



METLA



KEHITTYVÄ PUUHUOLTO 2007



ISBN: 978-951-673-198-1 (nid.)
ISBN: 978-951-673-199-8 (PDF)

KEHITTYVÄ PUUHUOLTO 2007 – SEMINAARI METSÄAMMATTILAISILLE



KEHITTYVÄ PUUHUOLTO 2007

SEMINAARIJULKAISU

14. – 15.2.2007
Paviljonki | Jyväskylä

KEHITTYVÄ PUUHUOLTO 2007



KEHITTYVÄ PUUHUOLTO 2007

SEMINAARI METSÄAMMATTILAISILLE

SEMINAARIJULKAISU

14. – 15.2.2007
Paviljonki Jyväskylä



SEMINAARIJULKAISUN TOIMITTAJA

Arto Kariniemi Metsäteho Oy

SEMINAARIN SUUNNITTELU

Suomen Metsätieteellisen Seuran (SMS) asettama metsäteknologisen tutkimuksen yhteistyöelin

Jukka Pietilä (pj.)	Maatalouden tutkimuskeskus/Vakola
Timo Leinonen	Mikkelin ammattikorkeakoulu
Esko Mikkonen	Helsingin yliopisto
Heikki Pajuoja	Metsäteho Oy
Teijo Palander	Joensuun yliopisto
Pekka Ripatti	Työtehoseura ry
Arto Rummukainen	Metsäntutkimuslaitos
Hannu Tapola	Sosiaali- ja terveysministeriö

KIRJOITTAJAT

Muutoksen hallinta

Jari Sirviö	Oy Keskuslaboratorio Ab KCL
Pertti Laine	Metsäteollisuus ry
Heikki Pajuoja	Metsäteho Oy
Antti Asikainen	Metsäntutkimuslaitos

Yrittäjyys ja resurssit

Minna Vesterinen	Jyväskylän yliopisto
Tapio Räsänen	Metsäteho Oy
Teijo Palander	Joensuun yliopisto
Kari Väätäinen	Metsäntutkimuslaitos
Antti Asikainen	Metsäntutkimuslaitos
Lauri Sikanen	Metsäntutkimuslaitos
Jori Uusitalo	Metsäntutkimuslaitos
Juha-Matti Markkola	Metsäntutkimuslaitos

Kustannustehokas puunkorjuu

Kalle Kärhä	Metsäteho Oy
Juha Laitila	Metsäntutkimuslaitos
Matti Sirén	Metsäntutkimuslaitos
Asko Poikela	Metsäteho Oy
Markus Strandström	Metsäteho Oy
Paula Jylhä	Metsäntutkimuslaitos
Kari Väätäinen	Metsäntutkimuslaitos
Antti Asikainen	Metsäntutkimuslaitos

Puunkasvatuksen kannattavuus

Kari Hyytiäinen	Metsäntutkimuslaitos
Pertti Harstela	Metsäntutkimuslaitos

ULKOASU: Kuvaste Oy, Joensuu

PAINO: Käpylä Print Oy, Helsinki 2007

SISÄLTÖ



ALKUSANAT	5
MUUTOKSEN HALLINTA	7
1 Raaka-aineen ominaisuuksien merkitys	9
2 Metsäteollisuuden kilpailukyyn ylläpito, Suomen metsäklusterin tutkimusstrategia	15
3 Raaka-aineen saatavuus ja resurssit	19
4 Biomassan hankinnan haasteet	25
YRITTÄJYYS JA RESURSSIT	29
5 Laaja-alaiseen yrittämiseen siirtymisen haasteet	31
6 Informaation hallinta yrittäjävetoisessa puuhuollossa	37
7 Autokuljetuksen uudet organisointimahdollisuudet	43
8 Metsäkoneiden siirtojen vaikutus puunkorjuun kustannuksiin	53
9 Metsäpalveluyrittämisen uudet mahdollisuudet	59
KUSTANNUSTEHOKAS PUUNKORJUU	65
10 Aines- ja energiapuun integroitu hankinta	67
11 Turvemaan puunkorjuun edellytykset	75
12 Erikoiskohteiden korjuu	81
13 Korjuri osaksi puunkorjuukalustoa	87
PUUNKASVATUKSEN KANNATTAVUUS	93
14 Taloudellisesti kannattava metsien käsittely	95
15 Metsänhoito kustannustehokkaasti	99



KUSTANNUSTEHOKAS PUUNKORJU

10 AINES- JA ENERGIAPUUN INTEGROITU HANKINTA

Kalle Kärhä

Erikoistutkija, MMT, KTM
Metsäteho Oy
kalle.karha@metsateho.fi

Juha Laitila

Varttunut tutkija, MMM
Metsäntutkimuslaitos,
Joensuun toimintayksikkö
juha.laitila@metla.fi

Paula Jylhä

Tutkija, MMM
Metsäntutkimuslaitos,
Kannuksen toimintayksikkö
paula.jylha@metla.fi

Tehtyjen kustannuslaskelmien mukaan aines- ja energiapuun integroidussa hankinnassa uudella kokopuun paalaus -tuotantomenetelmällä on mahdollista alittaa aines- ja energiapuun erillishankinnan nykykustannukset ensiharvennuksilla. Suurin kustannussäästöpotentiaali kokopuun paalauksella on pieniläpimittaisissa (rinnankorkeusläpimitta 7–10 cm) ensiharvennusleimikoissa, jotka ovat nykyään perinteisen ainespuun erillishankinnan pahimpia murheenkryynejä.

2000-luvulla ensiharvennuksia on tehty vuosittain 167 000–183 000 hehtaaria /1, 2/. Kansallisessa metsäohjelmassa ensiharvennustavoite on asetettu 250 000 hehtaariksi vuosille 1999–2010 /3/. Ensiharvennustavoitteesta on jääty vuosittain reippaasti, ja ensiharvennusrästejä on kertynyt lisää yli 60 000 hehtaaria/vuosi.

KORJUUKUSTANNUKSET SAATAVA PIENEMMIKSI

Runsas kymmenen vuotta sitten ensiharvennuspuun heikon kiinnostavuuden taustatekijöiksi listattiin korkeat korjuukustannukset, markkinointivaikeudet ja muusta kuitupuusta poikkeavat tekniset ominaisuudet /4/. Nykyään ensiharvennusten määrän lisäämistä jarruttavat lähinnä vain korkeat korjuukustannukset, koska uusia käyttömuotoja ensiharvennuspuulle, erityisesti ensiharvennusmännylle on löydetty ja kysyntä ensiharvennuspuulla on hyvä. Metsäteollisuuden mielenkiintoa kotimaista ensiharvennuspuuta kohtaan on lisännyt myös kiristynyt kilpailu tuontipuusta Itämeren alueella ja Venäjän ilmoittamat tullimaksujen korotukset havupuulle.

Ensiharvennuksissa pieni rungon koko, pieni hehtaariohtainen ainespuukertymä, jäävien puiden suuri lukumäärä ja tiheä alikasvos merkitsevät alhaista tuottavuutta ja korkeita korjuukustannuksia /5/. Vuonna 2005 koneellisesti korjatun ensiharvennuspuun korjuukustannukset olivat keskimäärin 15,5 €/m³ (hakkuu: 11,0 €/m³ ja metsäkultetus: 4,5 €/m³) /6/. 2000-luvulla korjatuissa ensiharvennusleimikoissa ainespuukertymä on ollut keskimäärin 44 m³/ha ja leimikon rungon keskikoko on ollut keskimäärin 81 dm³ /7/. 2000-luvulla ensiharvennuspuuta on korjattu noin 7 milj. m³/vuosi, mistä noin kaksi kolmasosaa on ollut mäntyä.

Mikäli ensiharvennuksiset olisivat tavoitetasolla (250 000 ha/vuosi), ainespuuta olisi korjattavissa ensiharvennuksilta 10–11 milj. m³/vuosi. Jos tämä taso halutaan saavuttaa, on ensiharvennuspuun korjuukustannukset pystyttävä painamaan selvästi nykyistä

alemmalle tasolle. Yhtenä keinona tähän ovat uudet, innovatiiviset kone- ja menetelmä-ratkaisut, esimerkiksi aines- ja energiapuun korjuun integrointi paalaamalla /7/.

INTEGROINNILLA KUSTANNUSJAHTIIN

Aines- ja energiapuun korjuun tai hankinnan integroinnilla tarkoitetaan sitä, että ainespuun ja energiapuun hankinta on jollakin tavoin yhdistetty toisiinsa. Integroinnilla on tarkoitus päästä pienempiin kokonaishankintakustannuksiin kuin aines- ja energiapuujakeiden erillishankinnassa. Nykyisin päätehakkuilta korjatun hakkuutähdehakkeen hankinta on vahvasti integroitu ainespuun hankintaan: hakkuutähteet puidaan kasoihin ainespuun hakkuussa ja hakkuutähteiden metsäkuljetukseen käytetään osin samaa kalustoa kuin ainespuun metsäkuljetukseen.

Ensiharvennuksilla aines- ja energiapuun hankinnan integrointia on yritetty useaan eri otteeseen kuluneen vuosikymmenen aikana; on kokeiltu esimerkiksi massahake- ja ketjukarsinta-rumpukuorinta-menetelmiä. Samanlaista menestystä ei ole kuitenkaan saavutettu aines- ja energiapuun integroidussa hankinnassa ensiharvennuksilla kuin päätehakkuilla; vakiintuneita, kustannustehokkaita toimintamalleja aines- ja energiapuun integroituun hankintaan ensiharvennuksille ei ole löydetty erityisesti kun toimitaan pitkillä kaukokuljetusmatkoilla.

UUSI, INNOVATIIVINEN KONEKEKSINTÖ

Hakkuutähdehakkeen hankinnassa paalaus on osoittanut kilpailukykynsä, kun operoidaan pitkillä metsä- ja kaukokuljetusmatkoilla /8/. Pystyttäisiinkö ensiharvennuksilta korjatun aines- ja energiapuun hankintaa myös tehostamaan soveltamalla paalausta?

Keksijä, toimitusjohtaja Pasi Romo Biotukki Oy:stä kehitti ja rakensi pari vuotta sitten pienpuun korjuuseen tarkoitetun kokopuupaalaimen ensimmäisen prototyypin (kuva 1). Kokopuupaalaimen kehittämisessä on ollut mukana myös vahvasti UPM Metsä. Korjurialustaisen kokopuupaalaimen toimintaperiaate on seuraava: Puut kaadetaan kerääväällä hakkuulaitteella ja koottu puunippu lasketaan paalaimen syöttöpöydälle. Siitä syöttörullat vetävät rungot paalaimen syöttökammioon. Syöttökammioon syötetyt rungot katkaistaan 2,6 metrin pituuteen ketjusahalla. Syöttökammioista katkotut rungot nostetaan välivarastotilaan.

Kun paalain prosessoi katkottuja runkoja, kuljettaja hakkaa ja kerää uutta kourataakkaa paalaimen syötettäväksi. Kun paalaimen välivarastotilassa on riittävästi puuta, puunippu nostetaan ylös paalaimen puristuskammioon, jossa puunippu tiivistetään ja sidotaan kokopuupaaliksi ja josta paali pudotetaan maahan (kuva 2). Kun esitiivistetty puunippu on nostettu ylös puristuskammioon, seuraavaa puunippua voidaan alkaa koota paalaimen välivarastotilaan. Puiden käsittely paalaimessa on patentoitu.

AINESPUUPAALIT KUORIMARUMPUUN

Leimikosta paalataan sekä ainespuumittaiset rungot että ainespuuksi kelpaamattomat energiapuurungot. Paalaus tehdään siten, että havupuurungot paalataan omiin paaleihin ja lehtipuurungot omiinsa. Paalit, joissa on sekaisin lehti- ja havupuuta, paljon alamittaisia runkoja tai ainespuuksi kelpaamattomia puulajeja, korjataan energiapuupaaleiksi.

Paalit kuljetetaan kuormatraktorilla tienvarsivarastolle. Sieltä ainespuupaalit kuljetetaan puutavara-autolla metsäteollisuusintegraattiin, missä ne syötetään kuorimarumpuun. Kuorimarummussa tehdään aines- ja energiapuun erottelu kuitu- ja polttojakeiksi.

Kuva 1.

Pasi Romon kehittämä ja rakentama kokopuupaalin asennettuna Valmet 801 Combi -korjurin kuormatilaan.



Kuva: Metsäteho Oy

Kuva 2.

Tiivistetty ja sidottu kokopuupaali pudotetaan paalaimen puristuskammiosta maahan ajouran varteen korjuussa jätettyjen puiden väliin. Seuraava paali on jo osin tehty paalaimen välivarastotilaan.



Kuva: Metsäteho Oy

Menetelmällä voidaan täten lisätä hallitusti energiapuun korjuuta ensiharvennuksilta vaarantamatta metsäteollisuuden kuitupuuhuoltoa. Ainespuupaalauksen yhteydessä kertyneet energiapuupaalit toimitetaan voimalaitoksella poltettavaksi.

Paalaimella tehdyt paalit ovat kooltaan noin 0,5 m³. Painoa paalainyksiköllä on noin 5,5 tonnia. Paalain on nyt sijoitettu Valmet 801 Combi -korjurin kuormatilaan. Paalainyksikkö on myös mahdollista asentaa muihin peruskoneisiin. Lyhyessä aikatutkimuksessa /9/ paalaustyön tuottavuus kokopuupaalaimella oli 6–7 paalia/tehotunti, kun poistuman keskikoko oli 30–40 dm³ kokopuuta. Saadut käyttökokemukset paalaimesta ovat osoittaneet, että se on teknisiltä perusratkaisuiltaan toimiva. Lisäksi, mikä tärkeää, paalatun ensiharvennuspuun kuorinnasta ja massanvalmistuksesta on saatu hyviä tuloksia eri tuotantolaitoksilta /10/.

Metsätehossa ja Metsätutkimuslaitoksella selvitettiin laskennallisesti, mikä olisi kokopuupaalaimen tuottavuuden oltava, jotta kokopuun paalaus olisi kilpailukykyinen tuotantomenetelmä verrattuna kilpaileviin aines- ja energiapuun hankintaketjuihin. Tarkasteltavana olivat seuraavat hankintaketjut:

- perinteinen ainespuun erillishankinta (hakkuu yksinpuuna),
- energiapuun (kokopuuhakkeen) erillishankinta:
 - tienvarsihaketus ja
 - käyttöpaikkamurskaus
- aines- ja energiapuun integroitu hankinta:
 - kokopuun paalaus (korjattavat rungot paalataan kokopuupaalaimella ja ainespuupaalit kuljetetaan kuorimarummulle) ja
 - irtotonainen kokopuu (paalaamaton kokopuu kuljetetaan kuorimarummulle).

Hankintaketjujen kustannusvertailussa kokopuupaalaimen tuottavuuden oletettiin olevan 50–100 % koneellisen kaato-kasaustyön tuottavuudesta /11/ (taulukko 1). Tässä seminaaripaperissa kuvataan tehdyn selvityksen päätulokset. Laajemmin selvityksen tulokset on raportoitu Metsätehon tuloskalvosarjana /12/.

Taulukko 1.

Kokopuupaalaimen tehotuntituottavuus korjattavan puuston rungon koon suhteen, kun oletettiin, että tuottavuus on sama kuin koneellisen kaato-kasaustyön tehotuntituottavuus /11/ tai puolet kaato-kasaustyön tuottavuudesta.

Kokopuupaalaimen tuottavuus	Rinnankorkeusläpimitta, cm					
	5	7	9	11	13	15
	Kokopuurungon koko, dm ³					
	8	19	36	60	94	137
Laskennallinen tuottavuus, m ³ /tehotunti (paalia/tehotunti)						
100 % kaato-kasaustyön tuottavuudesta	2,8	5,2	8,3	12	16,4	20,6
(Tuottavuus 100)	(5,7)	(10,4)	(16,5)	(24,0)	(32,8)	(41,2)
50 % kaato-kasaustyön tuottavuudesta	1,4	2,6	4,1	6,0	8,2	10,3
(Tuottavuus 50)	(2,8)	(5,2)	(8,3)	(12,0)	(16,4)	(20,6)

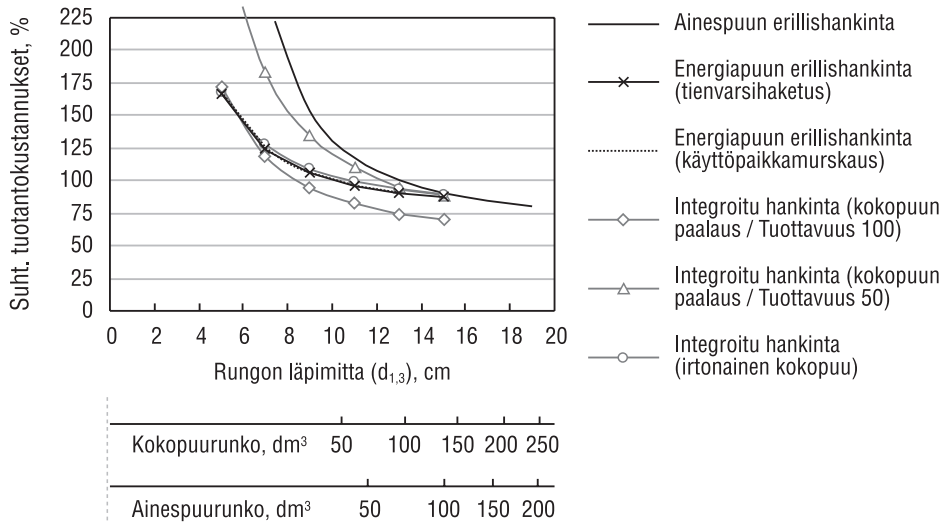
PAALAAMALLA KUSTANNUSSÄÄSTÖIHIN

Tehdyt kustannuslaskelmat osoittivat, että kokopuun paalaus -tuotantomenetelmällä on mahdollista alittaa ”perinteisen” aines- ja energiapuun erillishankinnan nykykustannukset ensiharvennuksilla. Edellytyksenä on, että kokopuupaalaimen tuottavuus on reilusti yli puolet koneellisen kaato-kasaustyön tuottavuudesta. Pienellä (rinnankorkeusläpimitta alle 7 cm) rungon koolla edes kaato-kasauskoneen tuottavuustaso ei takaa kustannustehokasta toimintaa kokopuupaalaimella (kuva 3).

Suurin kustannussäästöpotentiaali kokopuun paalaus -menetelmällä on pieniläpimittaisissa (rinnankorkeusläpimitta 7–10 cm) ensiharvennusleimikoissa. Kun kokopuun paalaus -tuotantoketjulla korjataan vain energiapuurunkoja (rinnankorkeusläpimitta alle 7 cm), välittömiä kustannussäästöjä ei saada aikaan. Verrattuna toiseen integroituu hankintaketjuun (irtोनainen kokopuu) kokopuun paalaus -tuotantomenetelmä on erityisen kilpailukykyinen myös pitkällä metsä- ja kaukokuljetusmatkoilla (kuvat 4 ja 5).

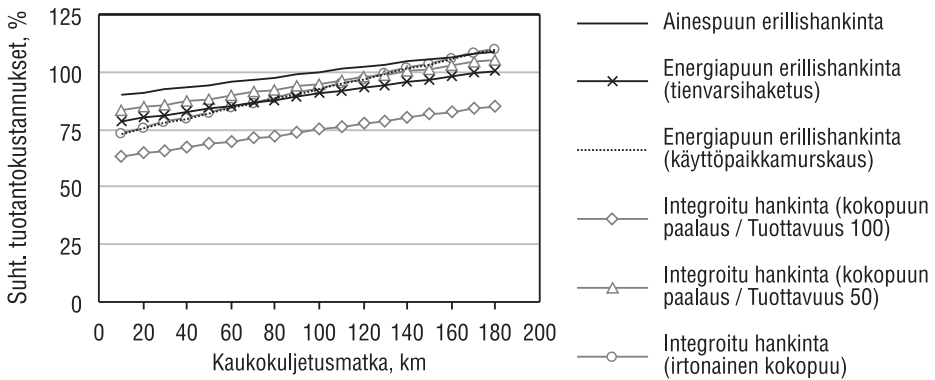
Kuva 3.

Aines- ja energiapuun erillishankinnan sekä aines- ja energiapuun integroidun hankinnan suhteelliset tuotantokustannukset korjattavan puuston rungon koon suhteen. Metsäkuljetusmatka 250 m ja kaukokuljetusmatka 100 km. Tuotantokustannukset 100 = Ainespuun erillishankinnan tuotantokustannukset rungon rinnankorkeusläpimitalla 13 cm (ainespuurunko: 71 dm³).



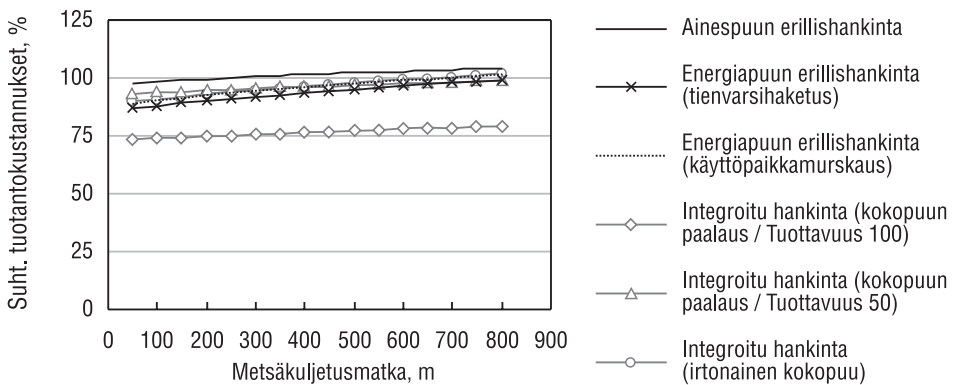
Kuva 4.

Aines- ja energiapuun erillishankinnan sekä aines- ja energiapuun integroidun hankinnan suhteelliset tuotantokustannukset kaukokuljetusmatkan suhteen. Korjattavan puuston rinnankorkeusläpimitta 13 cm (kokopuurunko: 94 dm³, ainespuurunko: 71 dm³) ja metsäkuljetusmatka 250 m. Tuotantokustannukset 100 = Ainespuun erillishankinnan tuotantokustannukset kaukokuljetusmatkalla 100 km.



Kuva 5.

Aines- ja energiapuun erillishankinnan sekä aines- ja energiapuun integroidun hankinnan suhteelliset tuotantokustannukset metsäkuljetusmatkan suhteen. Korjattavan puuston rinnankorkeusläpimitta 13 cm (kokopuurunko: 94 dm³, ainespuurunko: 71 dm³) ja kaukokuljetusmatka 100 km. Tuotantokustannukset 100 = Ainespuun erillishankinnan tuotantokustannukset metsäkuljetusmatkalla 250 m.



PÄÄTELMÄT

Kun tarkastellaan kokopuun paalauksen kannattavuutta, on pidettävä mielessä se, että tehdyt tarkastelut perustuivat paalaustyön osalta laskennallisiin tuottavuuksiin, eivät aikatutkimuksissa havaittuihin tuottavuuksiin /9/. Laskelmissa oletettiin, että kokopuupaalaimen tuottavuus on riippuvainen korjattavan puuston rungon koosta. Tehtyä oletusta voidaan pitää oikeana, koska tehdyn aikatutkimuksen mukaan kokopuupaalaimen tuottavuuden pullonkauloina ovat sekä puiden hakkuu että syöttö paalaimen /9/; toisin sanottuna paalainyksikkö kykenisi prosessoimaan enemmän puuta kuin siihen ehditään kohtuudella hakkaamaan tai syöttämään ensiharvennuksilla.

Kannattavuustarkastelujen mukaan kokopuupaalaimen tehotuntuottavuuden on oltava yli 4,6 m³/tunti (jos paalin koko 0,5 m³, 9,2 paalia/tunti) korjattavan puuston rinnankorkeusläpimitan ollessa 7 cm, jotta kokopuun paalaus olisi kilpailukykyinen tuotantomenetelmä. Kun rinnankorkeusläpimita on 11 cm, tehotuntuottavuuden on oltava yli 7,6 m³/h (15,1 paalia/tunti), ja rinnankorkeusläpimitalla 13 cm yli 8,7 m³/tunti (17,4 paalia/tunti). Aikatutkimuksissa /9/ edellä mainitut tuottavuustasot jäivät saavuttamatta.

Kilpailukykyiset tuottavuustasot ovat kuitenkin saavutettavissa, ja jopa ylitettävissä, jos kokopuun hakkuuta ja syöttöä paalaimen kyetään tehostamaan. Saatujen kokemusten mukaan hakkuulaitteenä olisi oltava leikkaavalla terällä varustettu, puunipun 1–2 metrin esisyöttöön pystyvä, nopea, joukkokäsittelevä hakkuulaite. Lisäksi hakkuulaitteen painon olisi oltava alle 550 kg. Tällaista hakkuulaitetta ei ole vielä markkinoilla.

Kustannustehokkaan kokopuun paalaustyön ehdoton edellytys on myös, että paalainharvesteriyksikön hankintahinta on lähempänä 0,5 milj. euroa kuin 0,6 milj. euroa (alv. 0 %). Lisäksi paalaimen toimintoja on saatava nykyistä nopeammiksi. Myös työmenetelmiä kehittämällä ja työvaiheiden samanaikaisuutta lisäämällä paalaustyön tuottavuutta pystytään edelleen nostamaan /9/.

Laskelmien pohjalta kokopuun paalaus -menetelmän optimaalisen käyttöalueen voidaan arvioida olevan ensiharvennusleimikoissa, joissa korjattavan puuston rungon rinnankorkeusläpimita on 7–14 cm. Mainittua ylärajaa voidaan perustella seuraavilla seikoilla:

- tätä isompien, pitkien puiden tuominen paalaimen syöttörullille alkaa olla jo todennäköisesti hyvin työlästä tiheissä ensiharvennusoloissa.
- rinnankorkeusläpimitaltaan 16 cm:n puista alkaa jo kertyä tukkia, minkä paalaaminen ei ole mielekästä.

Toisaalta edellä mainittua käyttöalueen alarajaa (7 cm) voidaan pitää perusteltuna, koska

- rinnankorkeusläpimitaltaan 7 cm:n puista alkaa kertyä kuitupuuta nykyisillä minimiläpimitoilla.
- ainespuun erilliskorjuu pieniläpimittaisista (rinnankorkeusläpimita 7–10 cm) ensiharvennusleimikoista on hyvin kallista.

Aines- ja energiapuun integroitu hankinta paalaamalla tulee olemaan ensiharvennuspuun, erityisesti ensiharvennusmännyn suurmittakaavaisen hankinnan tulevaisuuden menetelmä kuvatuissa korjuuoloissa. Tätä ennen on kuitenkin toteutettava edellä mainitut kehittämistoimenpiteet.

KIRJALLISUUS

- /1/ Västilä, S. & Herrala-Ylinen, H. (toim.). 2001–2005. Metsänhoito- ja perusparannustyöt 2000–2004. Metsäntutkimuslaitos, Metsätalastiedote 596, 646, 697, 742, 778.
- /2/ Salakari, M., Västilä, S. & Herrala-Ylinen, H. (toim.). 2006. Metsänhoito- ja perusparannustyöt 2005. Metsäntutkimuslaitos, Metsätalastiedote 838.
- /3/ Kansallinen metsäohjelma 2010. 1999. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 2/1999.
- /4/ Hakki, P., Kalaja, H. & Saranpää, P. 1995. Etelä-Suomen ensiharvennumänniköt kuitu- ja energialähteenä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 582.
- /5/ Kärhä, K. (toim.). 2001. Harvennuspuun koneelliset korjuuvaihtoehdot. HARKO-projektin (1999–2001) loppuraportti. Työtehoseuran julkaisuja 382.
- /6/ Kariniemi, A. 2006. Puunkorjuun kustannukset vuonna 2005. Metsäteho Oy, julkaisemattomat tilastot.
- /7/ Kärhä, K., Poikela, A. & Keskinen, S. 2007. Aines- ja energiapuun korjuun tehostaminen ensiharvennuksilla. Käsikirjoitus Metsätehon raportiksi.
- /8/ Kärhä, K. & Vartiamaäki, T. 2006. Productivity and costs of slash bundling in Nordic conditions. *Biomass and Bioenergy* 30(12): 1043–1052.
- /9/ Laitila, J. & Jylhä, P. 2006. Pienpuun paalauksen aikatutkimus 21.–23.2.2006 Kangasniemellä. Metsäntutkimuslaitos, Kalvosarja.
- /10/ Jylhä, P. & Keskinen, N. 2006. Properties of bundled tree sections of young Scots pine in debarking, chipping, and pulping. *Forest Products Journal* 56(7/8): 39–45.
- /11/ Kärhä, K., Keskinen, S., Liikkanen, R. & Lindroos, J. 2006. Kokopuun korjuu nuorista metsistä. Metsätehon raportti 193.
- /12/ Kärhä, K., Keskinen, S., Laitila, J. & Jylhä, P. 2007. Aines- ja energiapuun hankintaketjujen kannattavuusvertailu. Metsäteho, Tulosalvosarja 2/2007.