

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja
(BDC-Publications)



**LATVAHUKKAPUUN HYÖDYNTÄMINEN
ENERGIAPUUKSI KONEELLISEEN
PUUNKORJUUSEEN INTEGROITUNA
VARTTUNEEN MÄNNIKÖN HARVENNUKSESSA**

Tero Vesisenaho

Hankeraportti

Lokakuu 2002

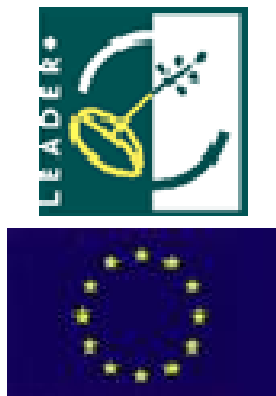


**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**

Luonnonvarainstituutti

SISÄLTÖ

1 TUTKIMUKSEN TAUSTA.....	3
2 TUTKIMUKSEN TAVOITE.....	4
3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	5
3.1 Tutkimustyömaa.....	5
3.2 Puutavaran mittaus	8
3.3 Hakkuun aikatutkimus.....	10
4 TULOKSET	12
4.1 Energiapuukertymä.....	12
4.2 Hakkuu.....	13
4.3 Energiapuun hankinta.....	16
4.3.1 Puupolttoaineen tuotantokustannukset.....	16
4.3.2 Energiapuun hankintamäärä ja työllisyys	18
LÄHTEET	21



1 TUTKIMUKSEN TAUSTA

Karsitun energiapuun korjuuseen eri tyyppisiltä hakkuukohteilta ei ole kehitystoimista huolimatta onnistuttu löytämään yhtä ja oikeaa työtapaa, jolla energiapuun kustannustaso olisi kilpailukykyinen vaihtoehtoisten polttoaineiden kanssa myös suuremmassa kokoluokassa. Toisaalta tarvittavan erikoiskorjuukaluston investointi on usein niin korkea, että paikalliset energiapuun hankintamäärät eivät riitä kattamaan investoinnista aiheutuvia kustannuksia. Tämän takia hyvä ja houkutteleva vaihtoehto energiapuun korjuuseen on energiapuun ja ainespuun hankinnan integrointi tehtäväksi samalla konekalustolla ja samoilla työmailla.

Puumarkkinoilla mäntykuitupuun menekki on vaihdellut ja se on ollut toistuvasti heikko. Etenkin metsänhoitoyhdistyksen hankintapalvelun toiminnalle suuren kuiduttavan teollisuuden armoilla eläminen on ollut ongelmallista. Sen takia uusien, kuitupuukäytölle vaihtoehtoisten markkinointikanavien löytäminen mäntykuitupuulle mm. parrun jatkeeksi auttaisi myös muuta yhdistysten puunhankintaa. Mäntykuitupuun ja alle ainespuukokoisen hukkalatvan korjuu yhdessä energiapuuksi mahdollistaisi etenkin männiköiden ensiharvennusten toteuttamisen myös niinä aikoina, kun mäntykuitupuulle ei ole kysyntää metsäteollisuudessa.

Latvahukkapuun korjuu mahdollistaisi myös paikallisten resurssien laajemman käytön energiapuun hankinnassa, mikä tarjoaisi lisätyötä paikka-/seutukunnalle. Energiapuun käyttökohteina mahdollisia toimituspaikkoja Saarijärven seudulla ovat Saarijärven Kaukolämpö Oy sekä uudet, pienemmät hakelämmityskohteet. Kun energiapuun toimittamiseen on olemassa valmis toimintamalli ja tunnettu kustannusrakenne, on investointipäätös useassa tapauksessa nykyistä huomattavasti helpompi tehdä.

2 TUTKIMUKSEN TAVOITE

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää:

1. Saarijärven metsänhoitoyhdistyksen alueelta energiapuuksi hankittavissa olevan, toistaiseksi hyödyntämättömän latvahukkapuun määrä ja hankintakustannukset koneellisesti korjattavilta männiköiden ensiharvennuskohteilta ja varttuneilta harvennuksilta kolmella eri hakkuutavalla.
2. Voidaanko metsänhoitoyhdistyksen hankintapalvelun harvennuskohteilta parun talteenoton jälkeen kertyville pienelle kuitupuumäärälle löytää vaihtoehtoisia, kustannuskilpailukykyisiä markkinointikanavia.
3. Antaako hakkuukonemittaus luotettavan mittaustuloksen energiapuulle, joka karsitaan ja katkaistaan 3 cm:n minimilatvaläpimitasta.

Tutkimuksen puitteissa tehdyssä aiemmassa raportissa ”Vesisenaho ym. (2002). Latvahukkapuun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna männikön ensiharvennuksella” tarkasteltiin toimintamallia ensiharvennuksella. Tässä tutkimusraportissa tarkastellaan toimintamallia varttuneen männikön harvennuskohteella.

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

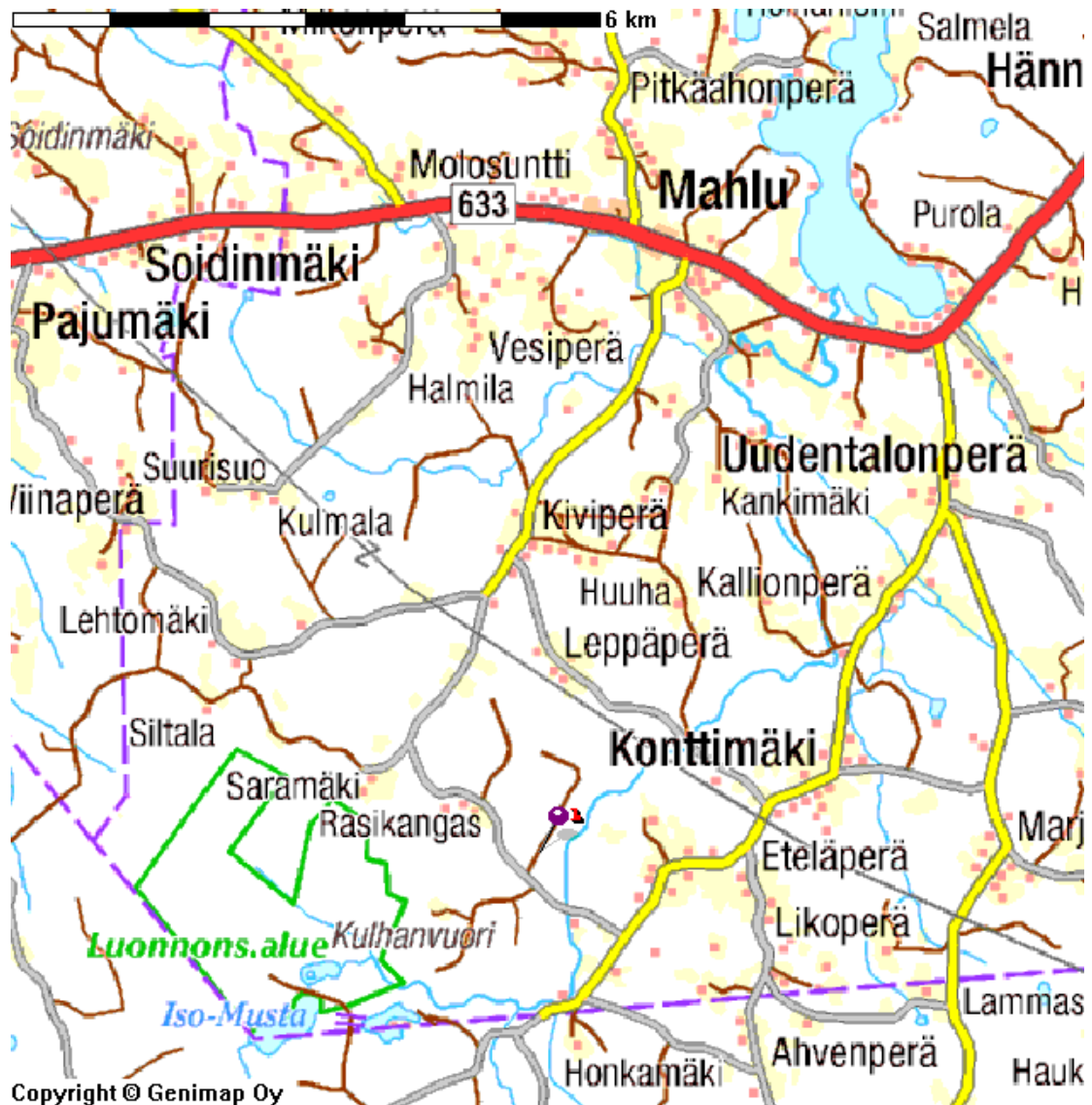
Tutkimuksen toteutuksesta on vastannut Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutti. Tutkimuksen vastuullinen toteuttaja, aineiston kerääjä ja käsittelijä on ollut MML Tero Vesisenaho. Mittausapuna kenttäkoevaiheessa toimi agrologi (AMK) –opiskelija Markku Vääräsmäki.

Työn rahoitti Maaseudun Kehittämisyhdistys Viisari ry/Leader+. Hankkeen vastuullisena johtajana ja ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Saarijärven metsänhoitoyhdistyksen toiminnanjohtaja Pekka Mattila. Tutkimustyömaiden hankinnasta sekä suunnittelusta vastasi Pekka Kuusela Saarijärven metsänhoitoyhdistyksestä. Lisäksi ohjausryhmään kuuluivat Esko Kauppinen ja Tero Vesisenaho (sihteeri) Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutista, sekä Jorma Rautjoki Maaseudun Kehittämisyhdistys Viisari ry:n edustajana.

Tutkimushanke vaihtoi tietoja kenttäkokeiden tuloksista ja kokemuksista Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusaseman vastaavaa aihetta käsittelevää tutkimusta toteuttaneiden tutkijoiden Antti Asikaisen ja Juha Laitilan kanssa. Tämän tutkimusraportin luvussa 5 on hyödynnetty Metsäntutkimuslaitoksen keräämiä tietoja.

3.1 Tutkimustyömaa

Kenttätutkimukset tehtiin 27.–28.8.2002 tavanomaisella varttuneen männikön harvennustyömaalla. Tutkimusleimikko oli pinta-alaltaan runsaat kaksi hehtaaria. Kohde sijaitsi Saarijärven kaupungin Konttimäen kylässä yksityisen metsänomistajan maalla (Kuvio 1).



KUVIO 1. Tutkimustyömaan sijainti Saarijärven Konttimäessä (kohde 1).

Tutkittu leimikko oli kylvämällä perustettu lähes puhdas VT-männikkö, jossa tehtiin normaali myöhempi harvennus (Kuvio 2). Puustolle oli tehty ensiharvennus metsurityönä 30 metrin ajouravälillä noin 10 vuotta aiemmin. Puuston keskipituus ennen harvennusta oli 18–19 metriä. Elävää latvusta rungoissa oli keskimäärin 9 m ja kuivat oksat alkoivat lähes runkojen tyvestä. Puuston tiheys oli ennen harvennusta 800–1000 runkoa/ha ja hakkuussa poistettiin 200–400 kpl/ha, jolloin harvennuksen jälkeiseksi runkoluvuksi jäi 500–600 runkoa/ha.

Poistettavien runkojen keskikoko oli koaloittain 173–221 dm³. Hakkuussa ei käsitelty alle ainespuukokoisia energiapuiksi kelpollisia alikasvosrunkoja, joiden määrä koh-

teella oli yhtä koealaa lukuun ottamatta vähäinen. Kohteen maasto oli helppokulkuis-
ta, tasaista, kantavaa ja kivetöntä. Hakkuun aikana vallitsi tyyni ja kirkas sää.



KUVIO 2. Tutkimusleimikko hakkuun jälkeen.

Tutkimustyömaalla verrattiin seuraavia neljää hakkuumenetelmää:

1. Normaali tavaralajihakkuu, jossa hakataan mäntyrungoista
 - tukkia ja pikkutukkia (pituudet 3,4–5,8 m; minimi latvaläpimitta 15 cm)
 - pikkutukkia (pituudet 3,4–5,5 m; minimi latvaläpimitta 12 cm)
 - parrua (minimi latvaläpimitta 9 cm; pituudet 3,05; 4,05 ja 5,05 m) ja
 - kuitupuuta (minimi latvaläpimitta 6 cm; minimipituus 2,7 m)
 = **TVL** → vertailutaso kustannuksille ja työn tuottavuudelle

2. Tukki + pikkutukki + parru + karsittu latva 3 cm:iin saakka
 - = **Latva3** → karsittua energiapuuta latvakuitu- ja latvaosasta

3. Tukki + pikkutukki + parru + karsittu latva
 - = **Latva0** → karsittua energiapuuta latvakuitu- ja latvaosasta

4. Normaali **TVL**-hakkuu + alle ainespuukokoisen latvan karsinta
 - = **Latva** → vajaakarsittua energiapuuta latvaosasta

Hakkuussa tavoitteena oli katkoa ja kasata kunkin tavaralajin pölkyt puutavaralajeittaisiin kouraisutaakkoihin ja metsäkuljetuksen kannalta tarkoituksenmukaiseen enintään noin seitsemän metrin pituuteen. Tyvikuitupuun luokiteltiin tutkimuksessa aina ainespuuksi ja parrun jälkeinen latvakuitupuun **latva0**- ja **latva3**-menetelmissä energiapuuksi. Raportin myöhemmissä kohdissa menetelmää yksi eli normaalia tavaralajihakkuuta kutsutaan **TVL**:ksi, menetelmää kaksi kutsutaan **latva3**:ksi, menetelmää kolme **latva0**:ksi ja menetelmää neljä **latva**-menetelmäksi.

3.2 Puutavaran mittaus

Kuitupuun minimiläpimittaa ohuempaan läpimittaan hakattujen energiapuupölkkyjen tilavuus mitattiin Pomo-mittasaksien MOTOTARKASTUS-ohjelmalla metrin pätkissä. Samoista pölkyistä mitattiin vastaavasti myös kuitupuujäreyksisen rungonosan tilavuus, jotta saatiin määritettyä kuitupuun osuus energiapuukertymästä. Energiapuuksi menetelmissä luokitellun latvakuitupuun osalta käytettiin hakkuukoneelta saatuja mittaustietoja. **Latva0**- ja **latva**-menetelmissä karsiutumatta jääneiden latvaosien oksamassa määritettiin otantamittauksella (karsinta + punnitus).

Käsin mittauksen tuloksia verrattiin hakkuukoneen mittaustuloksiin latvasta katkaisuenergiapuutavaralajin, **latva3**, osalta. Hakkuukoneen mittalaite näytti latvakappaleiden tilavuudeksi keskimäärin runsaat 4 % enemmän kuin käsin mittaus (Taulukko 1). Taulukossa 1 esitetään myös tutkimuksen aikana hakatun energiapuun määrät sekä keskimääräiset pölkkyjen koot. Oksabiomassan määrä **latva0**- ja **latva**-kappaleissa oli samanlainen, n. 1 dm³/latvakappale. **Latva0**-kappaleiden joukossa oli metsäkuljetuksen kannalta liian pitkiä, yli 7-metrisiä, pölkkyjä, joiden lyhentäminen olisi hidastanut hakkuuta. **Latva3**- ja **latva**-pölkkyt sen sijaan olivat hakkuun jälkeen metsäkuljetuksen kannalta sopivan mittaisia.

TAULUKKO 1. Tutkimuksen aikana hakatun energiapuun määrä ja pölkkyjen keskimääräinen koko. * = latvakuitupuupölkkyt. ** = oksabiomassan määrä.

	Energiapuun tilavuus, m ³			Pölkyn keskikoko	
	MOTO	POMO	ERO	Pituus, m	Tilavuus, dm ³
Latva3			+4,3%	4,58	23
- Koeala1	0,459 +0,128*	0,427	+7,1%	2,80–6,70	4–59
- Koeala2	0,425 +0,135*	0,419	+1,4%	2,70–6,35	14–40
Latva0				7,10	29 + 1**
- Koeala1	+0,277*	0,734 + 0,022**		2,50–10,2	12–45
- Koeala2	+0,066*	0,496 +0,020**		4,40–9,10	12–43
Latva				4,08	6,8 + 1**
- Koeala1		0,232 + 0,028**		3,00–7,00	3–18
- Koeala2		0,091 + 0,018**		2,80–5,30	3–9

Energiapuukertymän runkopuumäärästä 6–23 % oli menetelmissä **latva3** ja **latva0** järeydeltään alle 6 cm. Näin ollen menetelmissä energiapuuksi luokitellusta kokonaisenergiapuukertymästä jopa 94 % oli kuitupuuta (Taulukko 2). **Latva**-menetelmässä kaikki energiapuuta oli alle ainespuuläpimittaista.

TAULUKKO 2. Tutkimuskoealoilta hakatun puutavaran jakautuminen aines- ja energiapuuksi. ** = oksabiomassan määrä.

	Ainespuu, m ³	Energiapuuta yhteensä, m ³	Latva- kuitupuuta	Kuitujäreyksistä latvapuuta	Alle aines- puukokoista
Latva3	6,414	1,213 100 %	0,263 22 %	0,875 72 %	0,075 6 %
Latva0	8,186	1,615 100 %	0,343 21 %	0,895 55 %	0,335 + 0,042** 23 %
Latva	9,553	0	0	0	0,323 + 0,046**

3.3 Hakkuun aikatutkimus

Hakuussa jokaista hakkuumenetelmää kohden tehtiin kaksi erillistä koealaa (yksi kumpanakin tutkimuspäivänä kullakin menetelmällä), joiden koot määräytyivät ajouran suunnassa kaadettujen puiden lukumäärän mukaan. Yhdeltä koealalta kaadettiin aina noin kaksikymmentä mäntyrunkoa. Koealoilta määritettiin sekuntikellolla työskentelyyn menevä aika, josta eroteltiin siirtoihin ja keskeytyksiin kulunut aika sekä runkojen käsittelyaika.

Eri koealoilla työskentelyyn kuluneet ajat kirjattiin ylös hakkuumenetelmittäin. Jokaisen koealan jälkeen hakkuukoneelta tulostettiin rungottainen mittalista, jotta saatiin määritettyä, kuinka paljon kunkin puutavaralajin puukertymä oli kutakin koealaa kohden. Lisäksi koealoilta mitattiin hakkuukoneen kulkema matka, jotta koealojen pinta-ala saatiin laskettua, sekä jäävän puuston lukumäärä.

Tutkimuksessa käytetty hakkuukone oli saarijärveläisen metsäkoneyrityksen, Kärkäinen Veljekset Oy:n vuosimallin 2000 Nokka Profi 6 WD Keto100-hakkuulaitteella (Kuvio 3). Hakkuukonetta ajoi koko tutkimuksen ajan Matti Tammelin. Hakkuukoneen kuormaimen ulottuvuus oli 9,8 m. Koska kohde oli harvennettu aiemmin metsurityönä ja aiempi ajouraväli oli 30 m, harvensi kuljettaja ajourien välialueen haamuralta. Koska hakkuukoneen mittausautomaatiikkaa ei ole suunniteltu alle ainespuukokoiselle rungon osalle, joutui kuljettaja hakkaamaan alle ainespuukokoisien rungonosan käsiajolla, mikä lisäsi kuljettajan työkuormitusta. Kuljettajalla oli aiempaa kokemusta tutkimuksessa käytetyistä energiapuun hakkuumenetelmistä edelliseltä tutkimusjaksolta.

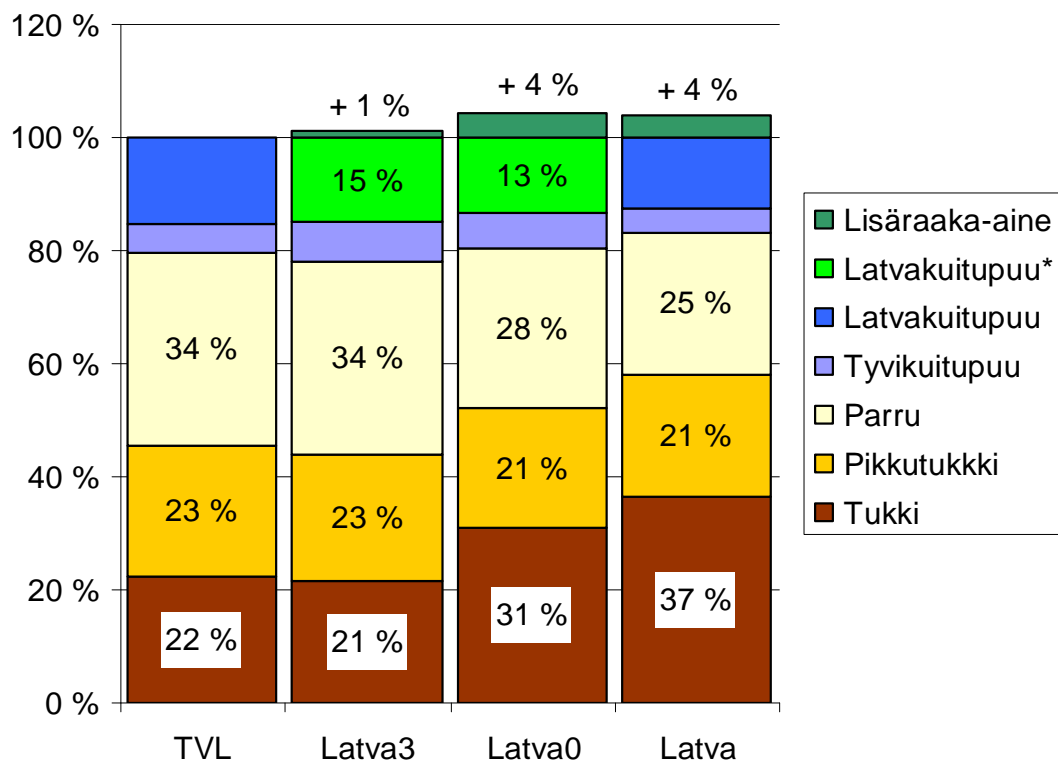


KUVIO 3. Tutkittu Nokka Profi 6 WD -hakkuukone.

4 TULOKSET

4.1 Energiapuukertymä

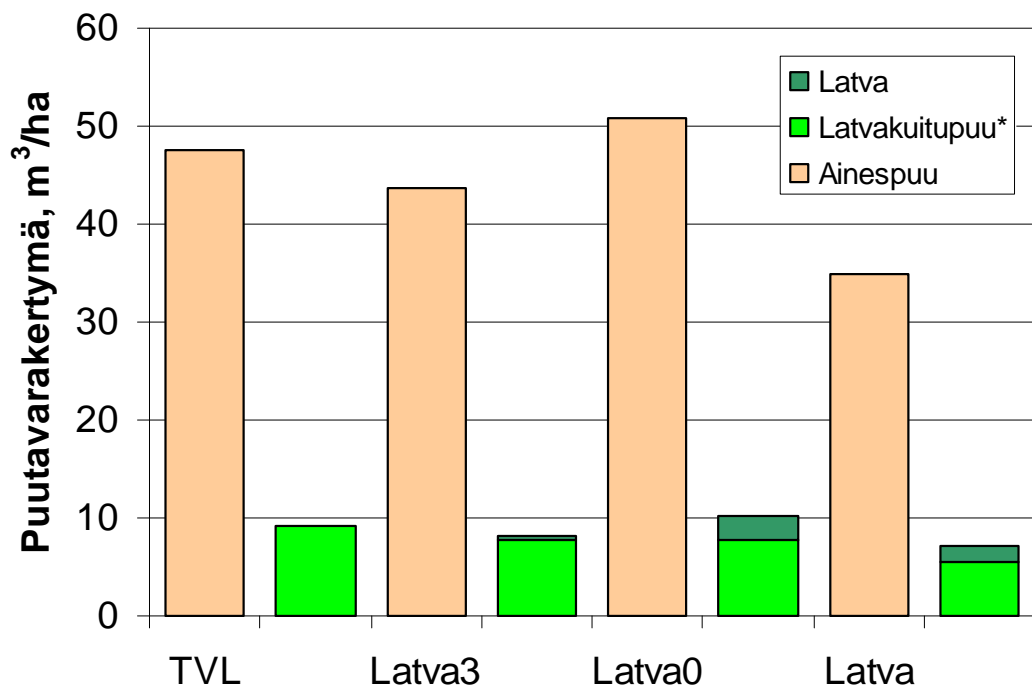
Vertailuissa menetelmissä pääosa energiapuukertymästä oli mäntykuitupuun mitta- ja laatuvaatimukset täyttävää puutavaraa. Lisäraaka-aineen kertymä läpimitaltaan 3–6 cm paksusta rungonosasta oli **latva3**-menetelmässä 1 % verrattuna normaaliin hakkuuseen. **Latva0**- ja **latva**-menetelmissä lisäraaka-ainekertymä läpimitaltaan 0–6 cm paksusta rungonosasta sekä vähäisestä oksamäärästä oli 4 % normaaliin hakkuuseen verrattuna (Kuvio 4).



KUVIO 4. Puutavarylajien osuudet eri hakkuutavoilla. * = Energiapuuksi menetelmissä hakattu latvakuitupuu.

Hakatun puumäärän osalta koealoista muista erosi eniten **latva**-koeala, jolta hakkuukertymä oli noin neljänneksen muita koealoja pienempi ja tukkiosuus oli suurempi

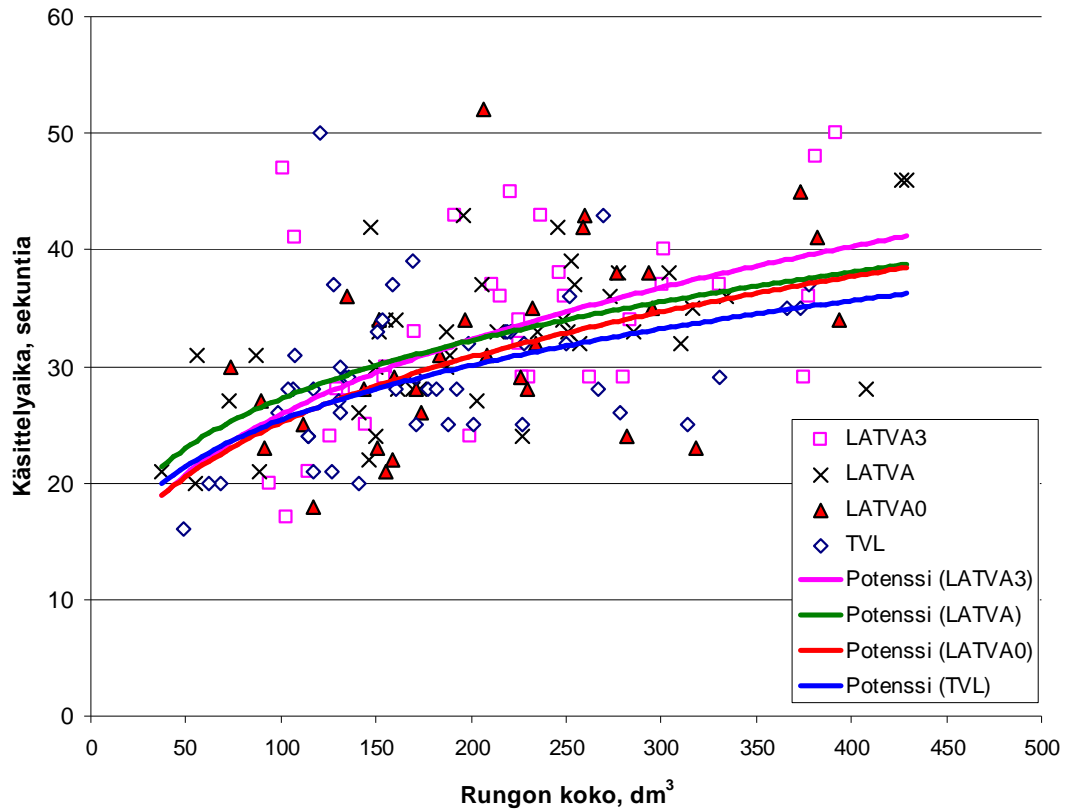
(Kuviot 4–5). Hakkuun ajanmenekki vertailuihin tämä ei kuitenkaan vaikuttanut, sillä menetelmittäin verrattiin rungon käsittelyn ajanmenekkiä läpimittaluokittain ja kaikille menetelmille käytettiin samoja ajanmenekkejä menetelmästä riippumattomille ajanmenekkeille. Energiapuukertymä tutkitulla kohteella vastasi 8–10 m³/ha, kun kertymässä oli mukana kuitupuuta. **Latva**-menetelmässä alle ainespuukokoisen energiatatvan kertymä oli noin 1,5 m³/ha.



KUVIO 5. Puutavaralajikertymä (m³/ha) eri hakkuutavoilla. **TVL**- ja **latva**-menetelmissä latvakuitupuuta on ainespuuta, muissa menetelmissä energiapuuta.

4.2 Hakkuu

Hakkuun runkokohtaiset ajanmenekit esitetään kuviossa 6. Runkokohtainen ajanmenekki oli pienin normaalissa tavaralajihakkuussa ja hitainta hakkuu oli **latva3**-menetelmällä. **Latva0**-menetelmän ajanmenekki oli lähinnä tavaralajimenetelmän ajanmenekkiä, mutta koska osa **latva0**-kappaleista oli ylipitkiä, antaa tulos ajanmenekistä lievästi liian positiivisen kuvan.



KUVIO 6. Runkojen käsittelyn ajanmenekki eri hakkuutavoilla.

Taulukossa 3 esitetään hakkuun kokonaisajanmenekki, kun kunkin menetelmän ajanmenekkiin on otettu mukaan rungon kuvion 6 mukaisen käsittelyajanmenekin lisäksi siirtoihin sekä apuaikoihin kuuluva keskimääräinen ajanmenekki. Apu- ja siirtoaikojen ajanmenekki on vakioitu samaksi kaikissa työmenetelmissä, koska niiden voidaan katsoa olevan koealan ominaisuuksista eikä työmenetelmästä johtuvia. Taulukossa 4 esitetään ainespuun hakkuun tuottavuus eri työmenetelmillä. Ainespuun hakkuun tuottavuus jää selvästi tavaralajihakkuuta pienemmäksi **latva3-** ja **latva0-**menetelmillä, koska ainespuuta hakataan energiapuuksi. Esitettävissä taulukoissa keltaisella maalattu ja rajattu alue vastaa tutkimustyömaan olosuhteita.

TAULUKKO 3. Hakkuun ajanmenekki runkoa kohti eri menetelmillä.

s/runko	TVL	LATVA3	LATVA0	LATVA
100	37	38	37	39
150	40	42	40	42
200	42	44	43	44
250	44	47	45	46
300	45	49	47	48

TAULUKKO 4. Ainespuun hakkuun tuottavuus eri hakkuumenetelmillä.

m ³ /h	TVL	LATVA3	LATVA0	LATVA
100	9,6	8,1	8,4	9,2
150	13,5	11,0	11,6	12,8
200	17,1	13,8	14,6	16,3
250	20,5	16,3	17,4	19,5
300	23,8	18,8	20,1	22,7

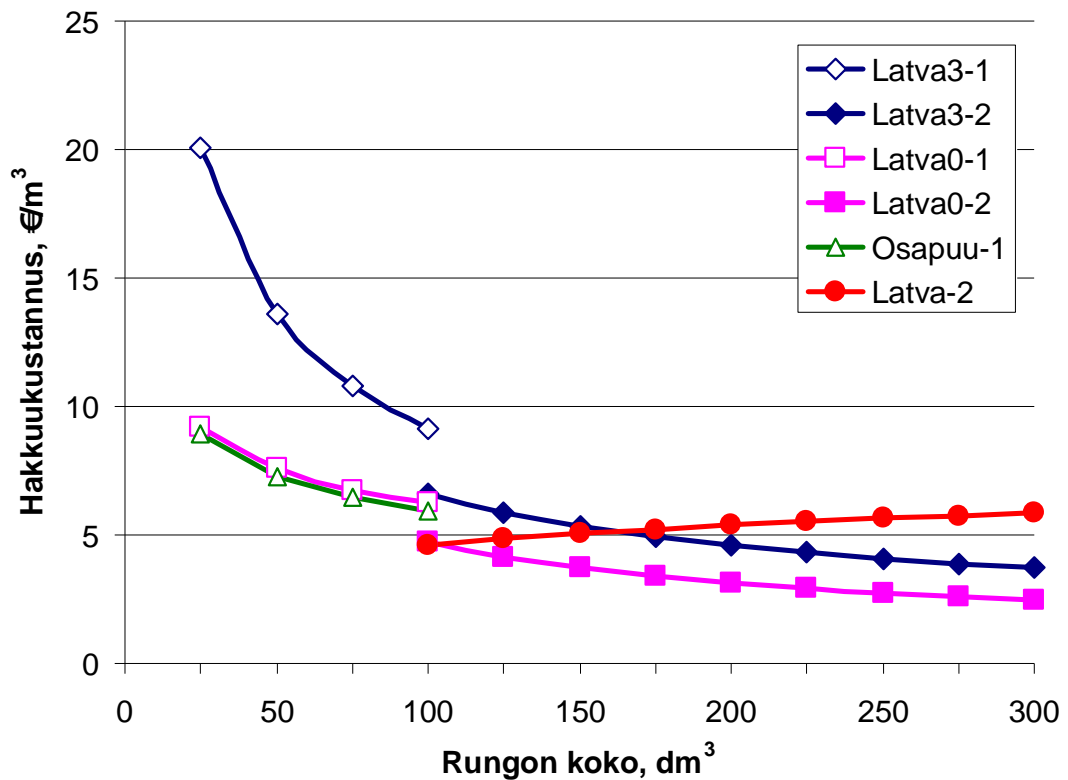
Energiapuun hakkuukustannuksia laskettaessa lähtökohta oli, että hakkuukoneen tulo-
 taso säilyy samana työmenetelmästä riippumatta. Menettelyssä vakioitiin taveralaji-
 hakkuun kustannus, ja hakkuun lisäkustannukset kohdistettiin täysimääräisenä ener-
 giapuulle. Energiapuun korjuun ansiosta työmaan puukertymä kasvaa hieman, mikä
 tuo kustannussäästöjä koneyrittäjälle. Tästä muodostuvia hyötyjä puunhankinnan kan-
 nalta tutkimuksessa ei ole määritetty. Laskennoissa käytetty hakkuukoneen tuntikus-
 tannus oli 366 mk \approx 62 €(Kärhä ym. 2001).

Taulukossa 5 esitetään energiapuun hakkuun kustannus eri menetelmillä. Vaikka **lat-
 va**-menetelmän vaikutus ainespuun hakkuun tuottavuuteen on pienin, muodostuu hak-
 kuun kustannus tällä menetelmällä korkeimmaksi, koska energiapuukertymä on mene-
 telmällä pieni.

TAULUKKO 5. Energiapuun hakkuukustannus eri menetelmillä.

€/m ³ _{ep}	LATVA3	LATVA0	LATVA
100	6,58	4,70	4,63
150	5,34	3,71	5,05
200	4,60	3,14	5,38
250	4,09	2,76	5,65
300	3,71	2,48	5,88

Kuviossa 7 on yhdistetty tässä tutkimuksessa ja aiemmassa Vesisenahon ym. (2002)
 tutkimuksessa määritetyt latvaenergiapuun hakkuukustannukset. Eri tutkimuksissa
 määritetyt kustannusarvot täydentävät hyvin toisiaan eivätkä tulokset ole ristiriidassa
 keskenään. **Latva0**- ja **latva3**-menetelmien hakkuukustannus alenee rungon koon
 kasvaessa.



KUVIO 8. Latvaenergiapuun hakkuukustannukset eri menetelmillä. Sarjat lisätunnisteella '1' ovat Vesisenaho ym. (2002) tutkimuksen arvoja ja tunnisteella '2' merkityt tämän tutkimuksen mukaisia arvoja.

4.3 Energiapuun hankinta

4.3.1 Puupolttoaineen tuotantokustannukset

Kantohinnan osuus tuotantokustannuksesta määritettiin laskemalla energiapuuksi siirtyneen kuitupuun osuus koko energiapuumäärästä ja asettamalla sen arvoksi 13 €/m³. Menettelyssä lähtökohtana on se, että metsänomistaja saa saman hinnan kuitupuulle riippumatta sen käyttökohteesta. **Latva3**-menetelmän kantohintaosuudeksi muodostui näin laskien runsaat 12 €/m³ ja **latva0**-menetelmässä pienemmän kuitupuuosuuden ansiosta hieman vähemmän, n. 10 €/m³. **Latva**-menetelmässä energiaositteelle ei ole laskettu kantohinta, koska kertymä on kokonaisuudessaan alle ainespuukokoista puutavaraa.

Energiapuun tuotantokustannukset määritettiin hakkuun osalta tämän tutkimuksen mukaisilla arvoilla ja metsäkuljetuksessa käytettiin aiemmalla tutkimusjaksolla (Vesisenaho ym. 2002) määritettyjä tuottavuustietoja. Tuottavuuksia on korjattu noin 5 % alaspäin, koska puutavaran ajouranvarsitiheys oli kohteella ensiharvennusta pienempi (Kuvio 8). **Latva**-menetelmässä korjaus on suurempi (-25 %), koska ko. pölkyjen koko on muita menetelmiä pienempi - ja myös ajouranvarsitiheys on selkeästi pienempi. Haketuksen ja kaukokuljetuksen osalta laskelmassa käytettiin markkinahintatasoa. Energiapuun energiasisältönä laskelmassa on käytetty 1,8 MWh/m³.



KUVIO 8. **Latva3**-kappaleista hakkuussa muodostettu kouraisutaakka.

Taulukkoon 6 on koottu eri osavaiheiden kustannustekijät sekä laskettu puupolttoaineen tuotantokustannukset yhteen. Kustannuksiltaan vain **latva**-menetelmä (13 €/MWh) on kilpailukykyinen vaihtoehtoisten metsähakkeen tuotantomenetelmien (mm. Tantu ym. 2002) kanssa, mutta koska tutkitun tyyppisille kohteille ei voi saada KEMERA-tukea, on menetelmällä tuotettu metsähake selkeästi (n. 5 €/MWh) markkinahintatasoa kalliimpaa.

TAULUKKO 6. Puupolttoaineen tuotantokustannukset (€/m³).- Rungon koko 200 dm³, metsäkuljetusmatka 200 m, kaukokuljetus 20 km

	Latva 3	Latva 0	Latva
Kantohinta	12	10	0
Hakkuu	4,6	3,1	5,4
Metsäkuljetus	5,0	5,0	6,7
- Tuntikustannus 45 €/h			
Tienvarsihintaa	22	18	12
Haketus	6,7	6,7	6,7
Kaukokuljetus	4,2	4,2	4,2
Käyttöpaikkahinta	33	29	23
€/MWh	18	16	13

4.3.2 Energiapuun hankintamäärä ja työllisyys

Saarijärven metsänhoitoyhdistyksen alueella toteutetaan vuosittain tavoitetta vastaava 150 ha:n määrä varttuneiden männiköiden harvennuksia. Mikäli koko tältä alueelta korjattaisiin energiapuuta tutkituilla työmenetelmillä, olisi hankittavissa oleva energiapuumäärä 810–2700 MWh/a (Taulukko 7) ja työllisyysvaikutus 0,1–0,4 henkilötyövuotta.

TAULUKKO 7. Energiapuuhankinnan kertymä ja työllisyysvaikutus varttuneiden männiköiden harvennuskohteilta.

- Rungon keskikoko 200 dm³, metsäkuljetusmatka 200 m, tiekuljetus 20 km

Energiapuun hankinta

Pinta-ala MHY2001

Energiapuumäärä

	LATVA0/3	LATVA	
	150	150	ha
	1500	450	m ³
	3750	1125	i-m ³
	2700	810	MWh

Hakkuu

- lisääjanmenekki 5 %

Metsäkuljetus

- LATVA-menetelmän tuottavuus -25 %

Haketus

- Tuottavuus 25 i-m³/h

Kaukokuljetus

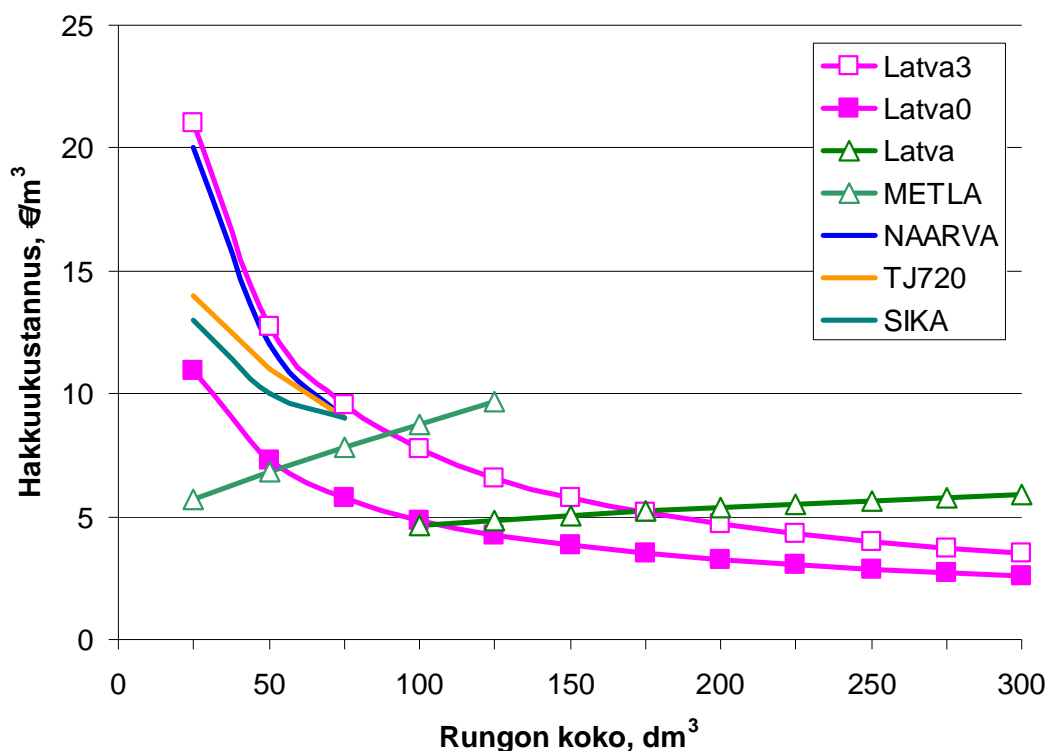
- 25 i-m³:n kuorma, 25 km/h**YHTEENSÄ****Suora työllisyysvaikutus**

	24	7	h
	167	67	h
	150	45	h
	315	95	h
YHTEENSÄ	656	213	h
Suora työllisyysvaikutus	0,4	0,1	htv

5 TULOSTEN TARKASTELU

Mäntykuitupuun minimilatvaläpimitan lasku seitsemästä kuuteen senttimetriin on aiheuttanut sen, että parrun jälkeisessä rungonosassa on suhteellisesti selvästi suurempi osuus kuitupuuta kuin aiemmin. Tämän takia tälle energiapuuksi kaavaillulle rungon osalle muodostuu varsin huomattava raaka-ainehinta verrattuna muihin energiapuuja-keisiin eikä näin merkittävän kuitupuuksi kelvollisen raaka-ainemäärän hakkaaminen energiapuuksi ole nykyisillä energiapuun hinnoilla kannattavaa.

Tutkitut työmenetelmät tarjoavat kuitenkin varsin kilpailukykyisiä vaihtoehtoja karsitun energiapuuran hakkuuseen. Kuviossa 9 nyt tutkittuja työmenetelmiä on verrattu parhaisiin markkinoilla oleviin joukkokäsittelyratkaisuihin sekä Metsäntutkimuslaitoksen ensiharvennumänniköiltä keräämään hukkalatvan hakkuun tutkimusaineistoon (METLA; Laitila 2002). Joukkokäsittelyvaihtoehdoissa tuotettava energiapuu on oksaista eikä näin ollen vastaa nyt tutkittujen menetelmien raaka-ainetta laadultaan. Naarva-kouran (NAARVA) aineisto on poimittu Kärhän ym. (2002) julkaisusta ja Timberjack 720 –hakkuulaitteen sekä manuaalisen siirtelykaadon (SIKA) Laitilan ja Asikaisen (2002) artikkelista.



KUVIO 9. Energiapuun hakkuumenetelmien kustannukset.

Parrun jälkeisestä rungonosasta sitä suurempi osuus on kuitupuuta, mitä varttuneempaa hakattava puusto on. Näin ollen kuitu-latva -energiapuun hakkuulle on raaka-aineen hinnan takia parhaat edellytykset ensiharvennusmetsissä. Ensiharvennuskohteilla parrun jälkeinen latvakappale pitää kuitenkin katkaista metsäkuljetuksen takia kahteen osaan, jolloin muodostuvat automaattisesti erilliset kuitupölkky ja energia-puulatvakappale, jotka ovat valmiit kuljetettaviksi erillisinä tavaralajeina.

Hakkuukoneen mittalaite ei sovellu suoraan latvaläpimitaltaan noin kolmisenttisen energiapuun hakkuuseen. Tämän tutkimuksen perusteella hakkuukoneen mittalaite antaa noin 5 % yliarvion puumäärälle, ja aiemman tutkimuksen (Vesisenaho ym. 2002) mukaan ero voi ensiharvennuksella olla jopa suurempi. Mikäli energiapuun hakkuu latvaläpimitaltaan kolmeen senttiin vakiintuu käytännöksi, on mittaustarkkuus selvitettävä eri vuodenaikoina ja eri puulajeilla.

Vertailtaessa eri hakkuumenetelmiä normaaliin tavaralajihakkuuseen ovat uudet menetelmät epäedullisessa vertailutilanteessa, koska kuljettaja on tottunut normaaliin työmenetelmään, muttei uusiin. Tämän takia voidaan olettaa, että uusien työmenetelmien tutkimuksessa määritetty kustannustaso ei operatiivisessa työssä olisi oppimisen ansiosta aivan niin korkea kuin nyt määritetty. Oletusta tukee etenkin latva3-menetelmässä myös se, että kuljettaja ei voinut hyödyntää automatiikkaa latvakappaleen teossa, vaan joutui ajamaan käsiajolla ja määrittämään katkaisukohdan silmämääräisesti. Oppimisen vaikutus hankinnan kokonaiskustannuksiin jäänee kuitenkin vähäiseksi, koska työmenetelmät olivat lähellä totuttuja eikä menetelmän kokonaiskustannuksen kannalta hakkuun merkitys ole kovinkaan suuri.

LÄHTEET

- Kärhä, K., Ryyänen, S. & Rönkkö, E. 2001. Harvennusharvestereiden tuottavuus ja hakkuukustannukset. Työtehoseuran metsätiedote 12/2001.
- Kärhä, K., Jouhiaho, A., Mutikainen, A. & Mattila, S. 2002. Joukkokäsittelevä Naarva-koura energiapuun hakkuussa. Työtehoseuran metsätiedote 12/2002.
- Laitila, J. 2002. Re: Vs: Korjaus kasaustietoihin. Sähköpostiviesti liitetiedostoineen 4.9.2002, vastaanottaja Tero Vesisenaho.
- Laitila, J. & Asikainen, A. 2002. Koneellinen energiapuun korjuu harvennusmetsistä. Artikkelit Puuenergia 3/2002 –lehdessä. s. 8 – 9.
- Tanttu, V., Sirén, M., Aaltio, H. & Kärhä, K. 2002. Energiapuun korjuuolosten parantamismahdollisuudet. Teoksessa: Sirén, M. (toim.) 2002. Ensiharvennusten korjuuolot ja niiden parantamismahdollisuudet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 837.
- Vesisenaho, T., Niemi, M., Wickstrand, H. & Vääräsmäki, M. 2002. Latvahukkapuun hyödyntäminen energiapuuksi koneelliseen puunkorjuuseen integroituna männikön ensiharvennuksella. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Luonnonvarainstituutti.