

Metsätehon raportti 218
30.6.2011

Koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon kilpailukyky

Markus Strandström
Veli-Matti Saarinen
Heidi Hallongren
Jarmo Hämäläinen
Asko Poikela
Juho Rantala

ISSN 1796-2374 (Verkkójulkaisu)

METSÄTEHO OY
PL 101 (Snellmaninkatu 13)
00171 Helsinki

www.metsateho.fi

Koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon kilpailukyky

**Markus Strandström
Veli-Matti Saarinen
Heidi Hallongren
Jarmo Hämäläinen
Asko Poikela
Juho Rantala**

Metsätehon raportti 218
30.6.2011

ISSN 1796-2374 (Verkojulkaisu)

Asiasanat: koneellistaminen, istutuskoneet, taimikonhoitokoneet,
metsänhoito, istutus, taimikonhoito, kustannukset,
tuottavuus

© Metsäteho Oy

Helsinki 2011

SISÄLLYS

ALKUSANAT	4
TIIVISTELMÄ	5
SUMMARY	7
1 JOHDANTO	9
1.1 Tausta.....	9
1.2 Tavoite	10
2 NYKYISET KONEET JA LAITTEET	10
2.1 Mätästys	10
2.2 Istutus.....	11
2.3 Taimikonhoito.....	12
3 LASKENTAOLETUKSET	13
3.1 Työajanmenekit.....	13
3.2 Kustannuslaskentaperusteet	15
4 KILPAILUKYKY JA TUOTTAVUUSVAATIMUKSET	16
4.1 Istutus.....	16
4.2 Varhaisperkaus.....	19
4.3 Taimikonharvennus.....	23
5 TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	25
LÄHTEET	28
LIITTEET	

ALKUSANAT

Metsäklusteri Oy:n EffFibre-tutkimusohjelman tavoitteena on kasvattaa kotimaisen puuraaka-aineen saatavuutta ja parantaa puuntuotannon kustannustehokkuutta sekä koko klusterin kilpailukykyä. Osana ohjelmaa selvitetään tehostetun puuntuotannon vaatimia teknologisia ja logistisia ratkaisuja puunkorjuussa ja metsänhoidossa.

Tässä Metsätehon ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteistyönä tehdyssä raportissa kuvataan koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon tämänhetkinen asema ja kilpailukyky metsurityöhön verrattuna.

TIIVISTELMÄ

Tämä raportti on tehty osana Metsäklusteri Oy:n EffFibre-tutkimusohjelmaa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon kone- ja laiteratkaisujen kustannuskilpailukyky ja työvoiman tarve metsurityöhön verrattuna. Tarkasteltavina metsänhoidon työlajeina olivat istutus, taimikon varhaisperkaus ja taimikonharvennus. Tarkastelussa olivat mukana yleisimmin käytössä olevat istutus- ja taimikonhoitolaitteet, joiden työn tuottavuudesta ja työn laadusta oli aiempaa tutkimustietoa.

Koneellista istutusta verrattiin erilliseen kaivinkoneella tehtävään laikkumästästykseseen ja metsurin tekemään pottiputki-istutukseen. Koneellista taimikonhoitoa verrattiin metsurin raivaussahalla tekemään varhaisperkaukseen ja taimikonharvennukseen.

Laskentaoletuksissa istutustiheytenä oli 1 800 tainta hehtaarille. Taimikonhoidossa poistuman tiheys oli 12 000 runkoa hehtaarilta ja poistuman kantoläpimitta varhaisperkauksessa vaihtoehtoisesti 1 tai 1,5 cm ja taimikonharvennuksessa 2 tai 3 cm. Muut työvaikeustekijät olivat keskimääräisiä. Työmaan kooksi oletettiin kaikissa työlajeissa 2,5 hehtaaria ja niiden oletettiin sijaitsevan keskimäärin 15 kilometrin etäisyydellä toisistaan, ja 25 kilometrin etäisyydellä työntekijän kotoa.

Koneiden kustannuslaskelmat tehtiin Metsätehon kustannuslaskentamalleilla. Laskelmat tehtiin uusien peruskoneiden ja metsänhoitolaitteiden hinnoin. Peruskoneena istutuksessa oli keskiraskas telakaivinkone ja taimikonhoidossa keskiraskas hakkuukone lukuun ottamatta UW40-risuraivainta, jonka peruskoneena oli pienmetsäkone.

Metsänhoitokoneiden työkausi oli istutuksessa 5 kuukautta ja maanmuokkauksessa sekä taimikonhoidossa 6 kuukautta. Metsänhoidon työkauteen sisältyi yhteensä 3 viikkoa lomaa tai seisokkeja. Koneellista työtä tehtiin metsänhoitokaudella kahdessa vuorossa. Muuna aikana peruskoneet olivat muissa töissä, jolloin niillä oli yhteensä kuukausi lomaa tai seisokkia, paitsi pienmetsäkoneella 3 kuukautta. Metsänhoitokauden ulkopuolella työtä tehtiin yhdessä vuorossa. Ympärivuotisesti työllistyvän ja yksin työskentelevän metsurin palkkakustannus oli työehtosopimuksen mukainen, ja se sisälsi raivaussahatöissä korvauksen työntekijän omistaman sahan käytöstä.

Koneellisen istutuksen kustannukset olivat 23 % korkeammat kuin metsurityöketjussa. Koneiden tuottavuuden tulisi nousta 25 %, jotta ne ylittäisivät vertailuketjun tasolle. Tämä edellyttää vähintään 190 taimen käyttötuntituotosta.

Kitkevän Naarva-perkaajan kustannukset pelkästään varhaisperkauksessa olivat noin 2,1–2,5 -kertaiset suhteessa metsurityöhön. Naarva-perkaajan tuottavuuden tulisi 2,5–3,1 -kertaistua, jotta sen hehtaarikustannus taimikon varhaisperkauksessa olisi samalla tasolla metsurin kanssa. Tämä vastaisi

keskimääräisillä poistuman kantoläpimitoilla 0,33–0,42 hehtaarin käyttötuntutuotosta.

Kun oletettiin, että kitkennän jälkeen varsinaista taimikonharvennusta ei tarvita, oli Naarvalla tehty varhaisperkaus edullisempaa kuin raivaussahaustyönä tehtyjen varhaisperkauksen ja taimikonharvennuksen yhteiskustannukset. Tällöin Naarva-perkaaja ylsi vähintään metsurityön kustannuksista johdetun tuottavuuden minimivaatimuksen tasolle tai ylitti sen 6–28 %:lla.

Hakkuukoneeseen asennetun MenSe-raivauspään ja pienmetsäkoneeseen asennetun UW40-risuraivaimen kustannuskilpailukyky erosi toisistaan huomattavasti.

UW40 oli kustannuksiltaan kilpailukykyinen metsurin kanssa, kun poistuman tiheys oli keskimääräinen ja kantoläpimitta oli vähintään 3 cm. Tuottavuuden tulisi nousta noin 35 % eli 0,14 hehtaariin käyttötunnissa, mikäli poistuman kantoläpimitta on vain 2 cm.

MenSen kustannukset olivat keskimääräisissä olosuhteissakin 1,5–1,9-kertaiset metsurityöhön verrattuna. MenSen käyttötuntutuotoksen tulisi nousta noin 1,5–2,2-kertaiseksi, jotta kustannuksissa päästäisiin metsurityön tasolle. Tämä tarkoittaa työvaikeustekijöistä riippuen vähintään 0,18–0,26 hehtaaria käyttötunnissa.

Koneellisella istutuksella ja taimikonhoidolla voidaan vähentää metsäalan työvoimatarvetta. Koneistus vaati 22 % vähemmän henkilöresursseja kuin erillinen laikkumätästys ja pottiputki-istutus. Kitkevä Naarva-perkaaja sitoi pelkästään varhaisperkauksessa saman verran tai 14 % vähemmän ihmis työvoimaa kuin metsurin tekemänä. Koko taimikonhoitoketju huomioiden Naarvan resurssitarve oli peräti 57–66 % metsuriketjua pienempi. MenSe-raivauspään resurssitarve taimikonharvennuksessa oli 16–37 % ja UW40-risuraivaimen 1–26 % pienempi kuin metsurityössä.

THE COMPETITIVENESS OF MECHANIZED PLANTING AND TENDING

SUMMARY

This report was drawn up as part of Forestcluster Ltd's EffFibre research programme. The aim of the study was to analyse the cost competitiveness of machines and devices used in mechanized planting and young stand tending and their manpower requirements compared to motor-manual forest work. The forest work types examined included planting, stand cleaning and pre-commercial thinning. The study covered the most commonly used planting and stand tending devices.

Mechanized planting was compared with the two-stage process of excavator spot mounding and manual tube planting, and mechanized tending was compared with manual cleaning and pre-commercial thinning using a clearing saw.

In the calculation assumptions, the planting density was 1,800 seedlings per hectare, the removal intensity in young stand tending was 12,000 stems per hectare, and the stump diameter of removals in cleaning was alternatively 1 or 1.5 cm and in pre-commercial thinning 2 or 3 cm.

Costs for the machines were made using Metsäteho cost calculation models. The cost calculations were based on the prices of new base machines and devices. In planting, the base machine was a medium-duty excavator. In young stand tending the base machine was a medium-duty harvester, with the exception of the UW40 brushwood cutter, which is mounted on a light-weight mini harvester.

The working period for machines was 5 months for planting operations and 6 months for site preparation and young stand tending. The total working period for silviculture operations included 3 weeks in holidays and stoppages. Operations were carried out in two shifts throughout the working period. Outside of this period the base machines were engaged in other work.

The costs of mechanized planting were 23% higher than the manual planting chain. The productivity (E15) of planting machines must therefore increase by 25% in order to reach the cost level of the manual chain. This is equivalent to a productivity of at least 190 seedlings per hour.

The cost of using a Naarva uprooter in cleaning alone were around 2.1–2.5 times higher than manual work. The productivity (E15) of the Naarva uprooter must be increased 2.5–3.1 times in order to match the cost per hectare of the motor-manual forest worker, i.e. clearing saw operator. This corresponds to a productivity of 0.33–0.42 hectares per hour for removals of average stump diameter. If it was assumed that uprooting operations eliminates the need for subsequent pre-commercial thinning, cleaning with the Naarva was the more cost effective method when weighed against the combined cost of cleaning and pre-commercial thinning using a clearing saw.

Under this assumption, the Naarva uprooter at least matched the minimum productivity requirement or exceeded it by 6–28%.

The cost competitiveness of the harvester-mounted MenSe clearing head and the mini harvester mounted UW40 brushwood cutter differed considerably. The UW40 was cost competitive compared to a forest worker at average removal intensity and a minimum stump diameter of 3 cm. At a removal stump diameter of 2 cm, the UW40's productivity (E15) must increase by around 35%, i.e. 0.14 hectares per hour, in order to remain cost competitive. The MenSe's costs were 1.5–1.9 times higher than manual forest work in average operating conditions. The productivity (E15) of the MenSe must increase 1.5–2.2 times in order to match the cost efficiency of manual work. Depending on work difficulty factors, this requires a productivity of at least 0.18–0.26 hectares per hour.

Mechanized planting and stand tending can reduce the manpower requirements of the forest sector. Mechanized planting required 22% less manpower than separately implemented spot mounding and manual tube planting. In young stand tending as a whole, the manpower requirement of the Naarva uprooter was as much as 57–66% lower than manual tending. In pre-commercial thinning, the manpower requirements of the MenSe clearing head and the UW40 brushwood cutter were 16–37% and 1–26% lower than manual forest work, respectively.

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Metsänhoidon koneellistamisen läpimurto on vielä näkemättä. Työlajeista vain maanmuokkaus on kokonaan ja kylvö noin 70-prosenttisesti koneellistettu. Istutukseen, taimikon varhaisperkaukseen ja taimikonharvennukseen on jo olemassa kone- ja laiteratkaisuja, joilla päästään sopivissa työolosuhteissa hyvään työpöytä. Tästä huolimatta näistä töistä on koneellistettu vasta pari prosenttia. Koneellistumisen keskeisimpänä esteenä on toistaiseksi ollut koneiden huono kustannuskilpailukyky. Lisäksi metsurityövoimaa on ollut vielä saatavilla.

Paine metsänhoitotöiden tuottavuuden lisäämiseen koneellistamalla on viime aikoina kasvanut. Metsäalan työvoimapulan arvellaan toteutuvan 2010-luvulla (Työvoiman saatavuus... 2004). Samanaikainen metsänomistajakunnan ikääntyminen, kaupunkilaistuminen ja naisistuminen sekä omatoimisuuden väheneminen korostavat työvoimapulaa metsänhoitotöissä (Karpinen ym. 2000, Karppinen ym. 2002).

Puuntuotannon tehostamisen motivoijana on metsätalouden kannattavuuden parantaminen. Kantohintojen lisäksi metsätalouden kannattavuuteen vaikuttaa myös metsänhoidon kustannustaso. Työn tuottavuuden nostaminen on keskeisin tekijä niin metsänhoidon kustannustehokkuuden parantamisessa kuin työvoimapulan torjunnassa. Metsänhoitotöiden koneellistaminen onkin tällä hetkellä ajankohtaisempaa kuin koskaan aikaisemmin (Hallongren & Rantala 2010).

Metsänhoidossa koneellistamiseen voidaan soveltaa samoja periaatteita kuin puunkorjuussa (Harstela 2004). Olennaista on, että konetyö on manuaalisen työhön verrattuna selvästi nopeampaa. Nopeus on eri koneellistamisratkaisuissa saavutettu yhdistämällä erillisiä työvaiheita yhdellä kertaa tehtäväksi, käsittelemällä useita työkohteita (puita) kerrallaan tai toimintoja automatisoimalla. Olennaisinta kuitenkin on, että konetyö on manuaalista työtä kustannustehokkaampaa. Työn tuottavuuden lisäksi koneelta vaaditaan riittävää työpöytälaatua, hyvää teknistä toimivuutta sekä mahdollisuutta riittävän korkeaan käyttöasteeseen. Käytännössä koneiden toiminnoissa ja käytössä tulee päästä sellaiselle tasolle, jolla ne ovat selvästi kustannustehokkaampia kuin ihmistyö, kun sekä työ- että organisaatiokustannukset otetaan huomioon. Kustannustehokkuuden ja laadun lisäksi koneellistamista voidaan perustella työntekijöiden työturvallisuuden ja työolosuhteiden parantamisella sekä fyysisen kuormituksen vähentämisellä.

Metsänhoidon koneellistamisen visiossa tavoiteltava koneellistamisaste vuonna 2015 on Suomessa istutuksessa 30 prosenttia ja taimikonhoidossa 20 prosenttia, kun teknisesti olisi molempien työlajien osalta mahdollista koneellistaa 90 prosenttia. Esitetty tavoite tarkoittaisi yli 180 istutuskoneen ja 40–110 taimikonhoitokoneen tarvetta, eli nykyisten konemäärien moninkertaistamista (Strandström ym. 2009).

1.2 Tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon kustannuskilpailukyky ja työvoiman tarve metsurityöhön verrattuna. Tarkastelussa olivat mukana nykyisin käytössä ja sarjavalmistuksessa olevat istutus- ja taimikonhoitolaitteet, joiden työn tuottavuudesta ja työn laadusta oli olemassa aiempaa tutkimustietoa. Tulosten perusteella arvioitiin myös laitteiden teknisiä kehittämismahdollisuuksia. Raportin painopiste on viljelykuusikon metsänhoidossa. Tarkasteltavina metsänhoidon työlajeina olivat laikkumätästys, istutus, taimikon varhaisperkaus ja taimikonharvennus.

2 NYKYISET KONEET JA LAITTEET

2.1 Mätästys

Metsänuudistamisen työläin vaihe eli maanmuokkaus on koneellistettu jo kauan sitten. Viimeisen kymmenen vuoden aikana mätästys on yleistynyt laikutuksen ja erityisesti äestyksen kustannuksella siitäkkin huolimatta, että mätästys on työlajeina selvästi äestystä kalliimpaa. Yli puolet vuosittain muokattavasta uudistusosalasta mätästetään (Juntunen & Herrala-Ylinen 2011). Mätästyksellä on saatu etenkin kuusenistutusaloilla äestykseen verrattuna parempia uudistamistuloksia mm. vähäisemmän heinittymisen ja vesakoitumisen ansiosta (Luoranen ym. 2007). Suurin osa mätästyksestä on laikkumätästystä, mutta myös navero- ja kääntömätästystä tehdään jonkin verran. Mätästystä tehdään yleisimmin telakaivinkoneen puomiin asennetulla mätästyskauhalla tai -levyllä. Laikkumätästystä tehdään hieman myös kuormatraktoriin asennetuilla jatkuvatoimisilla mätästäjä-laikkureilla, joiden käyttöön on lisääntyneen kanto-, oksa- ja latvusmassan korjuun myötä aiempaa paremmat edellytykset

Aikatutkimusten perusteella laikkumätästykseen tuottavuus telakaivinkoneen puomiin asennetulla levyllä on hakkuutähteellisellä kuusenuudistusosalalla noin 300 mätästä tehotunnissa. Hakkuutähteiden korjuu parantaa työn tuottavuutta noin viidesosan (Saksa ym. 2002, Saarinen 2006).

Metsätraktoriin asennettujen jatkuvatoimisten mätästäjä-laikkurien työn tuottavuus on selvästi parempi kuin perinteisten kaivinkoneiden puomiin asennettujen laitteiden. Jatkuvatoimisen menetelmän ongelmana on kuitenkin ollut hyvien mättäiden matala hehtaari tiheys. Kahdella muokkauspäällä varustettujen erilaisten (3) jatkuvatoimisten laikkumätästäjien työn tuottavuus oli aikatutkimuksessa 0,9–1,3 hehtaaria tehotunnissa (Saarinen 2006). Hakkuutähteiden korjuu ei vaikuttanut työn tuottavuuteen, mutta se nosti mättäiden osuuden istutuspaikoista 62 prosentista 82 prosenttiin.

Toisessa aikatutkimuksessa kuormatraktoriin asennetun jatkuvatoimisen kahdella muokkauspäällä varustetun Bracke BD 296 (nykyisin M.26) työn tuottavuus oli keskimäärin 0,92 hehtaaria tehotunnissa, kun hakkuutähteet ja

kannot oli korjattu (Rantala ym. 2010). Hyväksyttäviä istutuspesteitä oli 1 740 kpl hehtaarilla, joista 82 prosenttia oli mättäissä.

2.2 Istutus

Koneellisen istutuksen osuus on tällä hetkellä vain 2–3 prosenttia istutusalasta, vaikka erilaisia koneratkaisuja on esitetty jo vuosikymmeniä sitten. Jo 1970-luvulla kehitettiin Suomessa metsäolosuhteisiin soveltuva maanmuokkauksen ja istutuksen tekevä automatisoitu ja jatkuvatoiminen Serlachiuksen istutuskone. Koneen tuottavuus oli hyvissä olosuhteissa parhaimmillaan 1 000–1 300 tainta tehotunnissa (Kaila 1984). Taimista kaksi kolmasosaa oli hyvin tai erinomaisesti ja 10 prosenttia epäonnistuneesti istutettu.

Myös Ruotsissa kehiteltiin 1980- ja 1990-luvuilla vastaavantyyppistä jatkuvatoimista Silva Nova -istutuskonetta. Koneen työn tuottavuus oli parhaimmillaan yli 1 300 tainta per käyttötunti ja taimista 60–66 % oli istutettu oikein (Hallonborg ym. 1995).

Kummankin edellä mainitun pelkästään istutukseen soveltuvan kalliin erikoiskoneen vuotuinen käyttöaste jäi vain muutaman kuukauden pituisen työkauden takia matalaksi. Lisäksi suuren työn tuottavuuden takia siirtojen osuus työajasta oli korkea, mikä heikensi jatkuvatoimisten koneiden käyttöastetta vielä työkaudellakin (Kaila 1984). Jatkuvatoimisten istutuskoneiden yleistymisen esteenä olivat tuolloin korkeat kustannukset – teknisessäkin toimivuudessa oli toivomisen varaa

Ensimmäinen puomin päähän asennettava Öje Planter -istutuslaite (nykyisin Bracke Planter) kehitettiin 1980-luvun loppupuolella (von Hofsten 1993). Istutuslaitteen peruskoneena on telakaivinkone tai hakkuukone. Laite tekee laikkumättään levyllä, jonka jälkeen taimi istutetaan mättääseen mätästyslevyn läpi. Istutuskauden ulkopuolella peruskonetta voidaan käyttää muissa töissä, jolloin pääomakustannukset eivät kohdistu pelkästään istutustyölle. Bracke on toistaiseksi yleisin istutuslaite Suomessa. Niitä on käytössä noin 30 kappaletta.

Aikatutkimuksissa Brackella on todettu 170–240 taimen käyttötuntituotoksia (Hallonborg 1995). Bracken tuottavuus oli kolmella kuusenviljelykohdeella keskimäärin 198 (vaihteluväli 180–215) tainta tehotunnissa, kun hakkuutähteitä ei korjattu (Saarinen 2006). Hakkuutähteiden korjuu lisäsi työn tuottavuutta keskimäärin 18 prosenttia. Toisen kasvukauden jälkeen Brackella ja laikkumättääseen käsin istutettujen taimien kunto ja elävyys (yli 95 %) olivat yhtä hyviä. Seurantatutkimuksessa neljään kaivinkoneeseen asennetun Bracke-istutuslaitteen käyttötuntituotos oli 133–168 tainta, ja istutussyvyyden perusteella arvioituna hyvin istutettujen taimien osuus oli 80–90 % (Arnkil & Hämäläinen 1995). Myös käytännön istutustyömaille Brackella istutettujen taimien elävyys on ollut vähintään samaa tasoa käsin istutettujen taimien kanssa (Luoranen & Kiljunen 2006).

2000-luvun puolivälissä markkinoille tulleessa M-Planter -istutuslaitteessa on kaksi muokkaus- ja istutuspäätä. Muokkausmenetelmänä on laikkumästäytys. Kaivinkoneisiin asennettuja istutuslaitteita vertaillaessa aikatutkimuksessa M-Planterin käyttötuntituotokseksi saatiin 236 ja Bracken 174 tainta (Rantala ym. 2009). Istutus M-Planterilla oli 23 prosenttia Brackea edullisempaa. Tuottavuusero Bracken ja M-Planterin välillä kasvaa hakkuutahteen määrän lisääntyessä ja pienenee kivisyyden ja kantojen lukumäärän kasvaessa. Seurantatutkimuksessa viiden M-Planterilla varustetun istutus-koneen keskimääräisen tehotuntituotoksen vaihtelu oli 92–201 tainta, ja olo-suhteet vakioituna keskimäärin 161 tainta (Rantala & Laine 2011). Käytän-nön tuottavuustaso poikkesi siten merkittävästi aiemmista aikatutkimustu-loksista. M-Planter -istutuslaitteita on Suomessa käytössä noin kymmenen kappaletta.

2.3 Taimikonhoito

Taimikonhoidon koneellistaminen on vasta alussa, vaikka erityisesti Ruot-sissa on koneellisen taimikonhoidon kehitystyötä tehty jo 1970-luvun alusta alkaen (Gustavsson & Moberg 1975). Kehitystyöhön on sisällynyt erilaisten raivauspäiden ja työtekniikoiden tutkimusta, kuten esimerkiksi koneellisen käytäväraivauksen ja raivaussahatyön yhdistelmää. Myös Suomessa on ke-keiltu taimikonhoidossa pyörivään terään perustuvia raivauspäitä.

Taimikonhoidosta tehdään koneellisesti noin yksi prosenti. Varhaisperka-ukseen suunnitellussa kitkevässä Naarva-perkaajassa sovelletaan koneellis-tamisperiaatteista kahden työvaiheen yhdistämistä siten, että vesan kiskomi-nen maasta juurineen poistaa myöhemmän taimikonhoidon tarpeen tai vä-hentää sitä. Kitkentätyö toteutetaan siten, että kasvatettavan kuusen ympäril-le lasketaan suojakehikko, jonka ympärillä oleva vesakko kitketään juuri-neen maasta. Seurantatutkimuksessa Naarvan keskimääräinen tuottavuus 14 kuusentaimikon varhaisperkauksessa oli 0,14 hehtaaria käyttötunnissa, eli 7,4 tuntia per hehtaari (Rantala & Kautto 2011). Kasvatettavan kuusikon tiheys oli keskimäärin 1 700 ja poistuman 9 200 runkoa hehtaarilla. Kasva-tettavista kuusista vaurioitui keskimäärin 11 % (6–24 %), joista 55 % kasva-tuskelvottomiksi. Lisäksi kitkennän jälkeen kasvatettavien kuusten lähelle (< 1m) jäi keskimäärin 1,7 haittapuuta. Haittapuiden kasvua simuloineen tutkimuksen perusteella 68 % kitkemällä peratuista kuusikoista ei tarvitse toista taimikonhoitokertaa (Kukkonen 2011). Naarva-perkaajia on käytössä muutamia kappaleita. Naarva-perkaajasta on rakennettu myös pienempi, ke-vyempi ja edullisempi laiteversio, jonka oletetaan olevan alkuperäistä laitet-ta nopeampi ja kustannustehokkaampi vaihtoehto etenkin poistettavan vesa-
kon suhteen helpoilla työkohteilla.

Myöhempään taimikonhoitoon suunnitelluissa ja hakkuukoneeseen tai kai-vinkoneisiin asennettavassa MenSe-raivauspäässä ja pienmetsäkoneeseen asennettavassa UW40-risuraivaimessa koneellistamisperiaatteena on lähinnä työnopeus. Lisäksi ne vähentävät työntekijän fyysistä rasittumista työsuori-tuksen aikana.

MenSessä poistettavien puiden katkaisu tapahtuu edestakaisin liikkuvalla terällä, jonka toimintaperiaatetta voi verrata pensasleikkuriin. Hakkuukoneen puomiin asennettujen MenSe-raivauspäiden tuottavuus oli kolme konetta käsittävässä seurantatutkimuksessa keskimäärin 0,14 hehtaaria (vaihteluväli 0,13–0,15 ha) käyttötunnissa (Strandström 2010). Kasvatettavan puuston pituus oli keskimäärin 5 metriä, poistuma 6 700 runkoa hehtaarilta ja poistetun puuston kantoläpimitta 30 mm. Keskimäärin 7 % (2–13 %) kasvatettavasta puustosta sai vaurioita, joista suurin osa kohdistui runkoon. Toisessa seurantatutkimuksessa oli mukana kaksi konetta ja niiden tuottavuus oli keskimäärin 0,12 hehtaaria käyttötunnissa. Poistuman tiheys, 11 000 runkoa hehtaarilta, oli edellistä tutkimusta korkeampi, ja poistetun puuston kantoläpimitta 24 mm. Keskimäärin 5 % (1–15 %) kasvatettavista puista vaurioitui (Strandström ym. 2011). MenSe-raivauspäitä on käytössä taimikonharvennuksissa 3 kappaletta.

UW40-risuraivaimen pyöreässä terälaitteessa on eri pyörimissuunnat isompien ja pienempien puiden katkaisuun. Usewood Tehojätkä -pienmetsäkoneeseen asennetun UW40-risuraivaimen käyttötuntituotos oli kuusikon myöhemmässä taimikonhoidossa kolmen työmaan ja kahden kuljettajan keskiarvona 0,10 hehtaaria (Strandström & Poikela 2010). Taimikonhoidossa jätettiin kasvamaan kolmen metrin pituisia kuusia keskimäärin 1 800 ja poistettiin keskimäärin 11 000 keskiläpimitaltaan 23 mm:n runkoa. Kasvatettavasta puustosta vaurioitui risuraivaintyössä 11 % ja metsurityössä 2 %. Lisäksi todettiin, että koneellisessa työssä poistuma jäi pienemmäksi kuin metsurityössä.

3 LASKENTAOLETUKSET

3.1 Työajanmenekit

Raportissa käsiteltävät koneellisen metsänhoidon työlajit sekä niissä käytettyjen kone- ja laiteratkaisujen hehtaarikohtaiset käyttöajanmenekit sekä niiden perusteet esitetään taulukossa 1. Vastaavat tiedot metsurityölajeista esitetään taulukossa 2. Työehtosopimuksen ajanmenekkiluvut korjattiin raivaussahatöissä käytännön seurantatuloksia vastaavaksi kertoimella 1,31.

Taimikon istutustiheys 1,5-vuotiailla kuusen paakutaimilla oli 1 800 tainta hehtaarille. Vaihtoehtoina olivat koneellinen istutus ja istutus metsurityönä pottiputkella. Koneistusvaihtoehtoina olivat keskiraskaan telakaivinkoneen puomiin asennettu Bracke P.11- tai M-Planter istutuslaite. Keskimääräisenä työn tuottavuutena oli Brackella 150 ja M-Planterilla 151 tainta käyttötunnissa (Arnkil & Hämäläinen 1995, Rantala & Laine 2010).

Pottiputkella metsurityönä istutetun taimikon maanmuokkausmenetelmänä oli laikkumätästys. Ensisijaisessa laskentavaihtoehdossa se toteutettiin keskiraskaan telakaivinkoneen puomiin asennetulla levyllä, jonka työn tuottavuus oli 300 mätästä käyttötunnissa (Saksa ym. 2002, Saarinen 2006). Toisessa vaihtoehdossa laikkumätästys tehtiin jatkuvatoimisella Bracke M.26 -mätästäjällä, jonka työn tuottavuus oli 0,9 hehtaaria käyttötunnissa (Saari-

nen 2006). Pottiputki-istutuksen työajanmenekki oli levyllä mätästetyllä kohteella hieman paremman muokkauslaadun takia pienempi kuin Brackella mätästetyllä (taulukko 2).

Taimikon varhaisperkauksen poistuma oli 12 000 runkoa hehtaarilta ja poistuman keskiläpimitana vaihtoehtoisesti 1 cm ja 1,5 cm. Keskiraskaaseen hakkuukoneeseen asennetulla Naarva-perkaajalla käyttöajanmenekki oli sama kummallakin poistuman keskiläpimitalla. Metsurin työn tuottavuus oli 1 cm:n keskiläpimitalla 0,12 ja 1,5 cm:n keskiläpimitalla 0,10 hehtaaria tunnissa (Rantala & Kautto 2011).

Taimikon harvennuksessa poistuma oli 12 000 runkoa hehtaarilta ja poistuman keskiläpimita vaihtoehtoisesti 2 cm ja 3 cm. Keskiraskaaseen hakkuukoneeseen asennetulla Mense-raivauspäällä työn tuottavuus oli kummallakin poistuman keskiläpimitalla 0,12 hehtaaria käyttötunnissa. (Strandström 2010, Strandström ym. 2011). Tehojätkä pienmetsäkoneeseen asennettuna UW40-risuraivaimella työn tuottavuus oli 0,10 hehtaaria käyttötunnissa (Strandström & Poikela 2010).

Metsurin työn tuottavuus 2 cm keskiläpimitalla oli 0,08 ja 3 cm keskiläpimitalla 0,06 hehtaaria tunnissa.

TAULUKKO 1. Laskennassa käytetyt metsänhoitolaitteet, peruskoneet ja koneyksiköiden käyttöajanmenekit sekä käytetyt tietolähteet.

Työlaji ja metsänhoitolaite	Peruskone	h/ha	Lähde
Laikkumätästys:			
Levy tai kauha	Telakaivinkone 15 tn	6,00	Saarinen 2006, Saksa ym. 2002
Bracke M.26	Kuormatraktori 14 tn	1,11	Saarinen 2006
Istutus:			
Bracke P.11	Telakaivinkone 15 tn	12,00	Arnkil & Hämäläinen 1995
M-Planter	Telakaivinkone 15 tn	11,92	Rantala & Laine 2010
Varhaisperkaus:			
Naarva	Hakkuukone 16 tn	7,46	Rantala & Kautto 2011
Taimikon harvennus :			
UW40	Pienmetsäkone 0,18 tn	10,00	Strandström & Poikela 2010
Mense RP 40 tai 80	Hakkuukone 16 tn	8,47	Strandström ym. 2011

TAULUKKO 2. Laskennassa käytetyt metsuritöiden ajanmenekit.

Työlaji	Menetelmä	h/ha
Istutus, 1800 paakkutainta/ha laikkumättäeseen	Pottiputki	10,93
Istutus, 1800 paakkutainta/ha laikkumättäeseen*	Pottiputki	11,39
Varhaisperkaus, poistuma 12000 r/ha, keskiläpimita 1 cm	Raivaussaha	8,56
Varhaisperkaus, poistuma 12000 r/ha, keskiläpimita 1,5 cm	Raivaussaha	10,18
Taimikonhoito, poistuma 12000 r/ha, keskiläpimita 2 cm	Raivaussaha	11,86
Taimikonhoito, poistuma 12000 r/ha, keskiläpimita 3 cm	Raivaussaha	15,86

*)laikkumätäs tehty jatkuvatoimisella mätästäjällä

3.2 Kustannuslaskentaperusteet

Kustannuslaskelmat tehtiin toimintolaskennan periaatteella. Yksityiskohtaiset laskentaperusteet esitetään liitteessä 1. Laskennassa metsänhoitoon käytettävän lisälaitteen kaikki muuttuvat ja kiinteät kustannukset kohdistettiin metsänhoitotyölle. Peruskoneen kiinteät kustannukset jaettiin metsänhoitotyön ja muun työn kesken käyttötuntien perusteella. Koneiden käyttöaste oli laskelmissa 85 %.

Metsänhoitokoneiden kustannuslaskelmissa arvioitiin metsänhoitokoneille käytännössä mahdolliset työkausien pituudet, joita rajoittavat istutuksen osalta kasvukausi ja maanmuokkauksen kohdalla pääasiassa sulan maan aika. Metsänhoidon työkausi rajattiin maanmuokkauksessa ja taimikonhoidossa toukokuusta lokakuuhun, joten se oli 6 kuukautta. Istutuskausi oli toukokuusta syyskuuhun eli 5 kuukautta. Metsänhoidon työkauteen sisältyi yhteensä 3 viikkoa lomaa tai seisokkeja. Kaikissa koneellisissa työlajeissa työtä tehtiin metsänhoitokaudella kahdessa vuorossa.

Metsänhoitokauden ulkopuolella peruskoneet olivat muissa töissä. Maanmuokkauksessa käytettävän telakaivinkoneen ja kuormatraktorin sekä taimikonhoitotyössä käytettävän hakkuukoneen kausi muussa työssä oletettiin 5 kuukaudeksi. Istutuksessa käytettävien telakaivinkoneiden käyttö muussa työssä oli vastaavasti 6 kuukautta. Edellä mainituilla koneilla oli muun työn kaudella yhteensä 4 viikkoa lomaa tai seisokkia. Taimikonhoidon peruskoneena käytettävä pienmetsäkone oli muussa työssä metsänhoitokauden ulkopuolella 3 kuukautta. Kaikilla peruskoneilla töitä tehtiin metsänhoitokauden ulkopuolella yhdessä vuorossa.

Metsänhoitokoneiden käyttötuntikustannukset laskettiin Metsätehon tuntikustannuslaskentamallilla. Laskelmat tehtiin uusien peruskoneiden ja metsänhoitolaitteiden hinnoin. Jäännösarvoa määritettäessä peruskoneiden vuotuinen arvon alenema oli 25 % ja lisälaitteiden 40 %. Pääomakustannusten laskennassa laskentakorko oli 5 %. Koneenkuljetusauto oli metsänhoitokoneesta erillinen yksikkö, joka oli useamman metsäkoneen yhteiskäytössä lukuun ottamatta jatkuvatoimista mätästystä. Jatkuvatoimista mätästäjää käytettäessä sama henkilö kuljetti siirtoautoa ja muokkauskonetta. Myös taimikonhoidossa käytetyn pienmetsäkoneen siirrot teki koneenkuljettaja henkilö- tai pakettiautoon kytketyllä peräkärjellä.

Kuljettajan palkkakustannus muodostui 12,43 euron tuntipalkasta lisätynä 55 prosentin palkkasivukuluilla. Matkakustannusten korvaus oli 0,46 euroa kilometriltä. Koneen muina muuttuvina kustannuksina otettiin huomioon polttoaineet sekä huollot ja korjaukset. Kiinteitä kustannuksia olivat pääomakustannusten ohella vakuutukset sekä hallinto ja ylläpito.

Myös tarvittavat henkilöiden siirtymiset ja koneiden siirrot otettiin kustannuslaskennassa huomioon, ja ne kohdistettiin kunkin laskentatilanteen mukaisina koneen käyttötunneille. Laskentaoletuksena oli kaikissa työlajeissa keskimäärin 2,5 hehtaarin yhdestä tai useammasta toistensa välittömässä läheisyydessä olevasta metsikkökuvioista muodostuva käsittely-yksikkö.

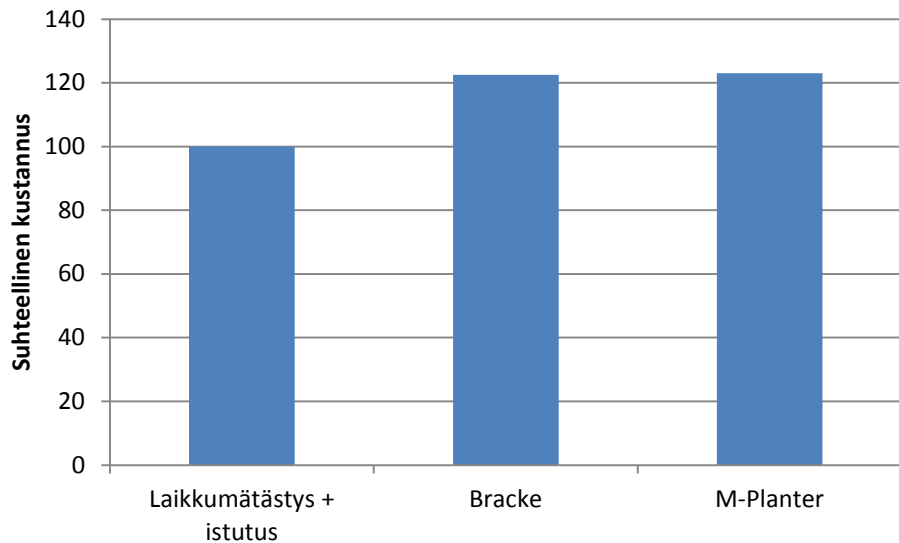
Työmaiden oletettiin sijaitsevan keskimäärin 15 kilometrin etäisyydellä toisistaan, ja 25 kilometrin etäisyydellä työntekijän kotoa.

Metsurin oletettiin työllistyvän ympärivuotisesti siten, että työssä noudatetaan Metsäalan työehtosopimuksen keskimääräistä työaika siten, että työn tekeminen painottuu kesäkuukausille ja tasataan vuositasolla mm. ylimääräisinä vapaapäivinä. Metsurin palkkakustannus oli 11,09 euron tuntipalkka lisättyinä 70 prosentin sivukuluilla ja raivaussahatöissä 4,85 euron sahakorvauksella. Hallinnosta aiheutuviksi kustannuksiksi arvioitiin 1,2 euroa tunnilta. Matkakustannusten korvaus oli keskimäärin 0,5 euroa kilometriltä.

4 KILPAILUKYKY JA TUOTTAVUUSVAATIMUKSET

4.1 Istutus

Nykyiset telakaivinkoneisiin asennetut Bracke- ja M-Planter-istutuslaitteet eivät ole vielä kustannuksiltaan kilpailukykyisiä verrattuna erilliseen laikkumätästykseen kaivinkoneella ja käsin istutukseen. Koneellisen istutuksen hehtaarikustannukset ovat noin 23 % vertailuketjua korkeammat (kuva 1).

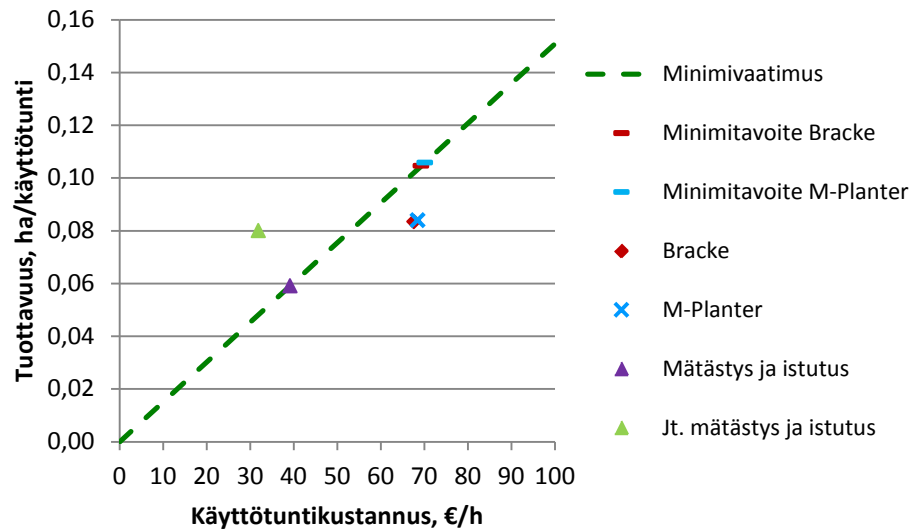


KUVA 1. Koneellisen istutuksen suhteelliset kustannukset verrattuna erilliseen laikkumätästykseen ja käsin istutukseen.

Jotta hehtaarikustannuksessa päästäisiin vertailuketjun tasolle, istutuskoneiden tuottavuuden tulisi nousta noin 25 %. Tämä tarkoittaa Brackella vähintään 0,10 ja M-Planterilla 0,11 hehtaarin eli noin 190 taimen käyttötuntituotosta (kuva 2).

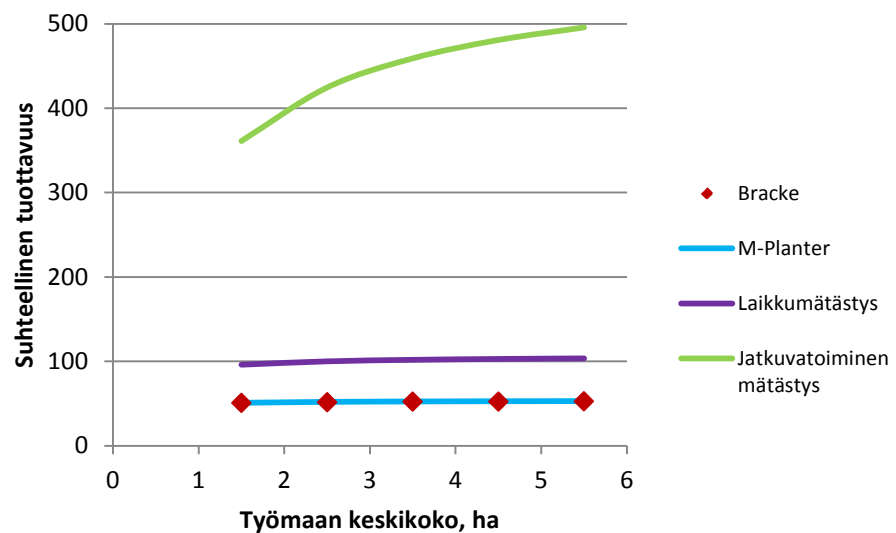
Koneellisen istutuksen ja taimikonhoidon tuottavuuden minimimitavoitteet peruskoneen hinnan mukaan esitetään liitteessä 2.

Esimerkki kuvien 2, 8–10 ja 14 tulkinnasta on liitteessä 3.



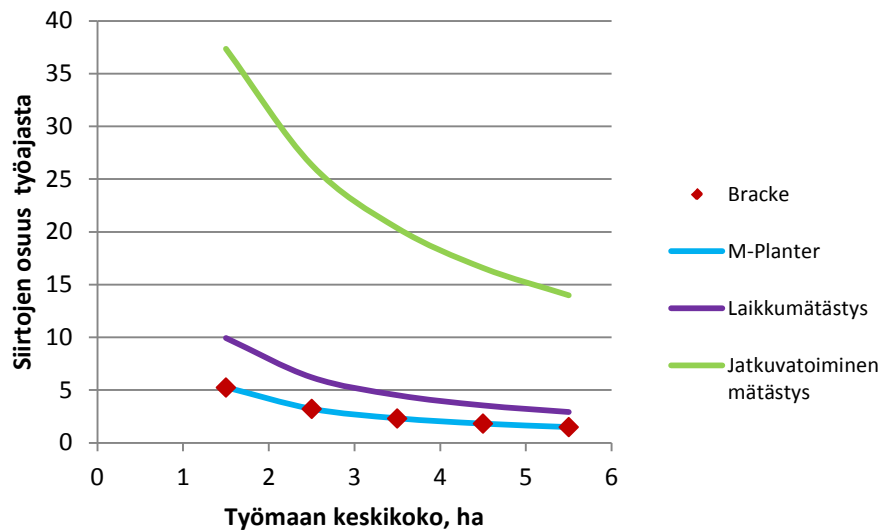
KUVA 2. Nykyisten istutuskoneiden tuottavuus (ha/h E_{15}) ja tuottavuuden minimivaatimus. Minimivaatimus vastaa kaivinkonemätästyksen ja käsin istutuksen kustannuksia. Konekohtaisissa minimimitavoitteissa on otettu huomioon tuottavuuden muutoksen vaikutus koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin sekä näiden vaikutukset koneen käyttötuntikustannuksiin.

Jatkuvatoimiseen mätästykseen perustuvaa istutuskonetta pidetään yhtenä koneellisen istutuksen kilpailukyvyyn parantamisen keskeisimpänä keinona. Hyvän käsityksen tällaisen koneyksikön potentiaalista saa, kun vertaa kaivinkonealustaisen mätästäjän ja nykyisten jatkuvatoimisten mätästäjien tuottavuuksia (kuva 3).



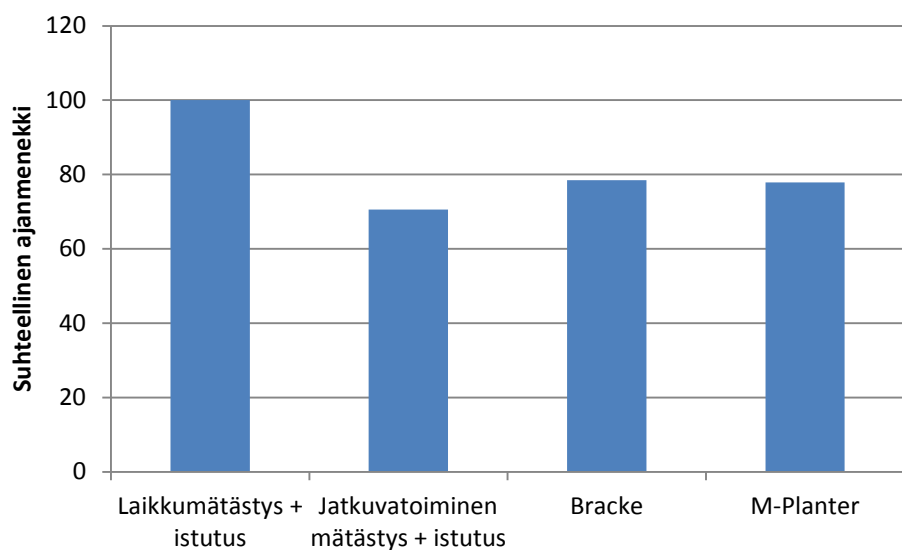
KUVA 3. Jatkuvatoimisen mätästäjän suhteellinen tuottavuus verrattuna kaivinkonemätästyksen ja nykyisiin istutuskoneisiin työmaan koon mukaan. Suhdeluku 100 vastaa kaivinkonemätästyksen tuottavuutta 2,5 ha työmaalla.

Koneiden siirto työmaalta toiselle muodostaa merkittävän kustannustekijän ajankäytön ja välittömien siirtokustannusten muodossa. Siirtomatkan ohella kustannukset riippuvat keskeisesti siirtokertojen lukumäärästä, johon vaikuttavat koneen tuottavuus ja työmaan koko. Siirrot vievät esimerkiksi jatkuvatöimisellä mätästäjällä noin 4–5-kertaisen osuuden työajasta verrattuna kairinkonemätästykseen. Toisaalta työmaan pinta-alan kasvu 2,5 hehtaarista 5,5 hehtaariin puolittaa siirtoihin kuluvan työajan osuuden (kuva 4).



KUVA 4. Työmaan pinta-alan vaikutus siirtojen osuuteen työajasta.

Henkilöresursseja koneistus sitoo jo nykyisellään selvästi vertailuketjua vähemmän, mikä on työvoiman riittävyyden näkökulmasta hyvä asia (kuva 5).

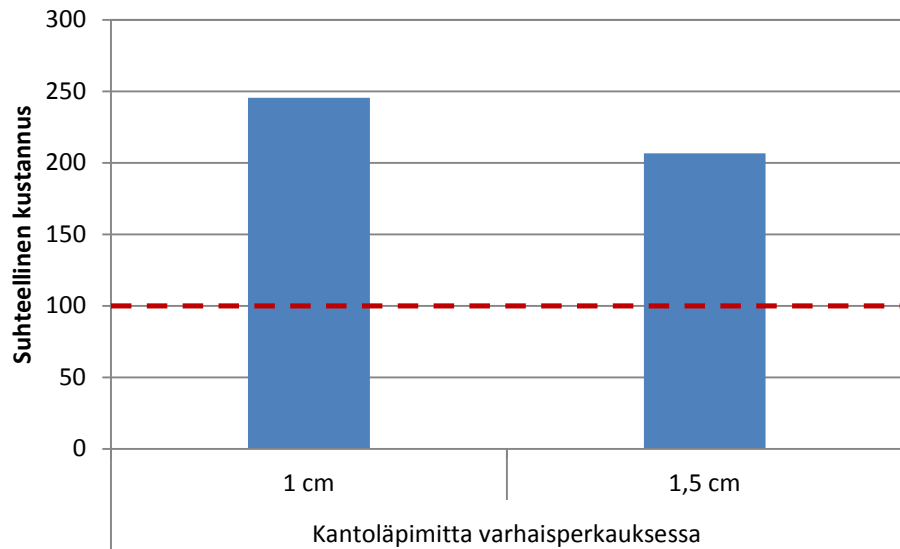


KUVA 5. Nykyisten istutuskoneiden suhteellinen ajanmenekki verrattuna mätästys ja käsin istutusketjuihin.

4.2 Varhaisperkaus

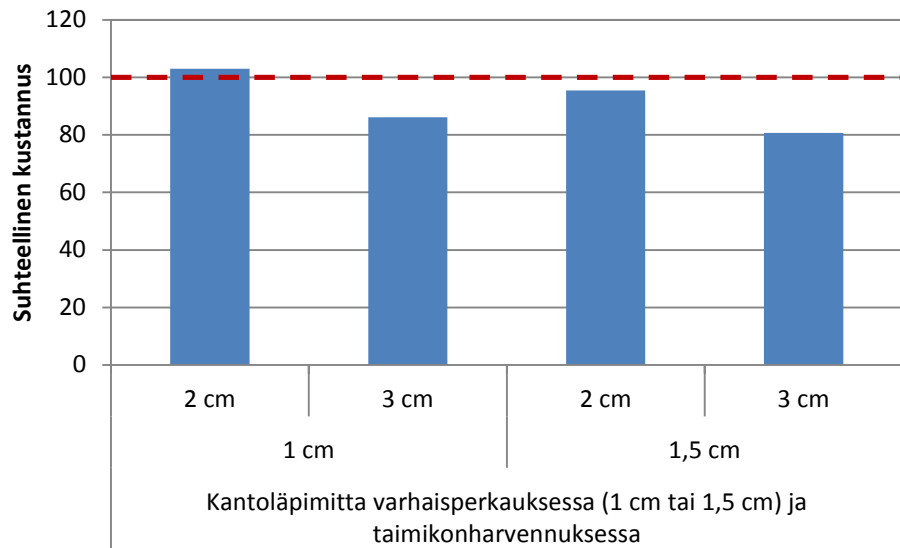
Koneellisen kitkevän varhaisperkauksen kustannuskilpailukyvyyn arviointiin vaikuttaa ratkaisevasti se, tarkastellaanko asiaa pelkästään yksittäisenä käsittelykertana vai otetaanko huomioon sen vaikutukset myös myöhemmän taimikonhoidon tarpeeseen ja kustannuksiin.

Kitkevän Naarva-perkaajan kustannukset pelkästään varhaisperkauksessa ovat noin 2,1–2,5 -kertaiset suhteessa metsurityöhön, kun olosuhteet ovat työvaikeustekijöiltään keskimääräiset (kuva 6). Kun tarkastelussa otetaan huomioon koko varhaisperkaus - taimikonharvennus- ketjun kustannukset ja se, että kitkennän jälkeen varsinaista taimikonhoitoa ei oleteta tarvittavan koneketjussa lainkaan, kääntyy kustannuskilpailukyky Naarva-perkaajan eduksi (kuva 7).

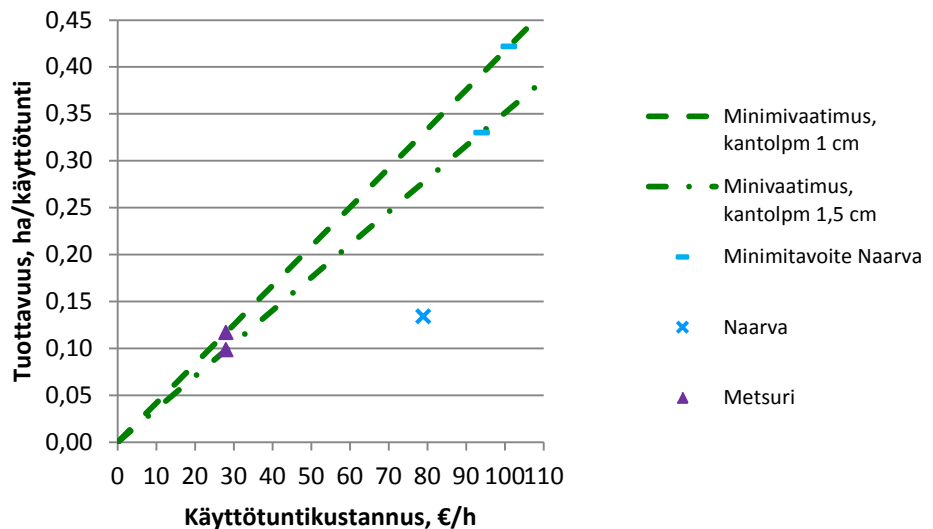


KUVA 6. Kitkevän Naarva-perkaajan suhteelliset kustannukset verrattuna metsurin tekemään varhaisperkaukseen (suhteellinen kustannus 100).

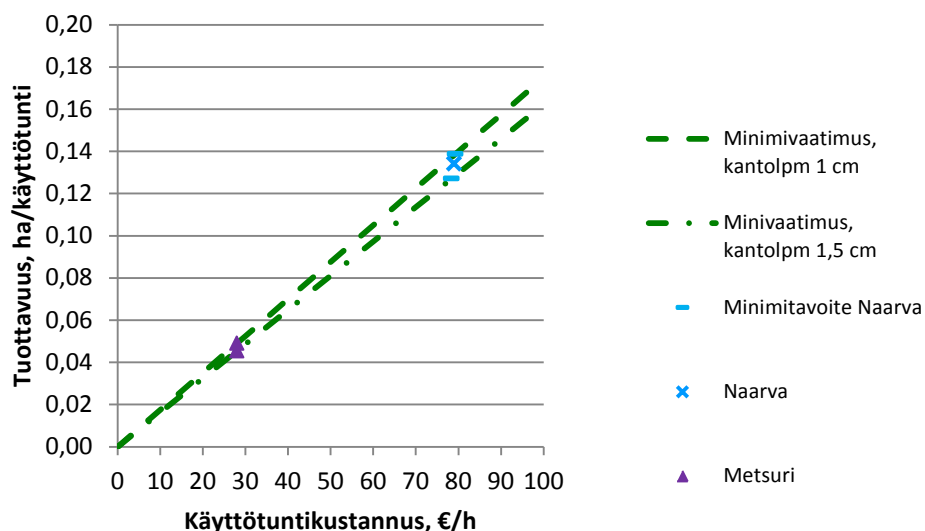
Pelkästään varhaisperkausta tarkasteltaessa Naarva-perkaajan tuottavuuden tulisi 2,5–3,1 -kertaistua, jotta sen hehtaarikustannus olisi samalla tasolla metsurin kanssa. Tämä vastaisi keskimääräisillä poistuman kantoläpimitoilla 0,33–0,42 hehtaarin käyttötuntituotosta (kuva 8). Otettaessa huomioon koko taimikonhoitoketjun kustannukset ylittää Naarva jo nyt vähintään metsurityön kustannuksista johdetun tuottavuuden minimivaatimuksen tasolle ja jopa ylittää sen 6–28 %:lla (kuvat 9 ja 10).



KUVA 7. Kitkevän Naarva-perkaajan suhteelliset kustannukset verrattuna metsurin tekemän varhaisperkauksen ja taimikon harvennuksen yhteiskustannuksiin (suhteellinen kustannus 100). Koneellisessa ketjussa kitkemällä tehdyn varhaisperkauksen on oletettu poistavan taimikonharvennuksen tarpeen.

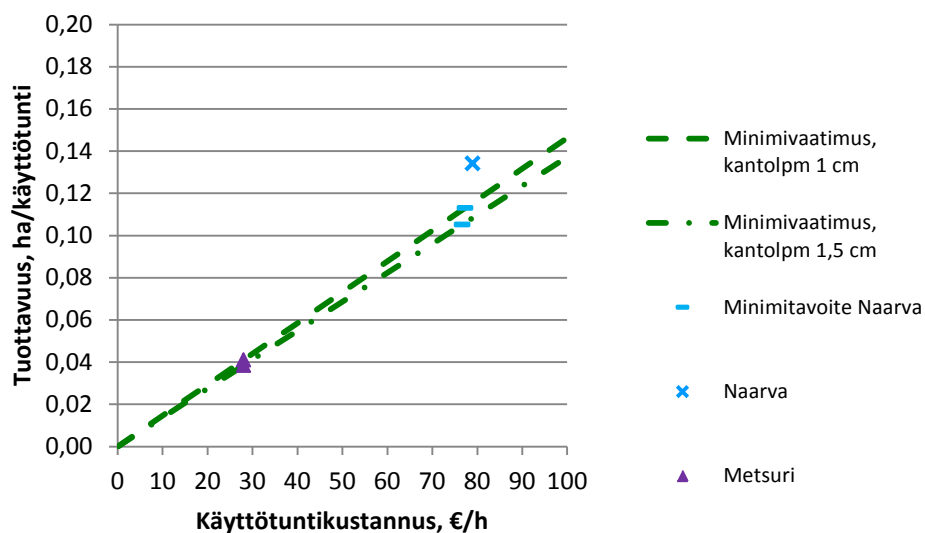


KUVA 8. Kitkevän Naarva-perkaajan tuottavuus (ha/h E_{15}) ja tuottavuuden minimivaatimus varhaisperkauksessa. Minimivaatimus vastaa metsurityönä tehdyn varhaisperkauksen kustannuksia. Konekohtaisessa minimitavoitteessa on otettu huomioon tuottavuuden muutoksen vaikutus koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin sekä näiden vaikutukset koneen käyttötuntikustannuksiin.



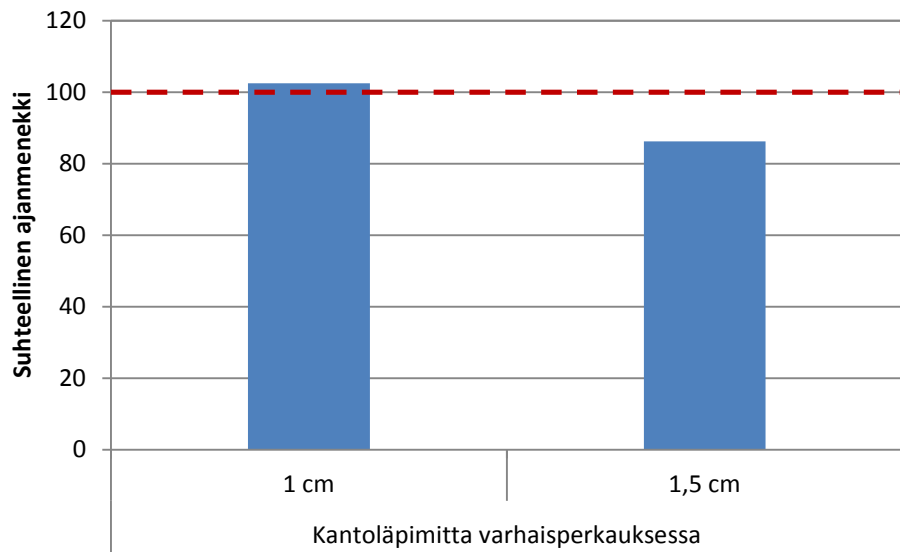
KUVA 9. Kitkevän Naarva-Perkaajan tuottavuus (ha/h E_{15}) ja tuottavuuden minimivaatimus taimikonhoitoketjussa. Minimivaatimus vastaa metsurityönä tehdyn varhaisperkauksen ja perkaus-harvennuksen yhteenlaskettuja kustannuksia. Konekohtaisessa minimitavoitteessa on otettu huomioon tuottavuuden muutoksen vaikutus koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin sekä näiden vaikutukset koneen käyttötuntikustannuksiin.

Kantoläpimitta taimikonharvennuksessa 2 cm.

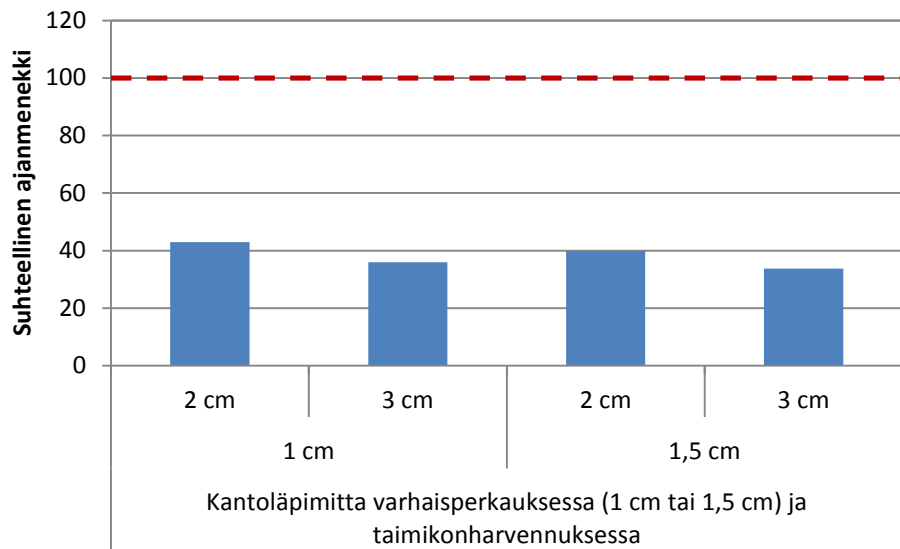


KUVA 10. Kitkevän Naarva-Perkaajan tuottavuus (ha/h E_{15}) ja tuottavuuden minimivaatimus taimikonhoitoketjussa. Minimivaatimus vastaa metsurityönä tehdyn varhaisperkauksen ja perkaus-harvennuksen yhteenlaskettuja kustannuksia. Konekohtaisessa minimitavoitteessa on otettu huomioon tuottavuuden muutoksen vaikutus koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin sekä näiden vaikutukset koneen käyttötuntikustannuksiin.

Kantoläpimitta taimikonharvennuksessa 3 cm.



KUVA 11. Kitkevän Naarva-perkaajan suhteellinen ajanmenekki verrattuna metsurin tekemään varhaisperkaukseen (suhteellinen ajanmenekki 100).

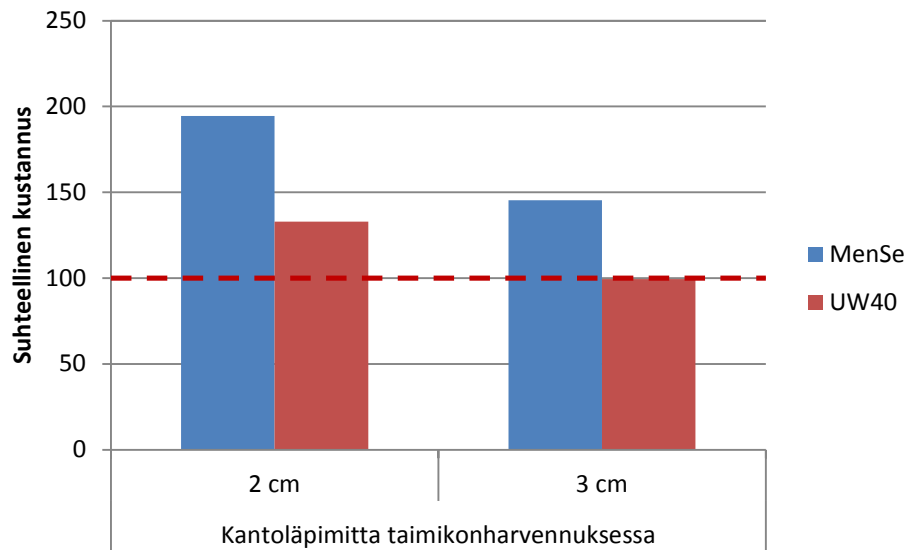


KUVA 12. Kitkevän Naarva-perkaajan suhteellinen ajanmenekki verrattuna metsurin tekemään taimikonhoitoketjuun (suhteellinen ajanmenekki 100). Koneellisessa ketjussa kitkemällä tehdyn varhaisperkauksen on oletettu poistavan taimikonharvennuksen tarpeen.

Kitkemällä tehty koneellinen varhaisperkaus vaatii henkilöresursseja nykyiselläkin tuottavuustasolla korkeintaan saman verran tai jonkin verran vähemmän (103–86 %) kuin metsurin tekemä varhaisperkaus (kuva 11). Koko taimikonhoitoketju huomioon ottaen kitkennän resurssitarve on vain noin 34–43 % metsurityöhön perustuvan vertailuketjun vaatimasta tasosta (kuva 12).

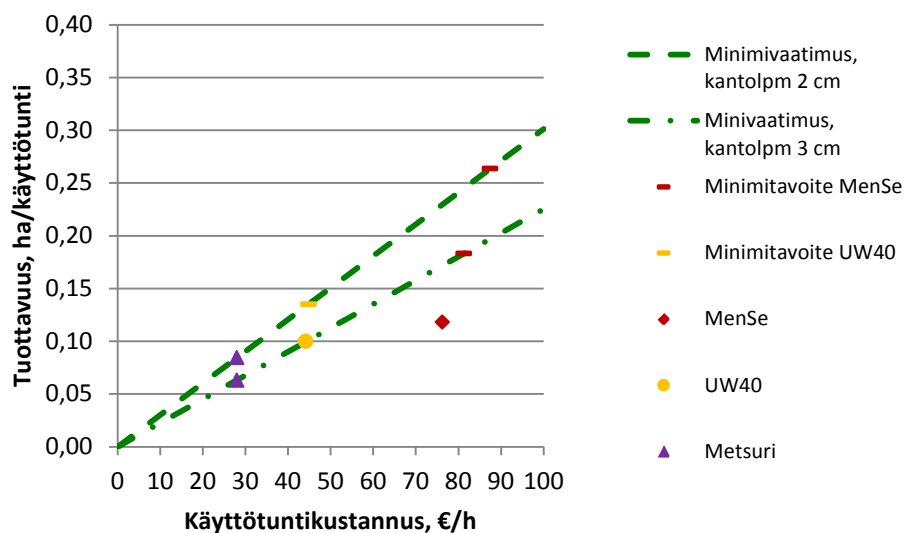
4.3 Taimikonharvennus

Taimikon harvennuksessa peruskoneratkaisultaan erilaisten MenSe-raivauspään ja UW40-risuraivaimen kustannuskilpailukyky eroaa toisistaan huomattavasti. Pienmetsäkoneeseen asennettu UW40-risuraivain on kustannuksiltaan kilpailukykyinen metsurin kanssa, kun poistuman tiheys taimikonharvennuksessa on keskimääräistä tasoa ja poistuman kantoläpimitta vähintään 3 cm. Hakkuukoneeseen asennetun MenSen kustannukset sen sijaan ovat tällä hetkellä 1,5–1,9 -kertaiset verrattuna metsurityöhön (kuva 13).

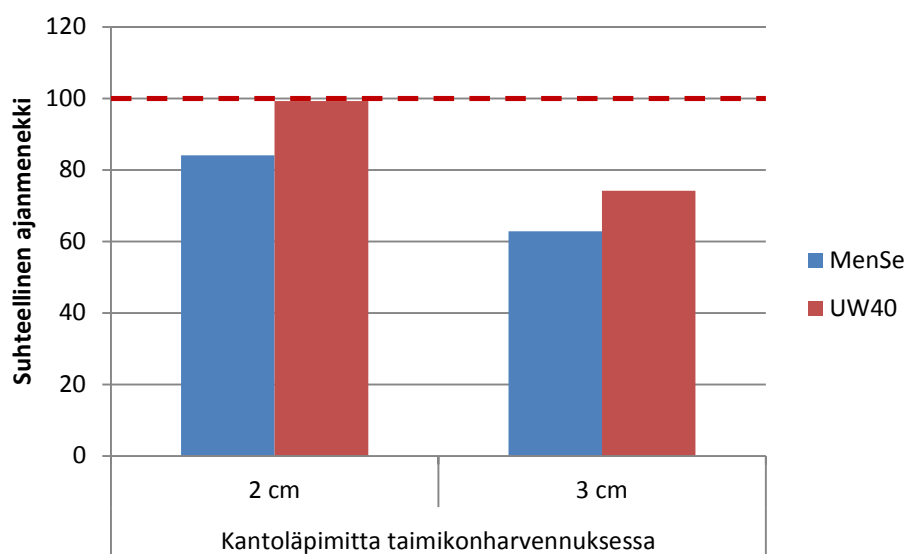


KUVA 13. Koneellisen taimikonhoidon suhteelliset kustannukset verrattuna metsurin tekemään taimikonharvennukseseen (suhteellinen kustannus 100).

MenSen tuottavuuden tulisi nousta noin 1,5–2,2 -kertaiseksi, jotta kustannuksissa päästäisiin metsurityön tasolle. Tämä tarkoittaa työvaikeustekijöistä riippuen vähintään 0,18–0,26 hehtaarin tuotosta käyttötunnissa. Myös pienmetsäkoneeseen asennetun UW40-risuraivaimen tuottavuuden tulisi nousta noin 35 %, mikäli poistuman kantoläpimitta on vain 2 cm. Se vastaa 0,13 hehtaarin käyttötuntituotosta (kuva 14).



KUVA 14. Taimikonhoitokoneiden tuottavuus (ha/h E_{15}) ja tuottavuuden minimivaatimus taimikonharvennuksessa verrattuna raivaussahalla tehtyyn metsurityöhön. Konekohtaisissa minitavoiteissa on otettu huomioon tuottavuuden muutoksen vaikutus koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin sekä näiden vaikutukset koneen käyttötuntikustannuksiin.



KUVA 15. Koneellisen taimikonhoidon suhteellinen ajanmenekki verrattuna metsurin tekemään taimikonharvennukseseen (suhteellinen ajanmenekki 100).

Henkilöresursseja koneellinen taimikonharvennus sitoo jo nykyisellä tuottavuustasolla vähemmän kun metsurityö, MenSellä 16–37 % ja UW40 1–26 %, mikä on työvoiman riittävyyden näkökulmasta hyvä (kuva 15).

5 TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tehdyt laskelmat osoittivat, että istutuksen ja taimikonhoidon koneellistaminen ei yleisesti ottaen tuo kustannussäästöjä metsurityöhön verrattuna. On kuitenkin huomattava, että kuljettajalla ja työolosuhteilla on suuri vaikutus koneellisen istutuksen tuottavuuteen. Käytännössä yksi syy koneellisen istutuksen vastaavaa metsurityöketjua heikompaan kustannuskilpailukykyyn on puutteet tuottavuuden vaihtelun hallinnassa. Työvoiman riittävyden ja resurssien käytön tehokkuuden näkökulmasta koneellinen metsänhoito tuo jo nykyiselläkin tuottavuustasolla etua suhteessa vertailuketjuihin. Tämä etu korostuu tulevaisuudessa työvoimakustannusten noustessa. Lisäksi työvaiheiden yhdistäminen koneellisessa istutuksessa ja kitkevässä perkauksessa oletettavasti vähentää työnjohtopanoksen tarvetta.

Tällä hetkellä istutuksessa konetyön kustannukset sekä M-Planterilla että Brackella olivat liki neljäsosan vastaavaa metsurityöketjua eli kaivinkoneella tehtävää laikkumätästystä ja käsin istutusta korkeammat. Käytettyihin laskentaoletuksiin nähden työn tuottavuuden tulisi nousta neljäsosalla, jotta istutuskoneilla päästäisiin edes metsurityön kustannustasolle. Yhdellä istutuspäällä (Bracke) ja kahdella istutuspäällä (M-Planter) varustettujen istutuslaitteiden keskimääräinen tuottavuus oli laskelmissa samalla tasolla. Käytännössä M-Planterin tuotospotentialiaali ei ole tullut vielä täysin esiin. Kahden istutuspään yhtäaikainen käyttö mahdollistaa selvästi tämän raportin laskelmissa käytettyä tuottavuustasoa tehokkaamman työskentelyn, mutta työ vaatii kuljettajilta harjaantumista. Myös työmaiden valintaan tulee kiinnittää nykyistä enemmän huomiota. Tässä raportissa määritettyyn tuottavuuden minimitasoon eli 190 taimeen käyttötunnissa ylsi tai sen lähellä oli seurantatutkimuksessa noin neljäsosa M-Planterin kuljettajista (Rantala & Laine 2010).

Bracken keskimääräinen tuottavuus on ollut tässä tutkimuksessa käytetyllä tasolla 1990-luvun puolivälistä lähtien, eikä sen voida olettaa siitä olennaisesti nousevan (Arnkil & Hämäläinen 1995, Vartiamäki 2005). Myös Brackella hyvä kuljettaja voi kuitenkin saavuttaa nyt esitetyn työn tuottavuuden minimitason (Rantala ym. 2009). Molempien koneiden työn tuottavuutta voidaan lisäksi parantaa taimikasettien täytön automatisoinnilla ja kehittämällä taimilogistiikkaa muiltakin osin yhteensopivaksi istutuslaitteiden kanssa. Mikäli koneellista istutusta verrataan jatkuvatoimisella mätästäjällä tehtyyn muokkaukseen ja käsin istutukseen, koneiden työn tuottavuuden minimitason tulisi olla vielä selvästi edellä esitettyä tasoa suurempi.

Tulevaisuudessa suuren mahdollisuuden koneellisen istutuksen kehittämiseen antaa jatkuvatoimiseen mätästäjään perustuva koneratkaisu. Sitä, paljonko jatkuvatoimisen mätästäjän tuotostasosta joudutaan istutustyön onnistumisen takia tinkimään, on vaikea arvioida.

Joka tapauksessa jatkuvatoimisen koneen korkean tuotoksen takia koneen siirrot vievät huomattavan osan niiden työajasta. Jatkuvatoimisten maanmuokkaukoneiden tavoin haasteena on saada mahdollisimman suuria työmaita.

Taimikon varhaisperkauksessa ainoa tarkasteltu laite oli kitkevä Naarva-perkaaja. Yksittäisenä työajajana kitkennällä tehty perkaus oli yli kaksi kertaa metsurityötä kalliimpaa. Kun kitkemällä tehdyn varhaisperkauksen oletetaan poistavan taimikon myöhemmän harvennustarpeen, voidaan laitteen avulla saada taimikonhoitoketjuun 20 prosentin kustannussäästö metsurityöhön verrattuna. Oletus kitkennän riittävydestä ainoaksi taimikonhoitokerraksi vaatii kuitenkin vielä lisäselvityksiä.

Naarva-perkaajasta on tehty uusi hieman pienikokoisempi versio, jonka työn tuottavuuden arvioidaan etenkin helpoilla työmailla olevan edellistä versiota hieman parempi, koska hitaaksi työvaiheeksi osoittautunut laitteen asettelu kasvatettavan taimen ympärille jää pois. Kuljettajien koulutuksen ohella työn tuottavuutta voidaan mahdollisesti nostaa automaattiliikkeillä. Kerrallaan vain pieneltä alueelta vesoja katkoviin terälaitteiden kilpailukyky voidaan arvioida varhaisperkauksessa heikoksi matalan tuottavuuden ja voimakkaan uudelleenvesomisen takia.

Taimikon harvennuksessa vain UW40-risuraivain saavutti vaikeammassa 3 cm:n läpimittaluokassa metsurityön kustannustason, kun sen kustannukset 2 cm:n läpimittaluokassa olivat noin 30 prosenttia metsurityötä suuremmat. Pienmetsäkoneeseen asennetun UW40:n tuntikustannukset olivat noin 40 prosenttia pienemmät kuin hakkuukoneeseen asennetun MenSeraivauspään. Pienmetsäkoneen etuna ovat selvästi pienemmät pääomakustannukset, helppo siirrettävyys ja matala polttoaineen kulutus. MenSella taimikon harvennuksen kustannukset olivat 40–90 prosenttia metsurityötä suuremmat. MenSe saattaisi kuitenkin olla kilpailukykyinen vaihtoehto vaikeissa taimikon harvennuksissa, joissa poistuma ja kantoläpimitta ovat tässä tarkastelussa käytettyjä laskentavaihtoehtoja suuremmat. Kyseeseen tulisivat käytännössä hoitamattomina kasvatetut tiheet ja järeähköt taimikot. Toisaalta metsänhoitolaitteiden suunnittelu vain tietyille erikoiskohteille sopiviksi ei välttämättä mahdollista riittävää käyttöastetta.

Metsänhoitokoneiden käyttötuntikustannukset laskettiin raportissa uusien koneiden ja laitteiden hinnoin sekä mahdollisimman vertailukelpoisin laskentaoletuksin. Tehty herkkyystarkastelu osoitti, että saman kokoluokan uuden/vanhan peruskoneen hinta ei muuta ratkaisevasti istutus- tai taimikonhoitokoneen kilpailukykyä suhteessa metsurityöketjuun. Lisäksi käytettyjen peruskoneiden edullisempi hankintahinta kostautuu usein nousevina huolto- ja korjauskustannuksina ja matalampana teknisenä käyttöasteena.

Laskelmissa peruskoneen oletettiin tekevän metsänhoitotyötä päätyönä kahdessa vuorossa ja tämän lisäksi jonkin verran muuta työtä metsänhoitokauden ulkopuolella. Tehdyissä laskelmissa istutus- tai taimikonhoitokaudet oletettiin niin pitkiksi kuin mahdollista. Esimerkiksi istutuksen koneyksiköt yltyvät harvoin näiden laskelmien käyttötuntimääriin. Tärkeä tekijä metsänhoitotöiden koneellistamisessa onkin riittävien työmäärien varmistaminen koneyksiköille tarkoituksenmukaisilla kohteilla.

Työjälki rajattiin kilpailukykytarkastelun ulkopuolelle, koska sitä ei katsottu metsänhoitotöiden koneellistamisen esteeksi mukaan otetuilla koneratkai-

suilla. Esimerkiksi nykyisten kaivinkonepohjaisten istutuskoneiden työpöytä on todettu erittäin hyväksi ja jopa paremmaksi kuin käsin istutuksessa.

Koneellisen taimikonhoidon työpöydän laadussa ei nyt eikä tulevaisuudessaakaan ylletäne aivan samalle tasolle metsurityön kanssa. Taimikonhoitolaite tai -kone aiheuttaa vaurioita osalle (5–10 %) kasvatettavista taimista. Lisäksi niiden viereen jää paikoin kasvatettavan puun kasvua haittaavia puita. Varhaisperkausta lukuun ottamatta koneellisessa taimikonhoidossa taimikoon syntyy myös ajouria, (noin 10 % pinta-alasta). Ajouravaikutuksen suuruutta ei toistaiseksi tunneta tarkasti. Taimikonhoidon työpöydän laatua voidaan kaikesta huolimatta pitää riittävänä varsinkin, jos vaihtoehtona on taimikon jääminen hoitamatta.

Aistin- ja automaatioteknologian hyödyntämisellä saattaa olla mahdollisuuksia tehostaa koneellista metsänhoitoa. Esimerkiksi kaivinkoneeseen asennetuissa istutuslaitteissa osa puomin liikkeistä voitaneen automatisoida. Lisäksi aistinteknologiaa voidaan mahdollisesti soveltaa istutuskelpoisten määrittämisen tekemisessä ja tunnistamisessa. Vastaavasti osa taimikonhoitokoneiden puomin liikkeistä voitaneen automatisoida ja käyttää muuta automaatiotekniikkaa kasvatettavien taimien suojelemiseen ja niitä ympäröivien taimien poistamiseen. Jatkuva tarkkuutta vaativa työ huonon näkyvyyden olosuhteissa on koneenkuljettajille raskasta, joten automatisointi luultavasti lisääisi työn tuottavuutta sekä suoraan että välillisesti.

Taloudellisten syiden ohella myös metsäammattilaisten ja metsänomistajien negatiiviset ennakoitimet ovat hidastaneet metsänhoitotöiden koneellistumista. Koneellistamisen positiiviset vaikutukset, kuten työn tehostuminen, helpottuminen ja monipuolistuminen ovat kuitenkin jääneet keskustelussa taka-alalle. Positiivinen viesti metsänhoitotöiden helpottumisesta saattaisi osaltaan houkuttaa työvoimapolun uhkaamalle alalle uusia työntekijöitä. Yleisesti ottaen suhtautuminen metsänhoitotöiden koneellistamiseen on kuitenkin muuttunut viime vuosina positiivisemmaksi ja on nykyisin pääosin myönteistä.

Metsänhoitokoneiden markkinat eivät ole toistaiseksi houkutteleet suuria metsäkonevalmistajia ja liiketoiminta on keskittynyt pienemmille konepajoille. Tuotekehitystä ovat tehneet merkittävässä määrin myös koneilla työskentelevät yrittäjät. Teknologisen kehityksen lisäksi tulevaisuudessa tarvitaan ponnistuksia uusien ideoiden kaupallistamiseen sekä koneiden valmistukseen ja markkinointiin keskittyvän liiketoiminnan kokonaisvaltaista kehittämistä. Tutkimuksen mukaan koneellisten metsänhoitolaitteiden kaupallistamisessa keskeisiä menestystekijöitä ovat mm. uudet innovaatiot ja yhteistyö (Hallongren & Rantala 2010). Laitteiden kehittämisessä tulee huomioida myös vientimarkkinat. Asiantuntija-arvioiden mukaan koneellinen istutus ja heinäntorjunta ovat maailmalla suurimman markkinapotentiaalinsa omaavia työlajeja. Tärkeimpiä yhteistyötahoja uuden teknologian viennissä ovat kohdemarkkinoiden metsäteollisuusyritykset, koneyritykset ja tutkimusorganisaatiot. Vientiä ja vientiyhteistyötä tukevat toimintamallit kuten vientirengas saattaisivat tarjota metsänhoitolaiteita valmistaville pienyrityksille keinon laajentua kansainvälisille markkinoille.

LÄHTEET

- Arnkil, R. & Hämäläinen, J. 1995. Bräcke Planter- ja Ilves-istutuskoneiden tuottavuus ja työjälki. Metsäteho, Katsaus 1. 8 s.
- Brunberg, B. & Fries, C. 1985. Högläggning med grävmaskin. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat, 16.
- Gustavsson, R. & Moberg, L. 1975. Sammanställning över anordningar för mekanisk röjning. Skogshögskolan, Institution för Skogsreknik. 39 s.
- Hallongren, H. & Rantala, J. 2010. Metsänhoitolaitteiden kansainvälinen markkinapotentiaali ja teknologian kaupallistaminen. Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 179. 49 s
- Hallonborg, U., von Hofsten, H., Mattson, S., Hagberg, J., Thorsén, Å., Nyström, C. & Arvidsson, H. 1995. Mechanized planting with Silva Nova tree planter – recent state and feasibility compared with manual planting. Skogforsk, Redogörelse 6. 24 p.
- Harstela, P. 2004. Kustannustehokas metsänhoito. Gravita Ky. 126 s.
- von Hofsten, H. 1991. Bräcke Burna Högläggare – Ett variationsaggregat med möjligheter. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Resultat, 15.
- von Hofsten, H. 1993. Hög kvalitet även på högkvaliteten med Öje-Planter. Skogforsk Resultat 3/1993. 4 s.
- Hämäläinen, J. & Kaila, S. 1985. Metsämaan äestyksen ja aurauksen työvaikeustekijät, ajankäytön jakautuminen ja tuottavuus. Metsätehon tiedotus 393.
- Juntunen, M.-L. & Herrala-Ylinen, H. 2011. Metsänhoito- ja metsänparannustyöt 2010, Metsätalastotiedote 15.
- Kaila, S. 1984. G.A. Serlachius Oy:n istutuskone. Metsätehon katsaus 9: 1-6.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Ripatti, P. 2000. Metsänomistuksen rakenteen muutos 1990-luvulla. Julkaisussa: Hetemäki, L. (toim.). Metsäsektorin suhdannekatsaus 2000–2001. Metsäntutkimuslaitos, s. 59–62.
- Karppinen, H., Hänninen, H. & Ripatti, P. 2002. Suomalainen metsänomistaja 2000. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 852. 83 s.
- Kukkonen, Mikael. 2011. Varhaisperkauksen onnistumisen arviointi ja tulevan perkaustarpeen ennustaminen koneellisesti kitketyissä kuusen (*Picea abies*) taimikoissa. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden osasto, metsätieteen pro gradu -tutkielma, metsänhoidon ja metsäbioenergian erikoistumisala. 57 s.
- Luoranen, J., Saksa, T., Finer, L. & Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokausopas. Metsäntutkimuslaitos. 76 s.
- Luoranen, J. & Kiljunen, N. 2006. Kuusen paakkutaimien viljelyopas. metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö. 108 s.

- Malmberg, C.E. 1990. Mekanisering av skogsodling . Styrelsen för Teknisk Utveckling, Stockholm. STU-info: 783-1990. 196 s.
- Metsäalan työehtosopimus 1.6.2010-31.8.2012.
- Rantala, J., Harstela, P., Saarinen, V.-M. & Tervo, L. 2009. A techno-economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices. *Silva Fennica* 43(4): 659–667.
- Rantala, J., Saarinen, V.-M. & Hallongren, H. 2010. Quality, productivity and costs of spot mounding after slash and stump removal. *Scandinavian Journal of Forest Research* 25: 507-514.
- Rantala, J. & Laine, T. 2010. Productivity of the M-Planter Tree Planting Device in Practice. *Silva Fennica* 44(5): 859 – 869.
- Rantala, J. & Kautto, K. 2011. Koneellinen kitkentä taimikon varhaisperkauksessa – työajanmenekki, kustannukset ja työpölyn laatu. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2011: 3-12.
- Saarinen, V.-M. 2006. The effects of slash and stump removal on productivity and quality of forest regeneration operations – preliminary results. *Biomass & Bioenergy* 30: 349–356.
- Saksa, T., Tervo, L. & Kautto, K. 2002. Hakkuutähteen korjuun vaikutukset metsän uudistamiseen . Teoksessa E. Alakangas (toim.), *Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002*. (s. 243-261). VTT Symposium 221.
- Strandström, M., Hämäläinen, J. & Pajuoja, H. 2009. Metsänhoidon koneellistaminen – visio ja T&K-ohjelma. *Metsätehon raportti* 206. 24 p.
- Strandström, M. 2010. Tuloksia MenSe-raivauspään seurantatutkimuksesta. *Metsätehon tulosalvosarja* 6/2010.
- Strandström, M. & Poikela, A. 2010. UW40-risuraivain koneellisessa taimikonhoidossa. *Metsätehon tulosalvosarja* 12/2010.
- Strandström, M., Kallioniemi, P. & Poikela, A. 2011. MenSe-raivauspään ajanmenekki ja tuotos käytännössä. *Metsätehon tulosalvosarja* 16/2011 (käsi kirjoitus).
- Työvoiman saatavuus metsätaloudessa. 2004. Jaakko Pöyry Consulting.
- Vartiamäki, T. 2003. Koneellinen metsänistutus vuonna 2003.
- Kyselytutkimuksen tulokset. *Metsätehon raportti* 154. 14 s.
- Vartiamäki, T. 2005. Metsänistutuksen koneellistamisen tilanne. *Metsätehon tulosalvosarja* 8/2005.

METSÄNHOITOKONEIDEN KÄYTTÖTUNTIKUSTANNUSTEN LASKENTAPERUSTEET

Peruskone	Laikkumätästys		Istutus		Taimikonhoito		
	Telakaivin- kone 15 tn	Kuorma- traktori 14tn	Telakaivin- kone 15 tn	Telakaivin- kone 15 tn	Hakkuu- kone 16 tn	Pienmetsä- kone 0,18 tn	Hakkuu- kone 16 tn
Lisälaite	Naarva-levy	Bracke M.26	Bracke P.11	M-Planter	Naarva	UW40	MenSe
Peruskone, €	125 000	200 000	125 000	125 000	250 000	58 000	250 000
Pitoaika, h	12 000	12 000	12 000	12 000	15 000	10 000	15 000
Lisälaite, €	4 500	100 000	44 000	49 000	19 500	7 000	16 000
Pitoaika, h	7 500	7 500	7 500	7 500	6 000	6 000	6 000
Vuotuiset							
käyttötunnit, h							
Yhteensä	2 196	1 838	2 126	2 126	2 217	1 934	2 228
Metsänhoito	1 448	1 090	1 242	1 242	1 469	1 492	1 480
Muu työ	748	748	884	884	748	442	748
Metsänhoidon							
vuosisuorite							
päätyölajissa, ha	241	982	104	104	197	149	175
Pitoaika vuosina							
Peruskone	5,5	6,5	5,6	5,6	6,8	5,2	6,7
Lisälaite	5,2	6,9	6,0	6,0	4,1	4,0	4,1
Pääomakustannukset:							
Arvon alenema							
Peruskone %/vuosi				25			
Lisälaite %/vuosi				40			
Pääoman korko, %				5,0			
Kuljettajan palkka €/h				12,43			
Välilliset palkka-							
kustannukset €/h (55%)				6,84			
Palkkakustannukset €/h				19,27			
Polttoaine:							
Litraa käyttötunnissa	10,0	17,5	10,0	10,0	10,0	1,5	9,0
€/l				0,85			
Siirrot ja siirtymiset:							
Kone, €/km	10,00	4,50	10,00	10,00	10,00	0,60	10,00
Kuljettaja €/km				0,46			
Huolto ja korjaus:							
€/käyttötunti	5,00	8,00	5,00	5,00	8,00	3,10	8,00
Kiinteät vuosi-							
kustannukset €/v:							
Vakuutukset	800	1750	800	800	2100	300	2100
Hallinto ja ylläpito				6800			

TYÖLAJIKOHTAISET TUOTTAVUUDEN MINIMITAVOITTEET PERUSKONEEN HINNAN MUKAAN

Tuottavuuden minimitaloite peruskoneen hinnan mukaan

Koneistutus

Bracke

Peruskone, €	Tuntikustannus €/h nyt	Tuottavuus tainta/h E ₁₅		Tuottavuusparannus % vähintään	Koneen hinnan vaikutus tuottavuuden minimitavoitteeseen	Tuntikustannus €/h minimitavoitteessa
		nyt	minimitavoite			
100 000	65,6	150	186	24	99	67,1
125 000	67,7	150	188	25	100	69,3
150 000	69,7	150	191	27	101	71,4

M-Planter

Peruskone, €	Tuntikustannus €/h nyt	Tuottavuus tainta/h E ₁₅		Tuottavuusparannus % vähintään	Koneen hinnan vaikutus tuottavuuden minimitavoitteeseen	Tuntikustannus €/h minimitavoitteessa
		nyt	minimitavoite			
100 000	66,4	151	188	24	99	68,0
125 000	68,5	151	190	26	100	70,1
150 000	70,5	151	193	28	101	72,3

Vertailussa käytetty peruskoneen hinta ja tuntikustannus

Minitavoite vastaa tasoa, jolla kustannukset on samat kuin laikkumätästyksessä ja pottiputki-istutuksessa
Tuottavuuden muutos vaikuttaa koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin. Tämä muuttaa koneen käyttötuntikustannusta

Tuottavuuden minimitaloite peruskoneen hinnan mukaan

Varhaisperkaus

Naarva

Poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 1 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Tuottavuusparannus	Koneen hinnan vaikutus	Tuntikustannus
	€/h nyt	ha/h E ₁₅ nyt	minimitaloite	% vähintään	tuottavuuden minimitaloitteeseen	€/h minimitaloitteessa
150 000	71,9	0,13	0,38	181	90	90,5
200 000	75,4	0,13	0,40	198	95	95,7
250 000	78,9	0,13	0,42	214	100	101,0
300 000	82,4	0,13	0,44	231	105	106,4

Naarva

Poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 1,5 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Tuottavuusparannus	Koneen hinnan vaikutus	Tuntikustannus
	€/h nyt	ha/h E ₁₅ nyt	minimitaloite	% vähintään	tuottavuuden minimitaloitteeseen	€/h minimitaloitteessa
150 000	71,9	0,13	0,30	120	90	84,2
200 000	75,4	0,13	0,31	133	95	89,1
250 000	78,9	0,13	0,33	146	100	94,0
300 000	82,4	0,13	0,35	159	105	98,9

Vertailussa käytetty peruskoneen hinta ja tuntikustannus

Minitaloite vastaa tasoa, jolla kustannukset on samat kuin metsurityössä

Tuottavuuden muutos vaikuttaa koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin. Tämä muuttaa koneen käyttötuntikustannusta

Tuottavuuden minimimitavoite peruskoneen hinnan mukaan

Varhaisperkaus + taimikonharvennus

Taimikonharvennus: poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 2 cm

Naarva

Varhaisperkaus: poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 1 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Minimitavoitteen ylitys %	Koneen hinnan vaikutus tuottavuuden minimitavoitteeseen	Tuntikustannus €/h minimitavoitteessa
	€/h nyt	ha/h E ₁₅ nyt	minimitavoite			
150000	71,9	0,13	0,12	8	90	71,2
200 000	75,4	0,13	0,13	2	95	75,2
250 000	78,9	0,13	0,14	-3	100	79,3
300 000	82,4	0,13	0,15	-9	105	83,3

Naarva

Varhaisperkaus: poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 1,5 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Minimitavoitteen ylitys %	Koneen hinnan vaikutus tuottavuuden minimitavoitteeseen	Tuntikustannus €/h minimitavoitteessa
	€/h nyt	ha/h E ₁₅ nyt	minimitavoite			
150000	71,9	0,13	0,11	18	90	70,4
200 000	75,4	0,13	0,12	11	95	74,4
250 000	78,9	0,13	0,13	6	100	78,4
300 000	82,4	0,13	0,13	0	105	82,4

Vertailussa käytetty peruskoneen hinta ja tuntikustannus

Minitavoite vastaa tasoa, jolla kustannukset on samat kuin metsurityössä

Tuottavuuden muutos vaikuttaa koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin. Tämä muuttaa koneen käyttötuntikustannusta

Tuottavuuden minimimitavoite peruskoneen hinnan mukaan

Varhaisperkaus + taimikonharvennus

Taimikonharvennus: poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 3 cm

Naarva

Varhaisperkaus: poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 1 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Minimitavoitteen	Koneen hinnan vaikutus	Tuntikustannus
	€/h	ha/h E ₁₅		ylitys	tuottavuuden	€/h
	nyt	nyt	minimitavoite	%	minimitavoitteeseen	minimitavoitteessa
150000	71,9	0,13	0,10	32	90	69,4
200 000	75,4	0,13	0,11	25	95	73,3
250 000	78,9	0,13	0,11	19	100	77,3
300 000	82,4	0,13	0,12	13	105	81,2

Naarva

Varhaisperkaus: poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 1,5 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Minimitavoitteen	Koneen hinnan vaikutus	Tuntikustannus
	€/h	ha/h E ₁₅		ylitys	tuottavuuden	€/h
	nyt	nyt	minimitavoite	%	minimitavoitteeseen	minimitavoitteessa
150000	71,9	0,13	0,09	42	90	68,9
200 000	75,4	0,13	0,10	34	95	72,8
250 000	78,9	0,13	0,11	28	100	76,7
300 000	82,4	0,13	0,11	21	105	80,6

Vertailussa käytetty peruskoneen hinta ja tuntikustannus

Minitavoite vastaa tasoa, jolla kustannukset on samat kuin metsurityössä

Tuottavuuden muutos vaikuttaa koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin. Tämä muuttaa koneen käyttötuntikustannusta

Tuottavuuden minimitavoite peruskoneen hinnan mukaan

Taimikonharvennus

MenSe

Poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 2 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Tuottavuusparannus	Koneen hinnan vaikutus	Tuntikustannus
	€/h nyt	ha/h E ₁₅ nyt	minimitavoite	% vähintään	tuottavuuden minimitavoitteeseen	€/h minimitavoitteessa
150000	69,3	0,12	0,24	100	89	78,2
200 000	72,7	0,12	0,25	111	95	82,8
250 000	76,2	0,12	0,26	123	100	87,4
300 000	79,7	0,12	0,28	135	105	92,1

MenSe

Poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 3 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus	Tuottavuus		Tuottavuusparannus	Koneen hinnan vaikutus	Tuntikustannus
	€/h nyt	ha/h E ₁₅ nyt	minimitavoite	% vähintään	tuottavuuden minimitavoitteeseen	€/h minimitavoitteessa
150000	69,3	0,12	0,16	39	90	72,7
200 000	72,7	0,12	0,17	47	95	77,0
250 000	76,2	0,12	0,18	55	100	81,3
300 000	79,7	0,12	0,19	63	105	85,5

Vertailussa käytetty peruskoneen hinta ja tuntikustannus

Minitavoite vastaa tasoa, jolla kustannukset on samat kuin metsurityössä

Tuottavuuden muutos vaikuttaa koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin. Tämä muuttaa koneen käyttötuntikustannusta

Tuottavuuden minimitavoite peruskoneen hinnan mukaan

Taimikonharvennus

UW40

Poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 2 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus €/h nyt	Tuottavuus ha/h E ₁₅ nyt	minimitavoite	Tuottavuusparannus % vähintään	Koneen hinnan vaikutus tuottavuuden minimitavoitteeseen	Tuntikustannus €/h minimitavoitteessa
58 000	44,1	0,10	0,13	35		44,8

UW40

Poistuman tiheys 12 000 kpl/ha ja kantoläpimitta 3 cm

Peruskone, €	Tuntikustannus €/h nyt	Tuottavuus ha/h E ₁₅ nyt	minimitavoite	Tuottavuusparannus % vähintään	Koneen hinnan vaikutus tuottavuuden minimitavoitteeseen	Tuntikustannus €/h minimitavoitteessa
58 000	44,1	0,10	0,10	-1		44,1

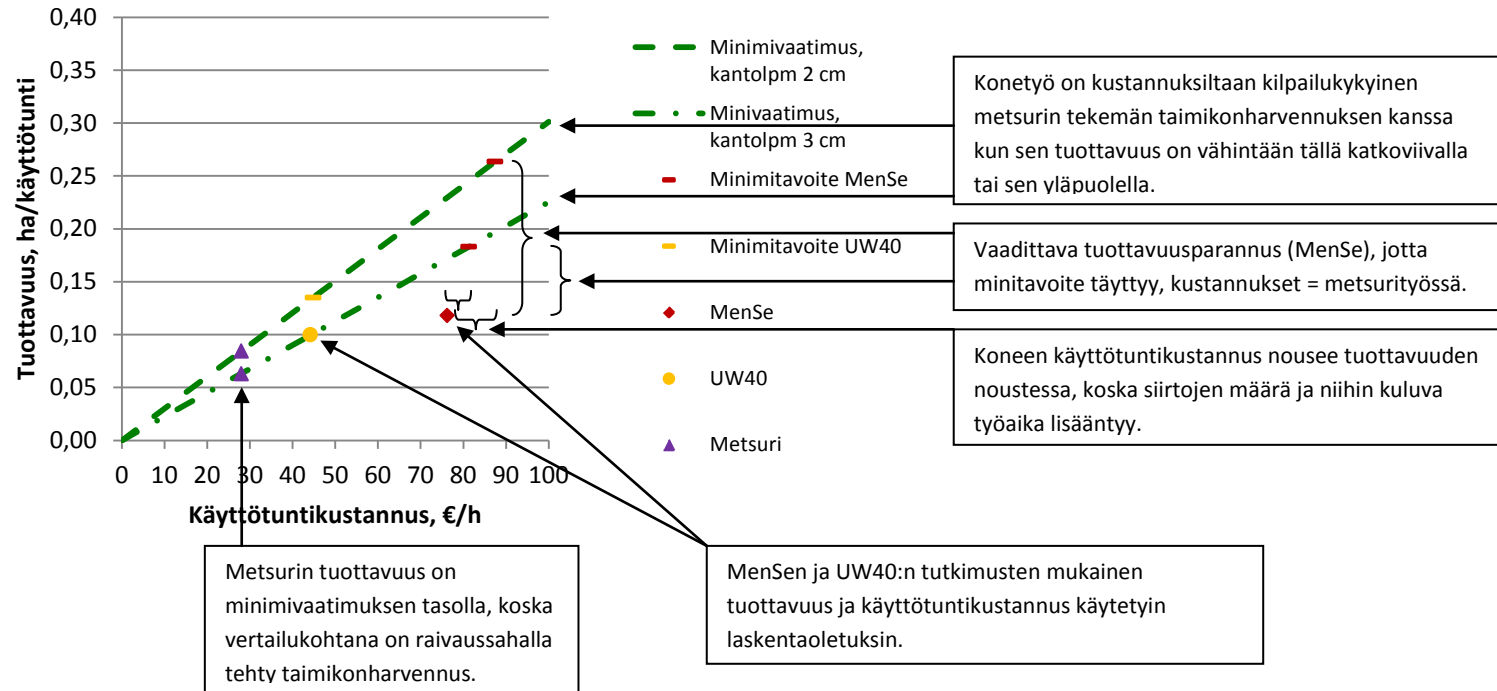
Vertailussa käytetty peruskoneen hinta ja tuntikustannus

Minitavoite vastaa tasoa, jolla kustannukset on samat kuin metsurityössä

Tuottavuuden muutos vaikuttaa koneen siirtoihin kuluvaan työaikaan ja siirtokustannuksiin. Tämä muuttaa koneen käyttötuntikustannusta

KONEELLISEN ISTUTUKSEN JA TAIMIKONHOIDON KILPAILUASEMA JA TUOTTAVUUDEN MINITAVOITE, KUVAN TULKINTA (kuvat 2, 8–10 ja 14)

Esimerkkinä kuva 14, taimikonharvennus.



Periaate: vertailussa mukana olevat koneet (tässä MenSe ja UW40) on asemoitu kuvaan tuottavuuden ja käyttötuntikustannusten mukaan.

Minivaatimus: tuottavuustaso (katkoviiva), jolla konetyön kustannukset vastaavat tietyllä tuottavuudella ja käyttötuntikustannuksella vertailuketjun kustannuksia (tässä metsurin raivaussahalla tekemä taimikonharvennus).

Minitavoite: tuottavuustaso (piste), jolle koneen (tässä MenSe ja UW40) tulisi vähintään päästä. Minitavoite on aina minimivaatimus katkoviivalla, mutta sen sijainti määräytyy koneen tuottavuuden ja käyttötuntikustannusten mukaan.