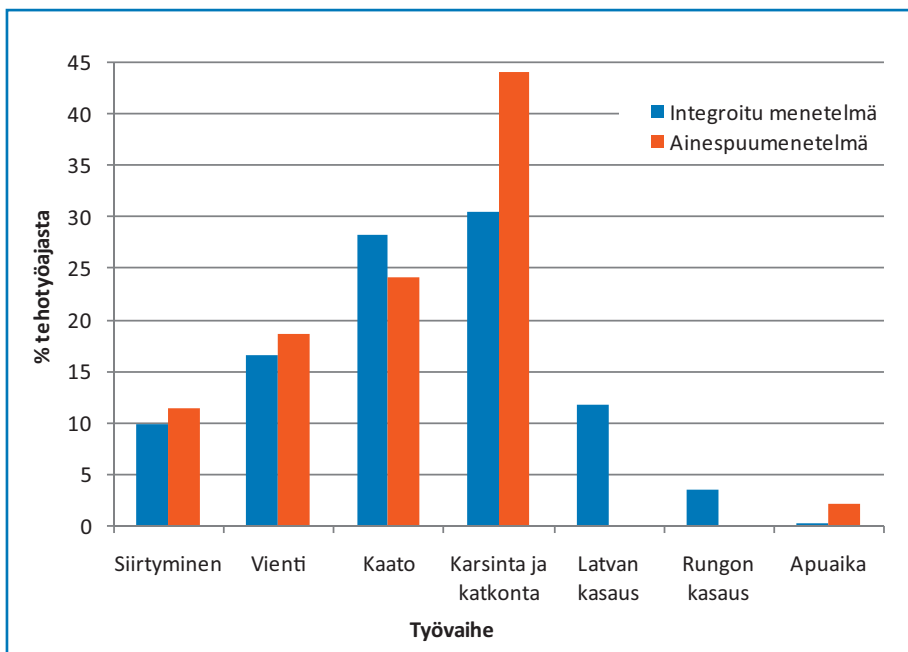
Laskennallisesti arvioitiin, mikä olisi ollut tuottavuus integroidulla menetelmällä ainespuukohteen rungon koolla. Tällöin oletettiin, että rungon latvaosan käsittely eli kasaaminen vei yhtä paljon aikaa samankokoista runkoa kohti kuin se vei integroidulla kohteella. Edelleen oletettiin, että ainespuukohteen vastaavaa kohdetta tehtäessä integroidulla menetelmällä ei tulisi pieniä puita energiapuiksi. Tällaisiin oletuksiin, kun siis rungon koko olisi ollut 92 dm<sup>3</sup>, olisi integroidulla menetelmällä tuottavuudeksi tullut 4,5 m<sup>3</sup> kuitupuuta ja 2,4 m<sup>3</sup> energiapuuta tehotunnissa. Yhteistuottavuus olisi siten ollut 6,9 m<sup>3</sup> tehotunnissa.

Kuvassa 9 on esitetty tuottavuus (m<sup>3</sup>/tehotunti) rinnankorkeuslähimittan mukaan. Integroidussa menetelmässä on esitetty erikseen pienten karsimattomina käsiteltävien puiden tuottavuus sekä tuottavuus niiden puiden osalta, joista tehtiin kuitupuuta ja latvat karsimattomina energiapuiksi. Edelleen integroidussa menetelmässä tuottavuus on jaettu kuitupuulle ja latvaenergiapuulle. Suurimmat käsitellyt puut tutkimuksessa olivat rinnankorkeusdelta 20 senttimetrin luokkaa. Tällä puun koolla ei vielä näyttänyt tuottavuus lähtevän tasoittumaan.

Kuitupuun tuottavuus oli integroidussa



Kuva 7. Poistettujen puiden rinnankorkeuslähimittajakauuma menetelmittäin



Kuva 8. Tehotyöajan jakautuminen työvaiheisiin työmenetelmittäin

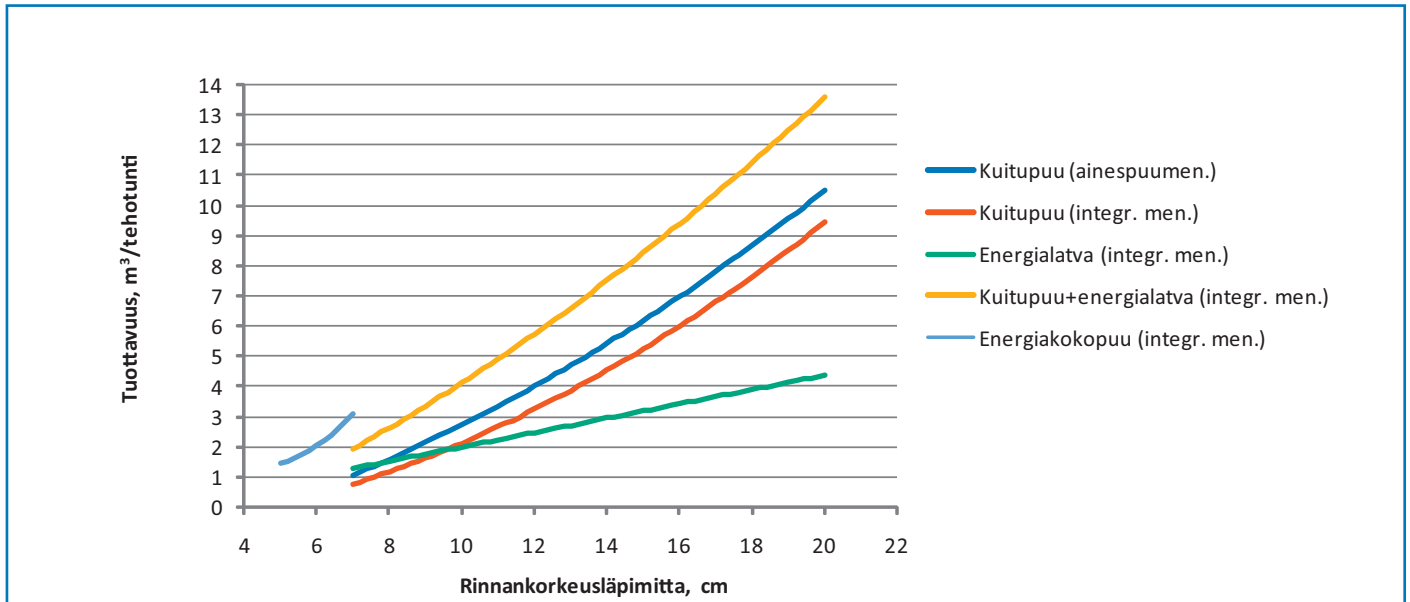
menetelmässä 10–30 % pienempi kuin pelkässä ainespuumenetelmässä tutkimuksessa toteutuneella rinnankorkeuslähimittajakaumalla (kuva 10). Vastaavasti yhdistetyn kuitu- ja latvaenergiapuun tuottavuus oli 30–80 % suurempi kuin kuitupuun tuottavuus ainespuumenetelmässä.

### Kustannuslaskelma

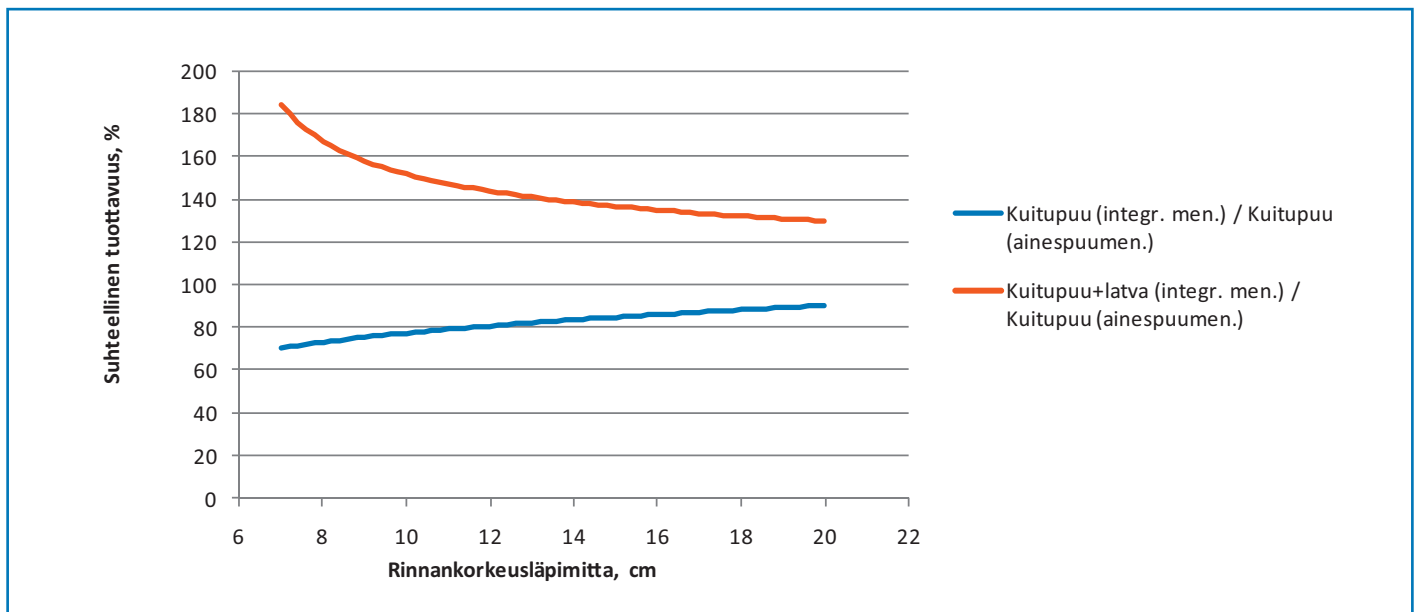
Kustannuslaskelma tehtiin sekä osa-aikaiselle hakkuutyölle että kokoaikaiselle urakoinnille. Osa-aikainen hakkuutyö voi olla esimerkiksi vuosittaista hankintahakkuuta omassa metsässä ja/tai lyhytaikaista urakointia muille. Laskelman kokoaikaisessa urakoinnissa työtä tehdään yhdessä vuo-

rossa 11 kuukautta vuodessa. Laskelmissa käytetyt koneyhdistelmän hankintahinnat, vuotuiset käyttötuntimäärät sekä muut laskentaperusteet on esitetty taulukossa 1. Maataloustraktori on metsävarusteinen (esim. metsäohjaamo, taakseajolaitteet, metsärenkaat, polttoainetankin suojaus) ja kuormain on runkosovitteen.

Koneyhdistelmän käyttötuntikustannus hankintahakkuussa oli 57,58 euroa ja urakoinnissa 46,17 euroa. Yksikkökustannukset (€/m<sup>3</sup>) ainespuumenetelmässä sekä integroidussa menetelmässä on laskettu erikseen tehotunti- ja käyttötuntituottavuuteen perustuen. Käyttötuntituottavuus on saatu lisäämällä tehoaikaa Metsäte-



Kuva 9. Tuottavuus rinnankorkeusläpimitan mukaan ainespuumenetelmällä ja integroidun menetelmän eri raaka-aineosilla.



Kuva 10. Kuitupuun sekä kuitu- ja latvaenergiapuun suhteellinen tuottavuus integroidussa menetelmässä verrattuna kuitupuun tuottavuuteen ainespuumenetelmässä rinnankorkeusläpimitan mukaan.

Taulukko 1. Koneyhdistelmän tuntikustannukset (ilman arvonlisäveroa) ja niiden laskentaperusteet						
Kustannustekijä	Maataloustraktori metsävarustein		Hydraulikuormain		Hakkuulaite	
	Hankintatyö	Urakointityö	Hankintatyö	Urakointityö	Hankintatyö	Urakointityö
Hankintahinta, euroa	72 100	72 100	24 600	24 600	15 750	15 750
Käyttötunnit vuodessa	1 000	1 515	750	1 515	400	1 515
Pitöaika, vuotta	6	6	6	6	7	3,5
Korkoprosentti	4	4	4	4	4	4
Jäännösarvo	12 832	12 832	4 378	4 378	2 102	3 487
Polttoaine, euroa/vuosi	4 500	6 819				
Kuljettajan palkka, euroa/tunti	12	12				
Korjaus ja huolto, euroa/vuosi	2 163	2 884	738	984	473	630
Muut	1 046	1 195				
Kustannus, euroa/tunti	44,04	39,59	6,38	3,38	7,16	3,19



Hinta 6.10 € Jälkipainos sallittu vain TTS:n kautta, ISSN 1797-1608 Oy Fram Ab, Vaasa 2009

hon tutkimuksiin perustuvalla kertoimella 1,393. Tämä kerroin huomioi keskeytysten lisäksi tutkimuksissa todetun pitkäaikaisen ja lyhytaikaisen tuottavuuden eron.

Urakoinnissa tehotuntituottavuuden mukaan lasketut hakkuukustannukset ainespuumenetelmässä olivat 8,94 €/m<sup>3</sup> ja integroidussa menetelmässä 8,47 €/m<sup>3</sup>. Vastaavat kustannukset hankintahakkuussa olivat 11,15 €/m<sup>3</sup> ja 10,56 €/m<sup>3</sup>. Käyttötuntituottavuuden mukaan lasketut kustannukset urakoinnin ainespuumenetelmässä olivat 12,45 €/m<sup>3</sup> ja integroidussa menetelmässä 11,80 €/m<sup>3</sup>. Hankintahakkuussa vastaavat käyttötuntikustannukset olivat 15,53 €/m<sup>3</sup> ja 14,71 €/m<sup>3</sup>.

#### Tarkastelu

Tässä tutkimuksessa karsinnan nopeutumisesta huolimatta sen osuus tehoajasta oli 30–44 % eli saman verran kuin aiemmassa vuonna 1997 tehdyssä Työtehoseuran tutkimuksessa (31–44 %), jossa tutkimuskohteenä oli Naarva-Syke-hakkuulaite (Ihonen 1997). Tämän perusteella myös muiden työvaiheiden on täytynyt nopeutua aiempaan verrattuna samassa suhteessa.

Tuottavuuden kasvua olikin merkittävästi verrattuna tuohon Työtehoseuran aiempaan tutkimukseen, jossa kuitu- ja polttopuun hakkuun yhteistuottavuus oli kahdella kohteella 3,2 ja 3,6 m<sup>3</sup> tehotunnissa. Tällöin kuitupuun koot olivat 76 ja 89 dm<sup>3</sup> sekä polttopuun 16 ja 17 dm<sup>3</sup>. Nyt tehdyssä tutkimuksessa kuitupuun ja energiapuun yhteistuottavuus oli noin 2 m<sup>3</sup> enemmän tehotunnissa. Koska kummatkin kokeet tehtiin vain yhdellä kuljettajalla ja koneella ja pienillä aineistoilla, voi myös näiden vaikutus tuottavuuseroon olla merkittävä.

Kun puusto ei ole vahvaoksaista, käy karsinta Naarva RS25 –hakkuulaitteen rullasyötöllä hyvin. Leimikossa on kuitenkin usein runkoja, joissa on paksumpiakin oksia. Tämän vuoksi olisi edullista, jos rullasyötöstä voitaisiin siirtyä sykesyöttöön jalkautumatta. Paras olisi, jos vaihto rul-

#### Kaarlo Rieppo & Arto Mutikainen, TTS research

#### NAARVA RS25 IN THE CUTTING OF PULPWOOD AND INTEGRATED CUTTING OF PULPWOOD AND ENERGY WOOD IN THE FIRST-THINNING

Naarva RS25 is a harvester head equipped with a guillotine cutter, and has mechanical feeding rollers which are rotated by steel wires connected to the delimiting head. This means that a single one-metre stroke of the pulse results in an overall feed distance of three metres. The Naarva RS25 harvester can be mounted in the place of the grapple of hydraulic loaders, and it does not require additional hoses.

TTS research studied the productivity of the harvester head by carrying out time studies in a pine-dominant first-thinning stand. The base machine was the frame-controlled Valtra X120 agricultural tractor. The crane used was Kronos 5000, with a reach of 7.5 metres.

Two working methods were tested: In the industrial wood method, only 3-metre pulpwood was made. In the second method, the so-called 'integrated method', in addition to pulpwood, the top sections of industrial wood stems, and the small stems that did not contain industrial wood, were piled undelimited as energy wood.

In the industrial wood method, the density before thinning was 1,800 trees per hectare, and 2,200 trees per hectare in the integrated method. Correspondingly, the average stem sizes of the removed trees were 92 and 63 dm<sup>3</sup>. In the felling, the distance between the

strip roads was exactly 20 metres, and the width of the strip road was 3.9 metres.

Productivity in the industrial wood method was 5.2 m<sup>3</sup> of pulpwood per effective hour. In the integrated method, 3.1 m<sup>3</sup> of pulpwood per effective hour was made, and at the same time, 2.4 m<sup>3</sup> of energy wood (tops and small wood) per effective hour. This means that the productivity in the integrated method was 5.5 m<sup>3</sup> per effective hour. According to a computational estimate, the productivity of the integrated method with the stem size of the industrial wood location would have been 4.5 m<sup>3</sup> of pulpwood and 2.4 m<sup>3</sup> of energy wood per effective hour. This would have resulted in a combined productivity 6.9 m<sup>3</sup> per effective hour.

The largest trees processed in the study were around 20 centimetres at breast height. It seems that with this size of tree, productivity did not yet start to even out. The productivity of pulpwood in the integrated method was 10–30 per cent lower than in the industrial wood method, in the breast height diameter area of the study site. Correspondingly, the productivity of the combined pulpwood and treetop energy wood was 30–80 per cent higher than the productivity of pulpwood in the industrial wood method.

Käännös/Translation: AAC Noodi Oy

lasyötöstä sykesyöttöön tapahtuisi automaattisesti karsintavastuksen kasvaessa. Nämä ratkaisut nostaisivat varmaan laitteen hintaa, mutta toisivat merkittävästi joustavuutta puun käsittelyyn.

Joskus pientä viivettä karsintaan aiheutti se, että jo katkaistu pölkky jäi roikkumaan toisesta päästä giljotiinipihteihin ja oli näin tiellä seuraavaa pölkkyä syötettäessä. Rullasyötön vaijerit ovat hakkuulaitteen rungon ulkopuolisen sijainnin vuoksi alttiita rikkoutumaan. Tämä täytyy kuljettajan huomioida.

#### KIRJALLISUUS

Ihonen, M. 1997. Naarvasyke-yksiotehakkuulaite kuitu- ja polttopuun hakkuussa. Työtehoseuran metsätiedote 579.  
Voutilainen, J. Naarva-sykkeelle lisäarvoa vaijerivetoisista syöttörullista. Sykesyötöön verrattuna karsinta-katkaisuaika puolittuu. Koneviesti 5.12.2008.

**Metka - metsäenergiaa kannattavasti** -hankkeen tarkoitus on kehittää energiapuun korjuuta ja logistiikkaa. ([www.mhy.fi/metka](http://www.mhy.fi/metka))



Maaseuturahasto

TTS tutkimus

Kiljavantie 6, PL 5, 05201 Rajamäki, puh. (09) 2904 1200

Vastaava toimittaja Anna-Maija Kirkkari

Taitto: TTS

TTS Institute (Work Efficiency Institute), Box 5, FI-05201 Rajamäki, Finland

tel. +358 9 2904 1200

[www.tts.fi](http://www.tts.fi), [www.ttskauppa.fi](http://www.ttskauppa.fi)