

ENERGIAPUUN KORJUU TAIMIKOSTA NAARVA-KOURALLA

Jarmo Hämäläinen Risto Lilleberg

Tutkimuksessa kokeiltiin Naarva-kaatolaitteella varustettua kuormatraktoria varttuneen taimikon harvennuksessa ja vertailtiin menetelmän kustannuksia raivaussahatyöhön.

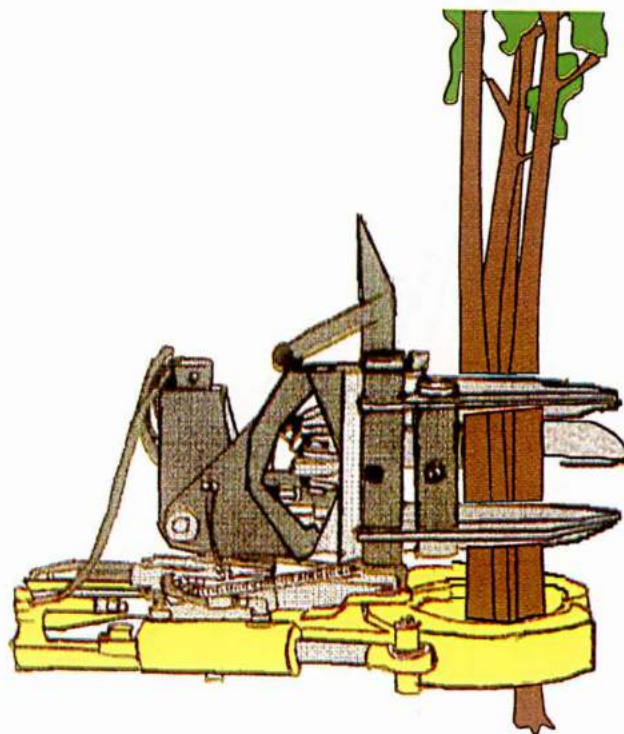
Kokeilu toteutettiin kolmella erilaisella tutkimusmaalla. Tutkimuskohteet olivat männiköitä, joiden valtapituus vaihteli 3,7:stä 9,3:een metriin. Poistettavien puiden keskipituus oli 3,1 - 4,8 metriä, tiheys 6 000 - 10 000 kpl/ha ja tilavuus, runkopuu ja oksat mukaan lukien, 15 - 61 m³/ha.

Korjuun tehotuntuotos vaihteli koealoittain välillä 0,8 - 2,9 m³, kun metsäkuljetusmatka oli 45 - 150 metriä. Tuotos parani selvästi hehtaarikohtaisen kertymän kasvaessa.

Laskennalliset korjuukustannukset tienvarressa olivat 62 - 305 mk/m³ (34 - 170 mk/MWh) eli 3 770 - 6 600 mk/ha. Laskelmat tehtiin 250 m:n metsäkuljetusmatkalle, ja niissä otettiin huomioon taimikonhoitoon ja nuoren metsän kunnostukseen sekä energiapuun korjuuseen myönnettävät metsänparannustuet. Tulosten mukaan korjuu kannattaa suunnata ensisijaisesti kohteisiin, joissa kertymä on vähintään 40 - 50 m³/ha.

Energiapuun talteenottoon perustuva taimikonhoito oli useimmissa tapauksissa metsänomistajan kannalta kalliimpaa kuin puiden kaato maahan raivaussahatyönä. Menetelmän kilpailukyvyyn kannalta kriittisiä seikkoja ovat käyttölaitosten alueellinen kattavuus ja niiden puustamaksukyky.

Naarva-laitteella varustettua korjuun yhdistelmäkonetta kokeiltiin ensimmäistä kertaa taimikonhoidossa. Kehittämistyöllä menetelmän tuottavuutta voitaneen parantaa. Metsätehossa on käynnistetty Bioenergia-ohjelmaan kuuluva jatko projekti, jossa laitekokeilua jatketaan sekä tarkastellaan menetelmän kokonaistaloudellisuutta puuntuotantoketjun kannalta.



JOHDANTO

Viime vuosina taimikonhoito-ohjeita on uusittu eri organisaatioissa. Harvennus suositellaan nykyään tehtäväksi noin 4 - 7 m:n pituusvaiheessa. Myöhäisissä harvennuksissa poistettava puusto on kookkaampaa kuin perinteisillä taimikonhoitotyömailla, jolloin sen kaatokin on aiempaa työläämpää. Energiapuun talteenotto saattaa olla muutoksen johdosta entistä useammin perusteltua (ks. Metsätehon katsaus 2/1995).

Tutkimuksen tavoitteena oli kokeilla Naarva-kouralla varustettua puunkorjuun yhdistelmäkonetta varttuneissa taimikoissa. Kokeilun pohjalta tarkasteltiin energiapuun korjuun kustannuksia ja vertailtiin toimintamallia tavanomaiseen taimikonhoitoon.

Tutkimus kuuluu valtakunnalliseen Bioenergia-tutkimusohjelmaan, ja se toteutettiin Metsätehon, Enso-

Gutzeit Oy:n ja Pentin Paja Ky:n yhteistyönä. Metsäteho vastasi projektin suunnittelusta, aineiston keräyksestä, tulosten laskennasta ja analysoinnista sekä raportoinnista. Enso-Gutzeit Oy huolehti tutkimustyömaiden sekä aputyövoiman ja koehenkilöiden järjestämisestä projektiin. Pentin Paja Ky antoi tutkittavan hakkuulaitteen käyttöön ja huolehti sen asennuksesta.

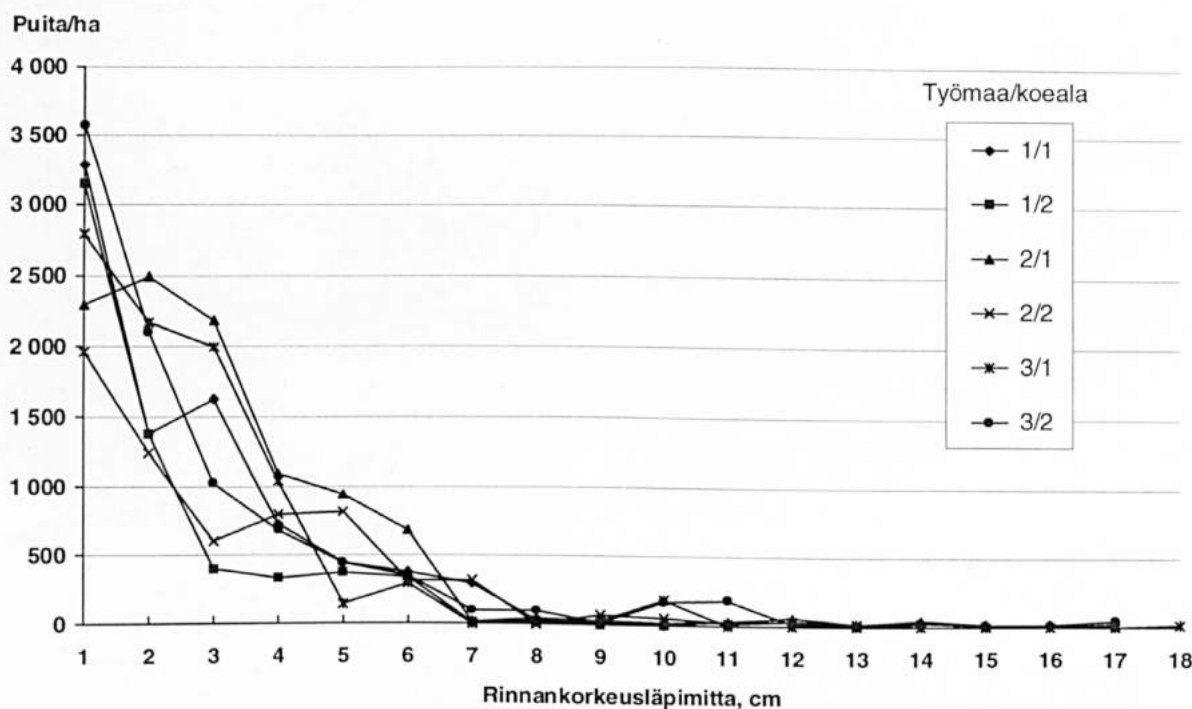
TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

Naarva-laite asennettiin Osmo Maksimaisen Valmet 832 -kuormatraktoriin. Kokeilu tehtiin kolmella puustoltaan erilaisella tutkimustyömaalla Ilomantissa. Kullekin työmaalle perustettiin kaksi koealaa, joiden pituus oli 30 metriä ja leveys 20 metriä (taulukko 1). Koealoilla tehtiin aikatutkimus koneen työkentelystä. Koneen kuljettaja harjoitteli laitteen käyttöä yhden päivän ajan ennen aikatutkimusta.

TAULUKKO 1

Konetyömaiden puustotunnukset

Työmaa/ koeala	Lähtötiheys, kpl/ha	Kasvatettavien puiden valta- pituus, m	Poistuman keskipituus, m	Poistuman keskitiheys, kpl/ha	Poistuman keski- läpimitta ($d_{1,3}$), cm	Kertymä, m ³ /ha
1 / 1	12 920	4,0	3,4	8 180	2,5	27
1 / 2	11 830	3,7	3,1	6 010	2,1	15
2 / 1	13 670	9,3	4,8	9 960	3,0	53
2 / 2	8 900	9,0	4,7	6 280	3,2	44
3 / 1	17 580	7,3	4,7	8 680	2,6	36
3 / 2	13 250	7,8	4,3	8 860	2,8	61



Kuva 1. Poistettujen puiden läpimittajakauma

Kohteet 1 ja 3 olivat istutusmänniköitä ja kohde 2 oli luontaisesti uudistettu männikkö. Kasvatettava valtapuusto oli pääosin mäntyä ja poistettava puusto lähinnä luontaisesti syntynyttä koivua. Kertymä sisältää sekä runkokuun että oksat.

Poistuman runkoluvusta suurin osa oli rinnankorkeusläpimitaltaan vain muutamia senttimetrejä (kuva 1). Talteen pyrittiin ottamaan pääasiassa yli 1,5 - 2 metrin pituisia puita, mutta käytännössä pienempiäkin tuli mukaan, koska ne usein sijaitsivat samoissa ryhmissä isompien puiden kanssa.

Vertailumenetelmänä oli tavanomainen raivaussahatyö, jota tutkittiin samoilla työmailla kuin kone-työtä. Raivaussahatyön aikatutkimusaineisto kerättiin koealoilta, joiden koko oli 4 • 4 metriä. Aikatutkimukseen osallistui kaksi raivaussahatyöhön tottunutta ammattimetsuria. Aineistoa kerättiin yhteensä 81 koealaa, noin 40 koealaa kummaltakin työntekijältä (taulukko 2).

Raivaussahatyön aikatutkimukset toteutettiin loka-kuun lopussa ja konekokeilu marraskuun alussa 1995. Konekokeilun aikana koealoilla oli lunta 5 - 10 cm.

Aikatutkimusaineistojen pohjalta vertailtiin eri menetelmien tuottavuutta ja kustannuksia. Tarkaste- luissa hyödynnettiin Metsätehon laskentamalleja sekä yleisiä töiden hinnoitteluperusteita.

TAULUKKO 2 Raivaussahakoealat

Tiheys, puita/ha	Kantoläpimitta, cm				
	1	2	3	4	5
	koealoja, kpl				
0 - 5 000		1	4	1	1
5 001 - 15 000		14	21	7	2
15 001 - 30 000		12	10		1
> 30 000	2	4	1		

TULOKSET

Konetyön tuottavuus ja kustannukset

Puiden kaadon, kuormauksen ja metsäkuljetuksen käsittävä tehotuntituotos vaihteli kohteittain vajaasta yhdestä kuutiometristä noin kolmeen kuutiometriin (taulukko 3). Tuottavuus parani hehtaarikoh- taisen kertymän kasvaessa. Aineisto oli kuitenkin niin pieni, ettei se antanut edellytyksiä luotettavaan rungon koon, poistuman tiheyden yms. vaikutusten selvittämiseen. Metsäkuljetusmatkat olivat kaikilla koealoilla lyhyet, vain 50 - 150 metriä.

TAULUKKO 3 Naarva-kouralla varustetun yhdistelmäkoneen tuottavuus

Työmaa/ koeala	Kertymä, m ³ /ha	Tehoajan- menekki, h/ha	Tehotunti- tuotos, m ³ /h
1 / 1	27	23,1	1,2
1 / 2	15	18,4	0,8
2 / 1	53	31,4	1,7
2 / 2	44	23,3	1,9
3 / 1	36	23,9	1,5
3 / 2	61	21,2	2,9

Aikatutkimuksen pohjalta laskettiin korjuukustan- nukset. Laskelmissa koneen käyttötuntikustannuk- set ovat 270 mk, alle 15 minuutin keskeytysten osuus 10 % käyttöajasta ja metsäkuljetusmatka 250 m. Vaihtoehtolaskelmissa otettiin lisäksi huomioon tai- mikonhoitoon ja nuoren metsän kunnostukseen sekä energiapuun korjuuseen myönnettävät metsänpa- rannustuet: taimikonhoitotuki 30 % työkustannuk- sista ja energiapuutuki 25 mk/m³. Korjuukustannuk- set tienvarressa olivat tuet mukaan lukien 62 - 305 mk/m³ (34 - 170 mk/MWh) eli noin 3 800 - 6 600 mk/ ha (taulukko 4).

TAULUKKO 4 Laskelma korjuukustannuksista

Työmaa/ koeala	Korjuu- kustannukset, mk/m ³	Korjuukustannukset – metsänparannustuet, mk/m ³	Korjuu- kustannukset, mk/ha	Korjuukustannukset – metsänparannustuet, mk/ha
1 / 1	231	196	6 270	5 300
1 / 2	342	305	5 030	4 480
2 / 1	156	125	8 280	6 600
2 / 2	138	107	6 080	4 740
3 / 1	178	145	6 420	5 240
3 / 2	92	62	5 610	3 760



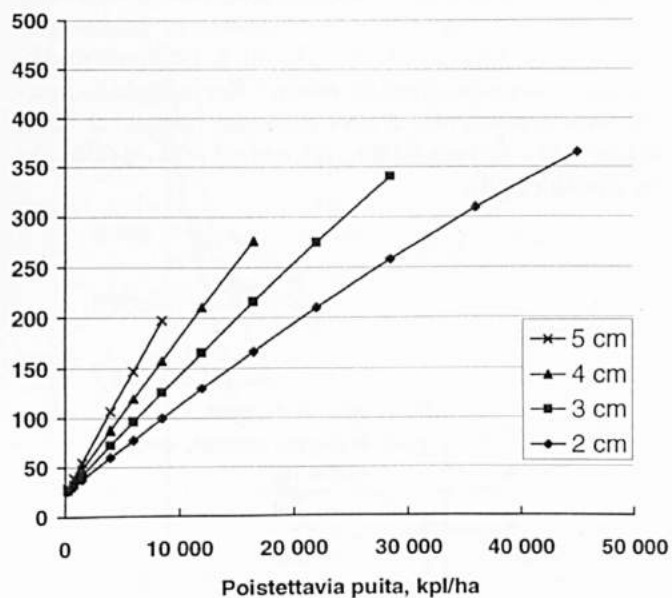
Molemmatvalok. Metsäteho



Raivaussahatyön tuottavuus ja kustannukset

Aikatutkimusaineistosta määritettiin sahausajanmekin riippuvuus harvennusolosuhteista. Poistettavien puiden lukumäärä ja kantoläpimitta vaikuttivat voimakkaasti ajanmenekkiin (kuva 2). Aineisto oli pieni erityisesti järeimmissä kantoläpimittaluokissa, joten tuloksiin on suhtauduttava varauksin.

Suhteellinen ajanmenekki



Kuva 2. Poistettavien puiden lukumäärän ja kantoläpimitan vaikutus raivaussahatyön ajanmenekkiin (100 = 2 cm / 8 500 kpl/ha)

Raivaussahatöiden urakkahinnoittelun yksikköpalkkataso sijoitettiin ajanmenekifunktioihin, ja laskettiin harvennuskustannukset konetyökohteille (taulukko 5). Laskelmaan sisältyvät palkka- ja palkkasivukustannukset (72 %), ja työ on oletettu tehtäväksi työntekijän raivaussahalla.

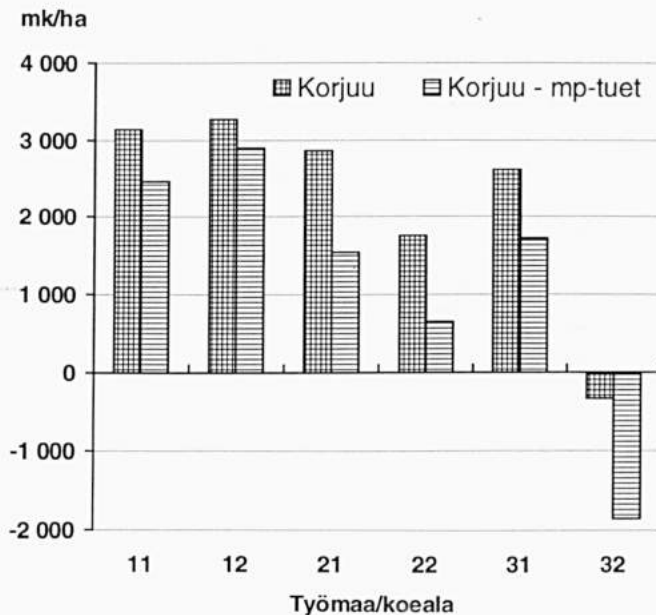
TAULUKKO 5 Raivaussahatyönä tehtävän harvennuksen kustannukset konetyökohteilla

Työmaa/ koeala	Kustannukset, mk/ha	Kustannukset – metsänparannus- tuet, mk/ha
1 / 1	960	670
1 / 2	580	410
2 / 1	1 180	820
2 / 2	800	560
3 / 1	920	640
3 / 2	1 040	730

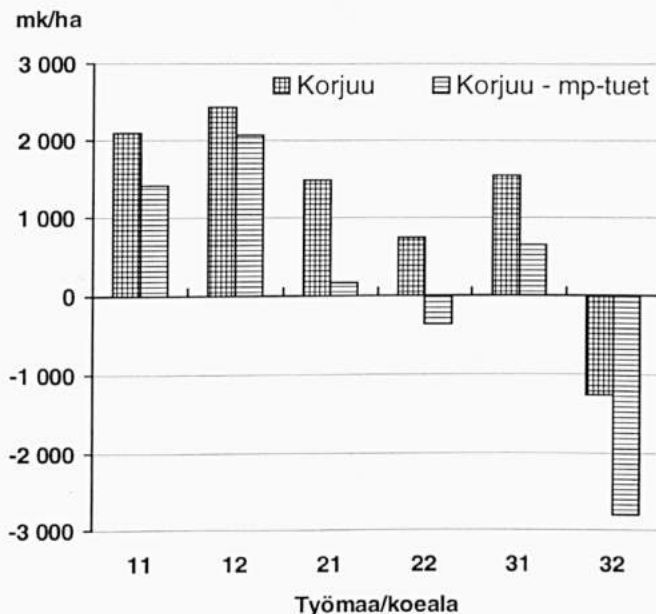
Menetelmien vertailua

Energiapuun korjuuseen perustuvan taimikonhoidon taloudellisuutta tarkasteltiin metsänomistajan näkökulmasta. Energiapuusta maksettavaksi tienvarsihinnaksi oletettiin 80 mk/m³. Hintataso johdettiin kuntien pienten lämpölaitosten käytännössä maksamista hinnoista (noin 135 mk/m³). Tienvarsihintaa laskettiin vähentämällä laitoshinnasta rationaalista toimitusketjua vastaavat kuljetuskustannukset (22 mk/m³), haketus-kustannukset (24 mk/m³) sekä yleiskustannukset (10 mk/m³).

Puun talteenottoon perustuva menetelmä oli useimmissa tapauksissa raivaussahatyötä huomattavasti kalliimpaa (kuva 3).



Kuva 3. Energiapuun korjuun aiheuttamat lisäkustannukset/kustannussäästöt raivaussahatyönä tehtävään taimikonhoitoon verrattuna. Energiapuun hinta tienvarressa 80 mk/m³



Kuva 4. Energiapuun korjuun aiheuttamat lisäkustannukset/kustannussäästöt raivaussahatyönä tehtävään taimikonhoitoon verrattuna. Energiapuun hinta tienvarressa 80 mk/m³, tuottavuuden lisäys 20 % tutkimuksessa todettuun verrattuna

Koska kokeiltu laite oli prototyyppi ja menetelmää kokeiltiin ensimmäistä kertaa, on luultavaa, että tuottavuus kohenee kehittämistyön edetessä. Tuottavuuden merkitystä havainnollistaa esimerkikilaskelma, jossa tuottavuuden oletettiin nousevan 20 % tutkimuksessa todetusta tasosta. Se tekisi menetelmän kilpailukykyiseksi jo suurella osalla tutkimuskohteista, kun lähtökohtana on 80 mk:n tienvarsihintaa (kuva 4).

TARKASTELUA

Kaatolaitteeseen perustuva korjuun yhdistelmäkone on kokeilun perusteella kiinnostava vaihtoehto taimikonhoidon koneellistamisen kannalta. Tähänastisten taimikonhoitokoneiden, jotka on tarkoitettu pelkästään puiden kaatoon, kilpailukyky on ollut huono raivaussahatyöhön verrattuna.

Tutkittua yhdistelmäkonetta käytettiin ensimmäistä kertaa tiheissä ja pienipuustoisissa nuorissa metsissä. Lisäksi peruskoneen hydraulikassa oli mitoitus- ja säätöongelmia, jotka hidastivat puiden kaatovaihetta, ja kuljettaja oli vielä tottumaton laitteen käyttöön. Ominaisuuksiltaan Naarva-koura soveltui kuitenkin varsin hyvin tiheiden taimikonhoitokohteiden käsittelyyn, koska se on pienikokoinen ja mahdollistaa usean puun yhtäaikaisen käsittelyn. Lisäksi laite on hinnaltaan edullinen. Jatkossa laitetta on kehitettävä niin, että nykyistä useamman puun taakan keräily on mahdollista.

Tutkimuskohteet vastasivat poistettavan puuston osalta varttuneita taimikonhoitokohteita, mutta kasvatettava valtapuusto oli osalla koealoista varsin kookasta, taimikkovaiheen ohittanutta. Sen seurauksena ajourilta tuleva kertymä oli suurempi kuin varsinaisissa taimikonhoitokohteissa.

Kokeilun perusteella korjuu kannattaisi suunnata ensisijaisesti sellaisiin taimikon harvennuskohteisiin, joissa energiapuukertymä on vähintään 40 - 50 m³/ha. Jos esimerkiksi kolmannes vuotuisesta taimikonhoitoalasta olisi tulevaisuudessa korjuukelpoista, merkitsisi se mittavaa, noin 2,5 - 3 milj. kuutiometrin energiapuupotentiaalia.

Puun koneelliseen talteenottoon perustuvan taimikonhoidon taloudellisuudessa on vielä parantamisen varaa. Koneityön tuottavuuden ohella energiapuun käyttölaitosten alueellinen kattavuus ja niiden puustamaksukyky ovat menetelmän kilpailukykyyn kannalta kriittisiä. Metsätehossa on käynnistetty Bioenergia-ohjelmaan kuuluva jatko projekti, jossa jatketaan konekokeilua sekä tarkastellaan koneellisen taimikonhoidon yhteyksiä ensiharvennukseen ja vaikutuksia koko puuntuotantoketjun taloudellisuuteen.

Asiasanat: taimikonhoito, puun korjuu, energiapuun

A FORWARDER WITH NAARVA FELLING-LOADING HEAD IN A YOUNG STAND TO HARVEST ENERGY WOOD

The study looked into the use of a forwarder equipped with a Naarva whole-tree felling-loading head mounted on a hydraulic loader in thinning a young stand. The method was compared in terms of costs to using a clearing saw.

The trial was carried out on three different kinds of study sites. These were stands of pine, whose dominant heights varied from 3.7 metres to 9.3 metres. The mean height of the trees removed varied between 3.1 and 4.8 metres, stand density varied between 6 000 - 10 000 trees/ha, the volume per hectare (inc. stemwood and branches) varied between 15 and 61 m³/ha.

The productivity of harvesting per effective hour varied by sample plot within the range of 0.8 - 2.9 cubic metres, when the forest haulage distance varied between 45 and 150 metres. Productivity was observed to distinctly improve as the outturn per hectare increased.

The calculatory harvesting costs at the roadside were FIM 62 - FIM 305 per m³ (FIM 34 - FIM 170 per MWh) or FIM 3 770 - FIM 6 600 per ha. The calculations were done for a forest haulage distance of 250 metres taking into account forest improvement

grants given for tending of young stands and improvement of young increment stands and harvesting of energy wood. The results obtained indicate that harvesting operations should be primarily focused on sites with estimated outturns of at least 40 - 50 m³/ha.

In most cases the tending of young stands based on the recovery of energy wood was more costly from the forest owner's point of view than simply felling the excess trees motor-manually by means of a clearing saw and leaving them on the ground. The two factors critical from the viewpoint of the competitiveness of the method are the regional coverage of energy-generation plants and their ability to pay for wood raw material.

The combined harvester forwarder equipped with a Naarva grapple-mounted whole-tree felling-loading head was tested in tending of young stands for the first time. Further development work is expected to improve the method's productivity.

Key words: young stand tending,
harvesting, energy wood