

Metsätehon raportti 149
30.5.2003

Vaihtoehtoista korjuutekniikkaa

Kaarlo Rieppo

Vaihtoehtoista korjuutekniikkaa

Kaarlo Rieppo

Metsätehon raportti 149
30.5.2003

Ryhmähanke: Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Vapo Timber Oy ja Yksityismetsätalouden Työnantajat r.y.

Asiasanat: hakkuu, metsäkuljetus, korjuri, kaivinkone, pienharvesteri, kauko-ohjaus, tuottavuus, kustannukset

© Metsäteho Oy

Helsinki 2003

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	4
Tavoite.....	4
Kokeet.....	4
Toteutus.....	4
Tulokset.....	4
Päätelmät	8
1 JOHDANTO	9
2 TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	9
2.1 Tausta ja tavoite.....	9
2.2 Tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä	10
2.2.1 Rungon koko.....	10
2.2.2 Työmenetelmä.....	11
2.2.3 Kuljettaja.....	11
2.2.4 Puustot.....	11
3 PROJEKTIN TOTEUTUS.....	11
3.1 Tutkimusaineisto	11
3.1.1 Kohteet.....	11
3.1.2 Koneet.....	13
3.1.3 Korjureiden työmenetelmävertailu	18
3.1.4 Muut korjureiden työmenetelmät.....	18
3.2 Tutkimusmenetelmä	19
4 TULOKSET	20
4.1 Korjurit	20
4.1.1 Ajanmenekki.....	20
4.1.2 Tuottavuus.....	26
4.1.3 Kustannusvertailu	27
4.2 Kaivukonealustaiset hakkuukoneet	30
4.2.1 Ajanmenekki.....	30
4.2.2 Tuottavuus.....	33
4.2.3 Kustannukset.....	35
4.3 Kauko-ohjattava pienharvesteri.....	35
4.3.1 Ajanmenekki.....	35
4.3.2 Tuottavuus.....	37
4.3.3 Kustannukset.....	39
5 PÄÄTELMÄT	40
5.1 Korjurit	40
5.2 Kaivukonealustaiset hakkuukoneet	41
5.3 Kauko-ohjattava pienharvesteri.....	41
KIRJALLISUUS	43

TIIVISTELMÄ

Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisten korjuutekniikoiden mahdollisuuksia perinteisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun verrattuna. Tällaisiksi vaihtoehtoiksi katsottiin korjurit, kaivukonealustaiset hakkuukoneet ja kauko-ohjattava pienharvesteri. Tarkoituksena oli selvittää näiden koneiden käyttöä harvennuksista päätehakkuihin. Pienharvesterilla rajoituttiin kuitenkin vain ensimmäiseen harvennukseen, koska se ei kokonsa puolesta sovellu järeämmälle puustolle.

Kokeet

Toteutus

Tutkimuksessa olivat mukana seuraavien valmistajien korjurit tai tässä tutkimuksessa korjureiksi luokitellut koneyhdistelmät (Huom! Koneiden järjestys ei ole sama kuin myöhemmin kuvissa): S. Pinomäki Ky / Pika 728, Partek Forest Oy / Valmet 801, Ponsse Oy / Ponsse Buffalo Dual, Velj. Moisio Oy / Moipu ja ProSilva Oy / Ässä.

Kaivukonealustaiset hakkuukoneet olivat Konekesko Oy:n Kobelco SK200SRLC / Foresteri 25RH ja Kobelco SK135SRL / Foresteri 22RH. Vertailukoneena oli samoilla kohteilla Timberjack 1270 –hakkuukone.

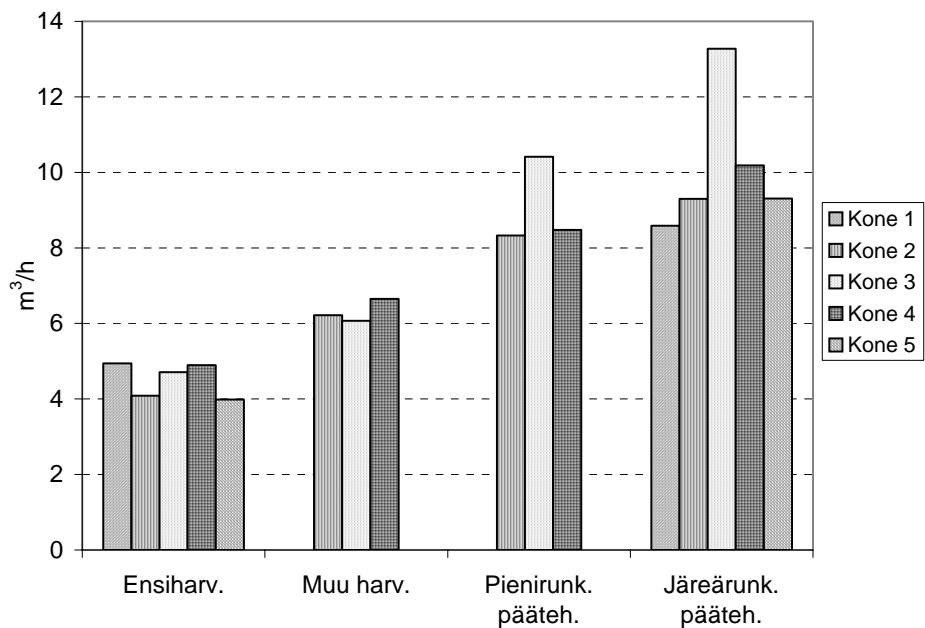
Kauko-ohjattava pienharvesteri oli Harveri, jota kehittää ja markkinoi Artekno-yhtiöihin kuuluva Oy RCM Harvester Ltd.

Kolmelta korjurilta saatiin aineistoa ensiharvennuksesta, muusta harvennuksesta sekä pieni- ja järeärunkoisesta päätehakkua. Kahdella korjurilla kohteina olivat vain ensiharvennus ja järeärunkoinen päätehakkua. Yhdellä korjurilla tehtiin työmenetelmävertailukokeet ensiharvennuksessa. Korjureiden kaikki kokeet tehtiin syksyllä 2002. Järeämpää kaivukonealustaista hakkuukonetta tutkittiin huhtikuussa 2002 järeän kuusikon päätehakkua ja kuusivaltaisessa muussa harvennuksessa. Pienemmällä kaivukonealustaisella koneella kokeet tehtiin lokakuussa 2002. Tällöin kohteina olivat männikön ensiharvennus, männikön muu harvennus ja järeähkö kuusikon päätehakkua. Harverilla tehtiin kaksi suppeata päivän koetta syys-lokakuussa 2002. Ensimmäinen kohde oli kuusikon ja toinen männikön ensiharvennus.

Tulokset

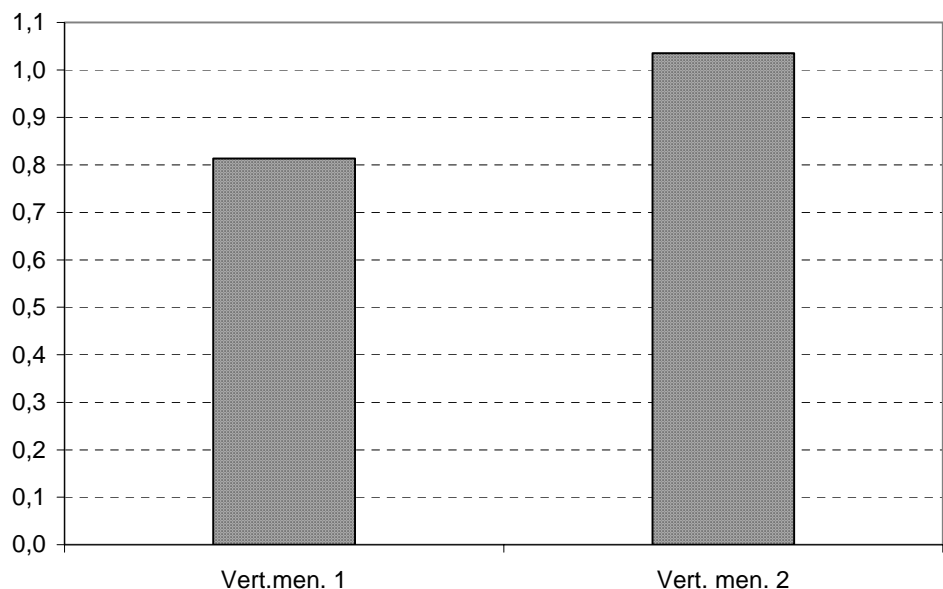
Korjurit

Korjureiden tuottavuudet eri olosuhteissa on esitetty kuvassa 1. Tuottavuudet ensiharvennuksen osalta olivat hyvin samaa tasoa kuin aiemmassa korjureita koskevassa tutkimuksessa (Metsätehon raportti 121) vastaavalla rungon keskikoolla. Vastaavasti 150 litran rungon koolla edellisessä tutkimuksessa käyttötuntituottavuus oli pyöriväohjaamoisella korjurilla noin 6 m³/h ja kuormatraktorialustaisella 5 m³/h. Muussa harvennuksessa tässä raportoitavassa tutkimuksessa kaikki koneet pääsivät yli 6 kuutiometrin käyttötuntituottavuuteen.



Kuva 1. Käyttötuntituottavuudet korjureilla.

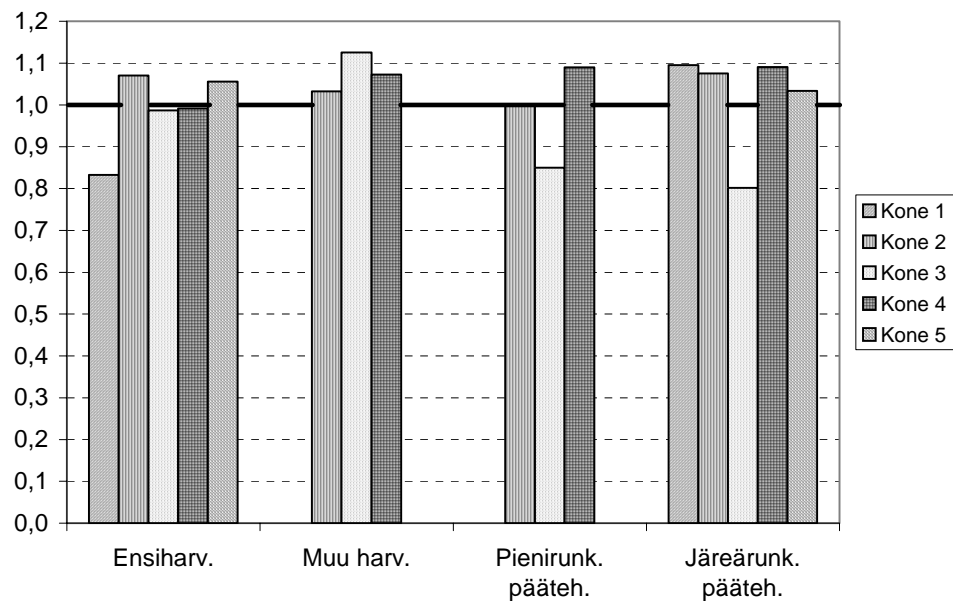
Työmenetelmävertailussa menetelmä 1 osoittautui heikommaksi tuottavuudeltaan kuin kuljettajan tavanomainen menetelmä (kuva 2). Menetelmä 2 oli sen sijaan hieman parempi kuin kuljettajan tavanomainen menetelmä.



Kuva 2. Kokeiltujen työmenetelmien suhteellinen tuottavuus kuljettajan tavanomaiseen menetelmään (= 1,0) verrattuna. Tavanomaisessa menetelmässä tehtiin ensin hakkuu ja palatessa kuormaus. Vertailumenetelmässä 1 otettiin vähemmistöpuutavaralajina ollut koivukuitu kuormaan hakkuuvaiheessa ja mäntykuitu kuormattiin takaisin palatessa. Vertailumenetelmässä 2 avattiin ensin ajoura ja takaisin tullessa hakattiin välialue ja kuormattiin molemmat puutavaralajit.

Korjuukustannukset määritettiin Metsäteho Oy:n korjuun kustannuslaskentaohjelmalla. Olosuhteina korjuuketjulle käytettiin tutkimuskohteiden keskimääräisiä olosuhteita. Tuntikustannuslaskelmassa asetettiin vuotuisiksi käyttötunneiksi 2 538.

Korjureilla päästiin joissakin tapauksissa alempiin kustannuksiin kuin perinteisellä ketjulla (kuva 3). Yksittäisten koneiden osalta vertailut ovat luonnollisesti epävarmoja, koska ne perustuvat vain yhden kuljettajan ja kussakin olosuhteessa vain yhden koekohteen tulokseen. Tuloksia onkin syytä tarkastella enemmän kokonaisuutena.



Kuva 3. Korjureiden suhteelliset korjuukustannukset perinteiseen ketjuun (= 1,0) verrattuna.

Kaivukonealustaiset hakkuukoneet

Kobelco 200:lla tehotuntituotokset olivat sekä päätehakkuussa että harvennushakkuussa kaikilla rungonko'oilla pienemmät kuin vertailukoneena toimineella Timberjackilla. Kobelcolla puunkäsittelykyvyn raja tulee aiemmin vastaan kuin Timberjackilla. Käyttötuntituottavuus oli Kobelco 200:lla päätehakkuussa 62 % ja harvennuksessa 68 % vastaavien kohteiden Timberjackin tuottavuuksista.

Myös pienemmällä Kobelco 135:lla tehotuntituottavuudet olivat kaikilla kohteilla ja kaikilla rungonko'oilla pienemmät kuin Timberjackilla. Kobelco 135:en käyttötuntituottavuus Timberjackiin verrattuna oli päätehakkuussa 64 %, muussa harvennuksessa 71 % ja ensiharvennuksessa 80 %. Suhteelliset tuottavuudet olivat siten jopa jonkin verran paremmat kuin Kobelco 200:n vertailukokeessa.

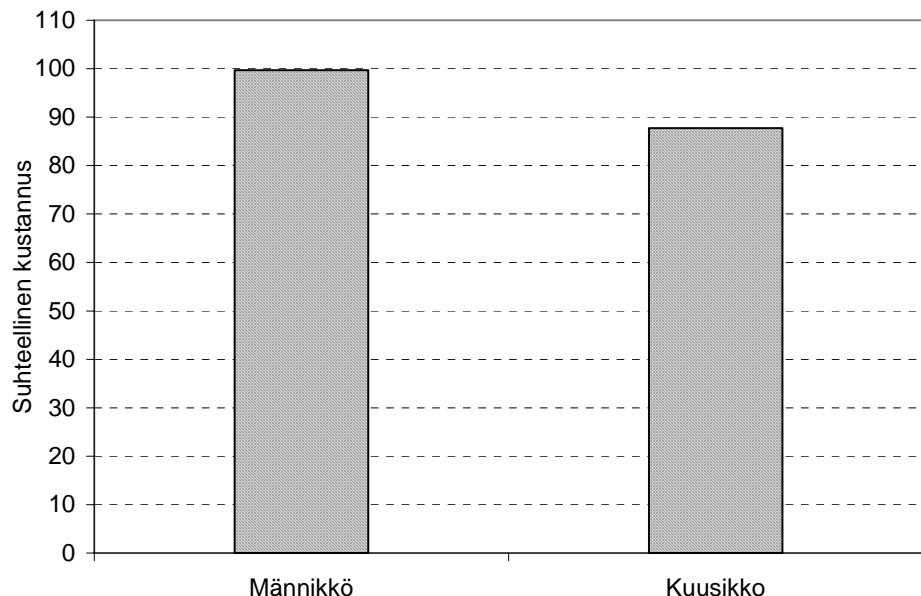
Kokeissa saavutetuilla tuottavuuksilla hakkuukustannukset olivat Kobelco 200:lla 31 % suuremmat kuin tavanomaisella hakkuukoneella. Tähän vaikutti osaltaan se, että kuljettaja ei ollut totunut käyttämään kaivinkonealustaista hakkuukonetta. Pienemmällä Kobelco 135:llä hakkuukustannukset olivat 22 % tavanomaisen hakkuukoneen kustannuksia suuremmat. Jotta päästäisiin samoihin hakkuukustannuksiin, olisi Kobelco 135:llä tuottavuuden noustava 23 %. Tämä voi olla saavutettavissa.

Kauko-ohjattava pienharvesteri

Harverin käyttötuntituottavuus oli männikössä 5,1 m³/h ja kuusikossa 4,3 m³/h. Kun tarkasteltiin koko ketjua eli Harvesteria ja kuormatraktoria perinteiseen hakkuukoneeseen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun verrattuna, saatiin Harveri-ketjulla samassa ajassa tienvarteen koeolosuhteiden männikössä 73 % ja kuusikossa 80 % perinteisen ketjun puumäärästä.

Kun verrattiin Harveri-ketjun korjuukustannuksia tavanomaisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostaman ketjun kustannuksiin, oli Harverin ja kuormatraktorin muodostama korjuuketju täysin samaa tasoa perinteisen ketjun kanssa männikössä ja kuusikossa Harveri-ketju oli 13 % edullisempi (kuva 4). Vuotuinen käyttötuntimäärä oli vertailussa sekä Harverilla että hakkuukoneella 2 538.

Vastaavasti, kun käyttötuntimäärä Harverilla oli 1 600 ja hakkuukoneella edelleen 2 538, oli Harverin ja kuormatraktorin muodostaman korjuuketjun kustannukset männikössä kuutisen prosenttia suuremmat ja kuusikossa kuutisen prosenttia edullisemmat kuin perinteisen ketjun kustannukset.



Kuva 4. Harverin ja kuormatraktorin muodostaman korjuuketjun suhteelliset korjuukustannukset tavanomaisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun (= 100) verrattuna. Käyttötuntimäärä sekä Harverilla että hakkuukoneella 2 538 h/v.

Päätelmät

Yksittäisten korjureiden konemerkkien välisiin eroihin voi näin suppeassa aineistossa – olihan kuljettajia vain yksi konetta kohti – vaikuttaa pelkästään kuljettaja. Tämän vuoksi tuloksia ei tule käyttää konemerkkien väliseen vertailuun, eikä niitä sen vuoksi julkaistukaan konemerkeittäin. Kun korjureita oli kuitenkin yhteensä viisi, voi tämän tutkimuksen tulosta kuitenkin kokonaisuutena pitää ainakin suuntaa-antavana. Tämän perusteella korjuri ei näyttäisi tuovan suurta välitöntä säästöä. On kuitenkin korostettava tämän konetyypin muita etuja, jotka eivät näy näin suppeassa aineistossa, eivätkä kaikki ole ainakaan aikatutkimuksen keinoin todettavissakaan.

Pelkkänä hakkuukoneena vuoden ympäri toimien kaivukone voi parhaimmillaan pystyä kilpailemaan kustannustasossa tavanomaisen hakkuukoneen kanssa. Tutkimuksessa mukana olleiden Kobelco-merkkisten kaivukoneiden etu on, että niissä ei ole lainkaan peräylitystä, joten ne soveltuvat paremmin harvennushakkuisiin. Kaivukonealustaisten etuna on monipuolisuus. Niitä voidaan käyttää sesonkiaikoina hakkuuseen ja muina aikoina muihin töihin. Laajempia tuottavuusselvityksiä seurantatutkimuksineen olisi tehtävä, jotta kaivukonealustaisten koneiden tuottavuudesta ja käyttöasteista saataisiin luotettavaa tietoa.

Kauko-ohjattava pienharvesteri lienee edullisimmillaan, kun rungon keskikoko on alle sata litraa. Tällöin se on kustannuksiltaan hyvin kilpailukykyinen perinteiseen hakkuukoneeseen verrattuna. Lisäetua korjuuketjuna tuo se, että kuormatraktorin ajouranvarsitiheys ja kasojen koot kasvavat, kun ajouraväli kasvaa.

1 JOHDANTO

Korjuri on kone, jolla tehdään sekä hakkuu että metsäkuljetus. Korjuukoura on laite, jolla tehdään sekä hakkuu että puutavaran kuormaus ja purkaminen. Ensimmäiset nykyiset korjurit kehitettiin 90-luvun loppupuolella.

Pioneerityötä korjureiden kohdalla on tehnyt S. Pinomäki Ky, joka toi aluksi markkinoille kuormatraktorialustaisen korjurin. Pinomäki kehitti sittemmin myös ympäripyörivällä ohjaamalla varustetun mallin. Muita Tekesin HARJU-ohjelman tuloksena syntyneitä korjureita kehittivät S & A Nisula Oy ja Velj. Moisio Oy. Nisulan prototyypikonekin oli varustettu jo pyörivällä ohjaamalla. Moisio-prototyypissä oli alustakoneena tavanomainen kuormatraktori. HARJU-ohjelman ulkopuolella Oy Logset Ab toi markkinoille oman korjurinsa, joka ei kuitenkaan tullut käyttöön Suomessa. Suuremmista konevalmistajista Oy Partek Ab kehitti yhteistyössä Nisuloiden kanssa uusialustaisen korjurin. Sittemmin Ponsse Oy toi markkinoille oman ratkaisunsa, joka perustuu kuormatraktorin muuntamiseen hakkuukoneeksi ja päinvastoin.

Kaivukonealustaisia hakkuukoneita on ollut käytössä erityisesti Pohjois-Amerikassa. Meilläkin koneita oli käytössä joitakin lähinnä 80-luvulla ja viime aikoina niitä on tullut jälleen markkinoille. Viimeisimpänä kehitysketkeena kaivukonealustaisissa hakkuukoneissa on se, että niissä ei ole lainkaan ns. peräylitystä. Näin ne soveltuvat paremmin harvennuksiin.

Kauko-ohjattavaa pienharvesteria, Harveria, on kehitelty 90-luvun puolivälistä asti. Koneita on valmistettu toistakymmentä. Harveri on tarkoitettu lähinnä ensiharvennuksiin ja energiapuun korjuuseen.

2 TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

2.1 Tausta ja tavoite

Tavoitteena oli selvittää vaihtoehtoisten korjuutekniikoiden mahdollisuuksia perinteisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun verrattuna. Selvitettäväksi vaihtoehtoisiksi katsottiin korjurit, kaivukonealustaiset hakkuukoneet ja kauko-ohjattava pienharvesteri. Tarkoituksena oli selvittää koneiden käyttöä harvennuksista päätehakkuihin. Pienharvesterilla, Harverilla, rajoituttiin kuitenkin vain ensimmäiseen harvennukseen, koska se ei kokonsa puolesta sovellu järeämmälle puustolle. Korjuujälkeä havainnoitiin ainoastaan silmämääräisesti.

Tutkimuksessa olivat mukana seuraavien valmistajien korjurit tai tässä tutkimuksessa korjureiksi luokitellut koneyhdistelmät: S. Pinomäki Ky / Pika 728, Partek Forest Oy / Valmet 801, Ponsse Oy / Ponsse Buffalo Dual, Velj. Moisio Oy / Moipu ja ProSilva Oy / Ässä. Ässä oli juuri testiä varten koottu prototyyppi. Sen peräkärri oli esim. liitetty hakkuukoneeseen tavallisella

vetokoukulla, mistä johtuen sen kaatumista varsinkin alkukuormalla tuli erityisesti varoa.

Kaivukonealustaiset hakkuukoneet olivat Konekesko Oy:n Kobelco SK200SRLC / Foresteri 25RH ja Kobelco SK135SRL / Foresteri 22RH. Vertailukoneena oli samoilla kohteilla kyseisen yrittäjän Timberjack 1270 –hakkuukone.

Harveria kehittää ja markkinoi Artekno-yhtiöihin kuuluva Oy RCM Harvester Ltd.

Tarkoitus oli tutkia kaikkia korjureita neljässä eri olosuhteessa: männikön ensiharvennuksessa, männikön muussa harvennuksessa, pienirunkoisessa kuusikon päätehakuussa ja järeärunkoisessa kuusikon päätehakuussa. Kolmelta koneelta saatiinkin aineistoa kaikilta neljältä kohteelta. Tosin näistäkin yhden koneen järeärunkoinen päätehakkuu oli mäntyvaltainen. Kahdella koneella aineisto rajoittui ensiharvennuksen männikköön ja järeärunkoiseen kuusikon päätehakkuuseen. Korjureiden kokeet tehtiin lokakuusta joulukuun alkuun 2002. Ensimmäisissä kokeissa maa oli sula ja lumeton, mutta poikkeuksellisen kuivan syksyn vuoksi hyvin kantavaa. Viimeisimmissä kokeissa lunta oli parikymmentä senttiä.

Järeämpää kaivukonealustaista hakkuukonetta tutkittiin huhtikuussa 2002 Ruokolahdella järeän kuusikon päätehakuussa ja kuusivaltaisessa muussa harvennuksessa. Lokakuussa 2002 tehtiin pienemmällä kaivukonealustaisella koneella kokeet niin ikään Ruokolahdella. Tällöin kohteina olivat männikön ensiharvennus, männikön muu harvennus ja järeähkö kuusikon päätehakkuu. Kummassakin kokeessa kuljettaja oli sama ja kyseinen kuljettaja käytti myös Timberjackin hakkuukonetta. Kuljettajalla ei ollut aiempaa kokemusta kaivukonealustaisista hakkuukoneista. Sen sijaan kyseistä Timberjackin hakkuukonetta hän oli käyttänyt jo pidemmän aikaa. Kaivukonealustaiset hakkuukoneet olivat näyttelykoneita, joita ei oltu viimeisen päälle testattu käytännön työssä.

Harverilla tehtiin kaksi suppeata päivän koetta Hämeessä. Ensimmäinen kohde oli istutuskuusikon ja toinen männikön ensiharvennus. Nämä kokeet tehtiin syyskuun alussa ja lokakuun lopussa 2002.

2.2 Tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä

2.2.1 Rungon koko

Merkittävin koneiden tuottavuuteen vaikuttava tekijä on rungon koko. Tässä tutkimuksessa rungon vaikutusta selvitettiin eri hakkuuolosuhteissa tehdyin kokein.

2.2.2 Työmenetelmä

Resurssisyyistä erilaisia työmenetelmiä ei ollut mahdollisuutta tutkia laajasti. Niinpä kuljettajat käyttivätkin sellaista työmenetelmää, johon he olivat totuneet. Ainoastaan yhdellä korjurilla tehtiin suppea työmenetelmävertailu männikön ensiharvennuksessa.

2.2.3 Kuljettaja

Kuljettajan vaikutus korjuun tuottavuuteen ja korjuujälkeen on merkittävä. Tutkimuksen resurssit eivät mahdollistaneet kuljettajavertailuja. Kaikilla koneilla testeihin osallistuikin vain yksi kuljettaja. Kaikkia muita korjureiden kuljettajia voitiin kuitenkin pitää täysin ammattitaitoisina, mutta koneen 5 kuljettajalla koneen käyttötaidot olivat vähäisestä kokemuksesta johtuen muita heikommat.

Kaivukonealustaisen hakkuukoneen käyttö oli myös sen kuljettajalle vierasta, vaikka hän olikin pätevä tavanomaisen hakkuukoneen käytössä. Tämä vaikutti varmasti heikentävästi kaivukonealustaisen hakkuukoneen tuottavuustulokseen.

2.2.4 Puustot

Korjureita ja kaivukonealustaisia hakkuukoneita tutkittiin ensiharvennuksesta päätehakkuuseen, jotta saataisiin käsitys kunkin koneen toimintakyvyn rajoista. Kaikkia näitä koneita ei kuitenkaan ole alun perin tarkoitettukaan kaikkiin puusto-olosuhteisiin.

3 PROJEKTIN TOTEUTUS

3.1 Tutkimusaineisto

3.1.1 Kohteet

Korjureiden kohteet sijaitsivat eri puolilla maata: Moipu ja Ässä Keski-Suomessa, Pika Pohjois-Karjalassa, Ponsse Pohjois-Savossa ja Valmet Oulujärven luoteispuolella.

Aikatutkimusjakso oli kussakin olosuhteessa yksi päivä, josta varsinaista kellotusta muutama tunti. Kuormia korjureilla kertyi yhdestä kuuteen olosuhteittain kullakin koneella. Kuormien kokoja ei mitattu, vaan työntutkija kirjasi silmämääräisesti kuormien täyttöasteen. Tämän perusteella määritettiin, kuinka monta kuormaa täysinä kuormina kultakin kohteelta tuli. Näin tasoitettiin mahdollisesti ylikuormilla ajo sekä poistettiin vajaista kuormista aiheutunut ylimääräinen ajanmenekki. Laskenta on siis tehty siten, että se vastaa täysillä kuormilla ajoa. Kuljettaja sai päättää parhaan toimintatavan kussakin olosuhteessa Valmetin työmenetelmävertailukoealoja lukuun ottamatta.

Poistettavien puiden käyttöosien tilavuudet saatiin koneiden mittalaitteilta pölkyittäin joko stm-tiedostoon tai paperille tulostettuna. Ponsen kohdalla oli mittalaitteen ohjelmassa ohjelmointivirhe, josta johtuen stm-dataa ei lopulta ollutkaan kertynyt tiedostoon. Koneelta saatiin kuitenkin prd-tiedosto, jossa on hakatun puuston kokonaismäärät ja rungonkokoluokittaiset tilavuudet. Rungonkokoluokan sisäinen vaihtelu kuitenkin menetettiin. Tällä ei ole merkitystä koneen varsinaiseen kokonaistuottavuustulokseen, mutta tämä tekee rungonkokoluokan mukaisen ajanmenekin määrittämisen epävarmemmaksi.

Kaikkien korjureiden aikatutkimusaineistossa ensiharvennuksessa poistuneen puuston keskijäreys oli $96 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja kertymä $51 \text{ m}^3/\text{ha}$. Muussa harvennuksessa rungon keskikoko oli $150 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja kertymä $66 \text{ m}^3/\text{ha}$. Vastaavat arvot pienirunkoisessa päätehakkuussa olivat $252 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja $147 \text{ m}^3/\text{ha}$ sekä järeärunkoisessa päätehakkuussa $440 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja $256 \text{ m}^3/\text{ha}$. Puuston tiheydet ennen ja jälkeen hakkuun sekä puulajijakaumat on esitetty taulukossa 1.

Kobelco 200 -hakkuukoneen kevään 2002 kokeessa harvennuksella puuston keskijäreys oli $177 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja vastaavasti Timberjackilla $122 \text{ dm}^3/\text{r}$. Kobelcolla jääviä puita oli 610 ja Timberjackilla 780 r/ha. Päätehakkuussa Kobelcon rungon koko oli $376 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja Timberjackin $551 \text{ dm}^3/\text{r}$. Vaikka kokeet tehtiin samoilla palstoilla viereisillä ajourilla, oli ero puustoissa varsinkin päätehakkuussa merkittävä. Puustoero päätehakkuussa johtui siitä, että kohde oli mäenrinteessä ja Kobelcon hakkuukohde oli jo mäen laella, missä puusto olikin lyhempää kuin alempana rinteessä.

Vastaavasti kaivukonealustaisen Kobelco 135 -hakkuukoneen syksyn 2002 kokeessa ensiharvennuksella puuston keskijäreys oli Kobelcolla $50 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja Timberjackilla $53 \text{ dm}^3/\text{r}$, muussa harvennuksessa Kobelcolla $129 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja Timberjackilla $139 \text{ dm}^3/\text{r}$ sekä päätehakkuussa Kobelcolla $507 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja Timberjackilla $594 \text{ dm}^3/\text{r}$.

Harverilla kuusikossa puuston keskijäreys oli $71 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja kertymä $55 \text{ m}^3/\text{ha}$ sekä männikössä $108 \text{ dm}^3/\text{r}$ ja $65 \text{ m}^3/\text{ha}$.

TAULUKKO 1

Puustotiedot korjureiden kokeissa

Kone / Kohde	Lähtö- puusto, r/ha	Pois- tuma, r/ha	Jäävä puusto, r/ha	Hakkuu- kertymä, m ³ /ha	Puulajijakauma		
					mä	ku	ko
1-harvennus							
Kone 1	1 809	782	1 027	61	98		2
Kone 2	1 769	717	1 052	69	92		8
Kone 3	1 685	644	1 041	51	100		
Kone 4, kohde 1	1 670	689	981	41	63	2	35
Kone 4, kohde 2	1 557	542	1 015	40	96	1	3
Kone 5	1 709	621	1 088	36	98	2	
Muu harvennus							
Kone 2	1 139	455	684	73	100		
Kone 3	1 082	428	654	80	64	23	13
Kone 4	1 014	384	630	46	77	16	7
Pienirunkoinen päätehakkuu							
Kone 2	557	557		164		100	
Kone 3	561	561		137		100	
Kone 4	619	619		141	9	83	8
Järeärunkoinen päätehakkuu							
Kone 1	458	458		164		99	1
Kone 2	533	533		252	96	2	2
Kone 3	502	502		234	0,5	99	0,5
Kone 4	435	435		231	4	92	4
Kone 5	890	890		397	2	97	1

3.1.2 Koneet

Kaikki painot ovat valmistajien ilmoittamia tai esitteistä otettuja. Korjurit olivat perusrakenteiltaan varsin erilaisia. Pika ja Valmet olivat korjureiksi rakennettuja ja varustettu pyörivillä ohjaamoilla. Moision ratkaisu oli kuormatraktoriin asennettu korjuukoura. Tässä koneessa ohjaamo oli kiinteä. Ässässä oli tavanomaisesta hakkuukoneesta tehty kääntyväohjaamoinen ja siihen liitetty peräkoukulla perävaunu. Sekä hakkuukoneessa että perävau-
nussa oli omat nosturit, toinen hakkuuseen ja toinen kuormaukseen. Näin sekä hakkuulaite että puutavarakoura olivat tavanomaisia. Ponsse Buffalo Dual on koneyhdistelmä, joka toimii ensin hakkuukoneena ja muutetaan sit-
ten kuormatraktoriksi. Alustakone on alun perin tavanomainen kuormatrak-
tori, johon on tehty irrotettavat pankot ja sermi. Pikaliittimin varustettu ta-
vanomainen hakkuulaite vaihdetaan tavanomaiseen puutavarakouraan. Hak-
kuulaitetta ja puutavarakouraa varten on koneen mukana kuljetettava asen-
nusteline. Vaihto hakkuukoneesta kuormatraktoriksi kesti kokeissa 9 mi-
nuuttia ja kuormatraktorista hakkuukoneeksi 6 minuuttia.

Pika 728 Combin korjuukourana oli Pika 410. Koneen omapaino on 14 200 kg ja leveys 2,7 – 2,9 metriä. Nosturina oli Pika 100, jonka ulottuvuus on 10 metriä. Kuormatilan poikkipinta-ala on 4,15 m².

Ponsse Buffalo Dualin omapaino on hakkuukoneena 15 700 kg ja kuormatraktorina 16 400 kg. Koneen leveys on 2,67 – 2,96 metriä. Kuormatilan poikkipinta-ala on 4,8 m². Hakkuulaitteena oli Ponsse H53, joka painaa 850 kg. Puutavarakoura oli HSP Gripen 28 ja nosturi Ponsse K90, jonka ulottuvuus on 10 metriä.

Valmet 801 Combin korjuukourana oli Valmet 330 DUO, jonka paino on 635 kg. Peruskoneen omapaino on noin 16 000 kg ja leveys 2,8 metriä. Valmetissa oli myös korjuria varten kehitetty nosturi, jonka ulottuvuus oli tavallista pidempi, 11 m. Kuormatilan poikkipinta-ala on 4,6 m².

Moision korjurissa korjuukoura oli Moipu 400. Alustakoneena oli vuosimallin 2000 Ponsse Bison, jonka omapaino on 15 900 kg ja leveys 2,67 – 2,96 metriä. Nosturin ulottuma oli 10 metriä. Kuormatilan poikkipinta-ala on 4,8 m².

ProSilva Oyj:n korjurissa olleen Ässä-hakkuukoneen omapaino on 9 000 – 12 000 kg. Hakkuulaitteena oli Foresteri 25 RH, joka painaa 770 kg. Hakkuukoneen nosturina oli Foresteri H1395 ja kuormausnosturina Patu F700. Puutavarakourana oli Hultdins GLC 22. Kone oli prototyyppi, jota kehitetään edelleen. Kuormatilan poikkipinta-ala on 3,8 m². Hakkuukonenosturin ulottuma oli 9,8 metriä ja puutavaranosturin 10,2 metriä.

Koneita oli huhtikuussa 2003 toimitettu valmistajien ilmoituksen mukaan seuraavasti:

- Ponsse: kokeessa ollutta Buffalo Dualia toimitettu 25 kpl ja Carobou Dualia 3 kpl
- Valmet 801: toimitettu Suomeen 8 kpl, Ruotsiin 6 kpl ja muualle 4 kpl
- Pika: kokeessa ollutta 728-mallia toimitettu Suomeen 1 kpl ja ulkomaille 3 kpl, 828-mallia Suomeen 5 kpl ja ulkomaille 10 kpl
- Ässä: kyseinen koemalli on ainoa valmistettu
- Moipu 400
–korjuukoura: 10 kpl

Kaivukonealustaisista Kobelco 200 –malli painaa kauhavarustuksella 20 400 kg ja sen leveys on 0,6 metrin teloilla 2,99 metriä. Maavara on 0,45 metriä. Hakkuulaitteena ollut Foresteri 25 RH painaa 770 kg. Koneessa ei ole peräilytystä. Nosturin ulottuvuus oli 10,3 metriä.

Pienempi Kobelco 135 –malli painaa kauhavarustuksella 16 000 kg ja sen leveys on 0,8 metrin teloilla 2,84 metriä. Maavara on 0,6 metriä. Hakkuulaitteena ollut Foresteri 22 RH painaa 710 kg. Koneessa ei ole peräilytystä.

Harveri on pienikokoinen hytitön kauko-ohjattava kone, jolla tehdään hakkuu ja kuljetetaan ja kipataan pölkyt kuormatraktorin ajouran varteen. Koneen kuljettaja liikkuu sen sivulla ja ohjaa kaikkia koneen toimintoja kauko-ohjaimen avulla. Ohjaussignaalin kantavuus metsäisessä maastossa on 100 – 150 metriä. Kuormatraktorin ajouraväli voi olla jopa 50 – 60 metriä. Harveri toimii varsinaisten ajourien välissä poikkisuunnassa. Harverin omapaino on 3 600 kg ja leveys 1,8 – 2,0 metriä. Nosturina olleen Logmer 230:en ulottuvuus oli 3,1 metriä. Hakkuulaitteena oli Keto Forst.



Pika 728 ensiharvennuskohteessa. Lajittelukarikoilla vähemmistöpuutavaralajit voidaan pitää helpommin erillään pääpuutavaralajista.



Ponsse Buffalo Dual kuormatraktorina.



Valmet 801 ensiharvennuksessa.



Ässä kuormaamassa ensiharvennuksessa.



Kobelco 135 –kaivukonealustainen hakkuukone pääte-hakkuussa.



Harverilla työskentelyä.

3.1.3 Korjureiden työmenetelmävertailu

Työmenetelmiä verrattiin yhdellä korjurilla ensiharvennuksella. Vertailtavia työmenetelmiä oli kolme, joista yksi oli menetelmä, jota kuljettaja normaalisti käytti vastaavissa olosuhteissa. Tässä menetelmässä uraa aukaistaessa harvennettiin myös urien välinen alue ja takaisin tullessa kuormattiin puutavaralajit lajitellen kuormatilaan. Kohteelta tuli vain mänty- ja koivukuitua, jotka kuormattiin eri puolille kuormatilaa. Varastolla puutavaralajit purettiin eri kasoihin. Lajittelu korjuukouralla sujui hyvin. Korjuukoura on painavampana tavanomaista puutavarakouraa vakaampi, joten sillä näytti olevan helppo saada kouran leuka menemään juuri oikeasta paikasta puutavaralajien väliin.

Toisessa menetelmässä hakattiin ajouraa aukaistaessa myös urien välinen alue, mutta tässä vaiheessa otettiin jo vähemmistöpuutavaralajina ollut koivukuitu kyytiin. Mäntykuitu kuormattiin takaisin palatessa. Näin puutavaralajit olivat kuormatilassa kahdessa kerroksessa ja ainakin periaatteessa helpommin varastolla lajiteltavissa. Tosin voi olla, että lajittelun rajapintana vierekkäin olevat tavaralajit ovat helpompia kuin päällekkäin olevat.

Kolmannessa työmenetelmässä mennessä aukaistiin vain ajoura ja poistettiin korkeintaan joitakin uranvieruspuita. Takaisin tullessa hakattiin urien välisen alueen poistettavat puut siten, että tavaralajit pyrittiin sijoittamaan niihin kasoihin, jotka olivat syntyneet jo ajouraa aukaistaessa

3.1.4 Muut korjureiden työmenetelmät

Koska tässä tutkimuksessa ei ollut tarkoitus verrata koneita tai konemerkkejä keskenään, kuvataan työmenetelmiäkin pääsääntöisesti vain yleisesti. Harvennuksessa käytettiin seuraavanlaisia työmenetelmiä. Yhdellä koneella avattiin ensin ajoura kuormatilan takaa eli edettiin uraa kuormatila edellä. Palatessa hakattiin ajourien välialueet ja kuormattiin puutavara. Toisella koneella edettiin harvennuksella keula edellä ja avattiin ajoura sekä harvennettiin samalla kertaa myös urien välialue. Puutavaralajit kuormattiin samantien eri osiin kuormatilaa; vähemmistöpuutavaralajit kuormatilan reunoille. Eräällä koneella kuljettaja oli tottunut ensiharvennuksessa toimimaan siten, että ensin tehtiin hakkuu ja takaisin tullessa kuormaus. Muussa harvennuksessa otettiin hakkuuvaiheessa kyytiin pääpuutavaralajina ollut tukki ja muut puutavaralajit noudettiin erikseen sekakuormina.

Päätihakkuussa hakkuun edetessä kuormattiin kaikki puutavaralajit kyytiin ja tavaralajit lajiteltiin varastolla. Päätihakkuussa saatettiin myös ottaa hakkuuvaiheessa kyytiin pelkästään tukki ja muut puutavaralajit juonnettiin joko omina tai sekakuormina. Edelleen päätihakkuussa voitiin ottaa hakkuuvaiheessa kyytiin jokin muu sopiva puutavaralaji. Toisella kerralla kuormattiin loput puutavaralajit ja juonnettiin varastolle tai jos kuorma ei täyttynyt, jatkettiin taas hakkuulla.

Ponsse poikkesi muista koneista merkittävästi ja sillä tehtiin ensin normaalin hakkuukoneen tapaan hakkuu, muunnettiin kone sitten varastopaikalla kuormatraktorivarustukseen ja juonnettiin puutavara kuten tavanomaisella kuormatraktorilla. Osalla kohteista pääpuutavaralajit kuormattiin ja kuljetettiin omina kuorminaan. Vähemmistöpuutavaralajit juonnettiin sekakuormina.

3.2 Tutkimusmenetelmä

Tuottavuudet selvitettiin kelloaikatutkimuksin vertailevan aikatutkimuksen periaattein. Koneilta selvitettiin aikatutkimuksilla hakkuun ja metsäkuljetuksen tai pelkän hakkuun tehoajan jakauma. Hakkuuta ja metsäkuljetusta seurattiin työvaiheittain. Työvaiheet olivat: hakkuulaitteen vienti ja puun kaato, puun siirto käsittelypaikkaan ja karsinta-katkonta-lajittelu, alikasvoksen raivaus, kuormaus, siirtymiset palstalla, ajo tyhjänä, ajo kuormattuna, ajo purettaessa, purkaminen, järjestelyt ja häiriöt. Korjurilla ei voi aina erottaa tarkalleen, onko siirtyminen hakkuuseen vai kuormaukseen liittyvää, joten siirtymisaikaa on käsitelty yleensä yhtenä; paitsi jos korjurilla on toimittu siten, että ensin on tehty hakkuu ja takaisin tullessa kuormaus. Harverilla yhtenä työvaiheena oli myös kuormatilan tyhjentäminen kippaamalla.

Hakkuulaitteen vienti puulle ja puun kaato sekä puun siirto, karsinta, katkonta ja lajittelu olivat työvaiheita, joiden ajanmenekit määritettiin rungon koosta riippuvina. Yksittäisten runkojen ajanmenekkien perusteella laadittiin ajanmenekkiäyrät. Nämä kuvasivat ajanmenekin riippuvuutta rungon tilavuudesta ko. työvaiheissa.

Alikasvoksen raivaus, järjestelyt ja häiriöt määritettiin vakioiksi runkoa kohti. Näin myös siirtyminen hakkuussa, jos se oli erotettavissa. Siirtyminen kuormauksessa ja loput muut ajanmenekit määritettiin tilavuutta kohti. Esimerkiksi kuormausajanmenekkiä ei siten pyritty erottelemaan erikseen tukin ja kuitupuun tai eri puutavaralajien suhteen, vaan sitä on käsitelty kokonaisuutena tilavuutta kohti. Näin menetellen työvaiheittaisissa ajanmenekeissä on koko ajan sisällä se, mitä työssä todella on tapahtunut. Jos jollakin koneella on esimerkiksi ollut työvaiheiden limittymistä tai mitä muuta syytä tahansa, josta johtuen on saavutettavissa ajanmenekin säästöä, ne tulevat näin suoraan otetuiksi huomioon. Tällä laskentamenetelmällä ei voida yhteismitallistaa sitä, jos eri koneilla on samanlaisissa olosuhteissa ollut eri määrä tavaralajeja.

Rungon kooksi asetettiin rungon käyttöosan tilavuus. Kunkin rungon ajanmenekki muodosti oman havaintonsa.

Lopulliset tuottavuudet määritettiin siten, että kaikkien niiden koneiden, jotka olivat kyseisessä olosuhteessa työskennelleet, hakkaamat rungot yhdistettiin ja koneen kokonaisajanmenekki ja sitä kautta tuottavuus laskettiin tällä yhdistetyllä runkolukusarjalla. Metsäkuljetusmatkana käytettiin 250 metriä. Kaikille korjureille käytettiin samoja ajonopeusfunktioita, jotka perustuivat tässä tutkimuksessa kerättyihin aineistoihin, mutta funktion muoto otettiin Metsätehon aiemmasta metsäkuljetusta koskeneesta laajemmasta selvityksestä. Ajonopeudet määritettiin erikseen harvennukselle ja päätehakkuulle.

Ajouranvarsitiheydet määritettiin sen mukaan, kuinka paljon koneella oli toteutunutta siirtymismatkaa joko hakkuussa ja kuormauksessa tai pelkääntään kuormauksessa riippuen työmenetelmästä. Näin määritettyä ajouranvarsitiheyttä yhdenmukaistettiin siten, että kunkin koneen kunkin olosuhteen ajouranvarsitiheyksiä korjattiin kertoimella, joka saatiin jakamalla kyseisen kohteen kertymä kaikkien samanlaisten olosuhteiden kertymien keskiarvolla.

Koneita verrattiin kustannuksiltaan perinteiseen korjuuketjuun tai hakkuukoneeseen. Vertailun lähtökohtana perinteiselle ketjulle ja hakkuukoneelle olivat samat olosuhteet kuin korjureilla, kaivukonealustaisilla hakkuukoneilla ja Harverilla.

Koneiden käyttötuntikustannukset määritettiin 2 538 vuotuiselle käyttötunnille. Harverin käyttötuntikustannukset määritettiin lisäksi 1 600 tunnille, joka vastaa lähinnä yksivuorotyötä. Näin siksi, että on todennäköistä, että useat yrittäjät tekevät Harverilla vain yhtä vuoroa.

Koneiden mittalaitteiden tarkkuudet oli tarkastettu ja tarvittaessa kalibroitu ennen kenttäkokeita.

Ajanmenekki muutettiin käyttöajanmenekiksi aiempiin Metsätehon seurantatutkimuksiin perustuvalla kertoimella 1,36. Kerroin muuttaa aikatutkimuksen perusteella saadun tuottavuuden seurannassa todetuksi käytännön tuottavuudeksi. Kerroin siis huomioi sen, että lyhytaikaisilla aikatutkimuksilla saadaan yleensä selvästi suuremmat tuottavuudet, kuin mitä tuottavuus on pidemmällä aikavälillä käytännössä.

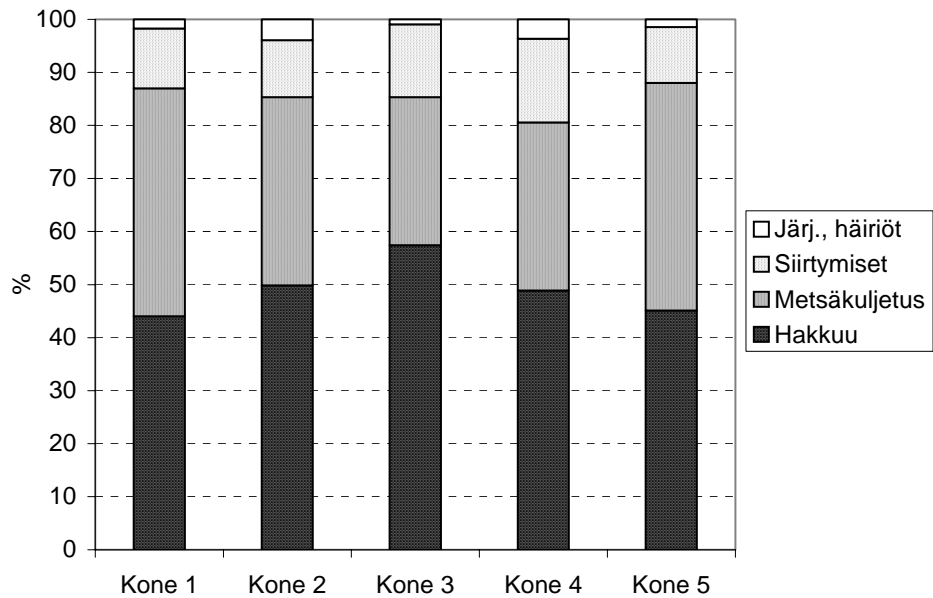
4 TULOKSET

4.1 Korjurit

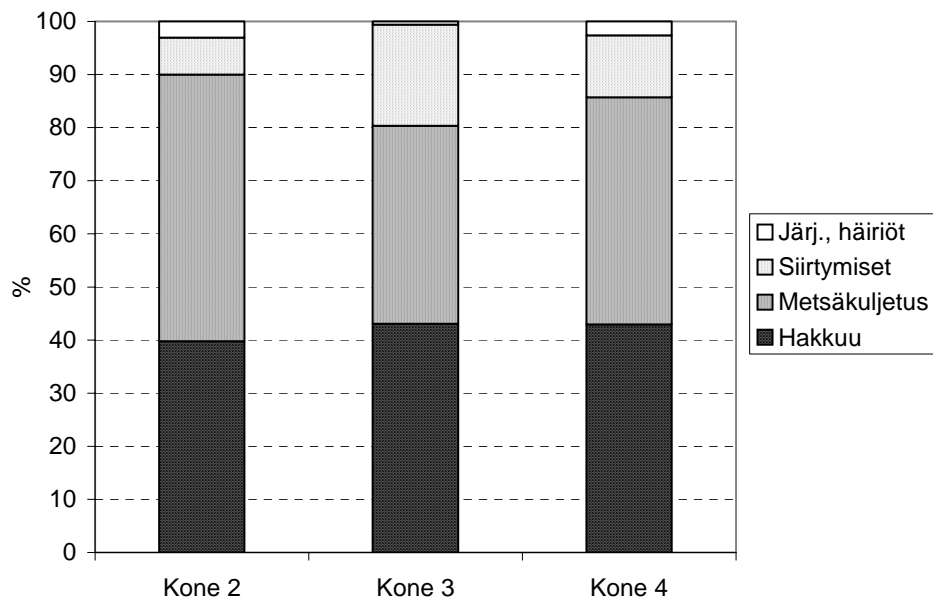
4.1.1 Ajanmenekki

Korjurin ajanmenekki muodostuu kahdesta päätyövaiheesta: hakkuusta ja metsäkuljetuksesta. Lisäksi aikaa kuluu ns. muihin työvaiheisiin (järjestelyt, häiriöt ja raivaus), joita ei voida kohdistaa suoraan kummallekaan päätyövaiheelle. Ensimmäisessä Metsätehon kuormatraktorialustaista koskeneessa korjuritutkimuksessa metsäkuljetukseen kului enemmän aikaa kuin hakkuuseen (Metsätehon raportti 26). Myös toisessa korjureita selvittäneessä tutkimuksessa (Metsätehon raportti 121) näin oli kuormatraktorialustaisella korjurilla. Sen sijaan pyöriväohjaamoisella konetyypillä hakkuun ajanmenekki oli tässä toisessa tutkimuksessa metsäkuljetusta suurempi. Tässä tutkimuksessa työvaihejaottelutarkastelu tehtiin hakkuutavoittain. Työvaiheet jaoteltiin hakkuuseen, metsäkuljetukseen, hakkuun ja metsäkuljetuksen aikaisiin siirtymisiin sekä järjestelyihin ja häiriöihin (kuvat 1, 2, 3 ja 4 sekä kuvat 5, 6, 7 ja 8). Siirtymiset esitettiin yhtenä, koska kaikissa korjureiden työmenetelmissä niitä ei voi erottaa aikatutkimuksessa toisistaan.

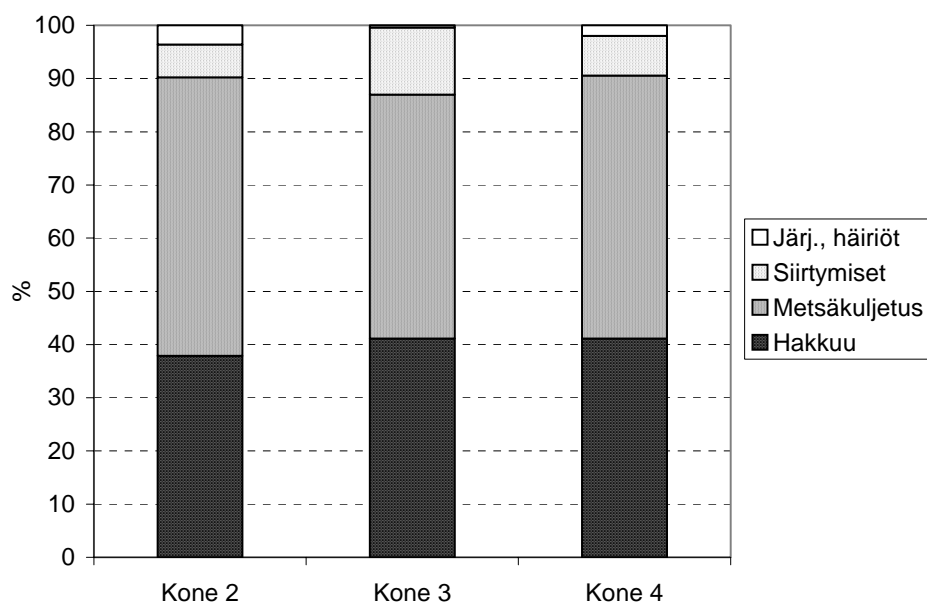
Hakkuun ajanmenekin osalta suurimmat koneiden väliset erot olivat järeimmässä päätehakuussa. Koneella 3 metsäkuljetusvaihe oli toisiinsa nähden jonkin verran tehokkaampaa. Järeämpään puustoon siirryttäessä metsäkuljetuksen suhteellinen osuus luonnollisesti kasvaa hakkuuseen nähden. Ponsella, jolla hakkuu ja metsäkuljetus tehdään aina erillisinä työvaiheina, siirtymiseen sisällytettiin myös hakkuukoneella ajo palstalle ja takaisin.



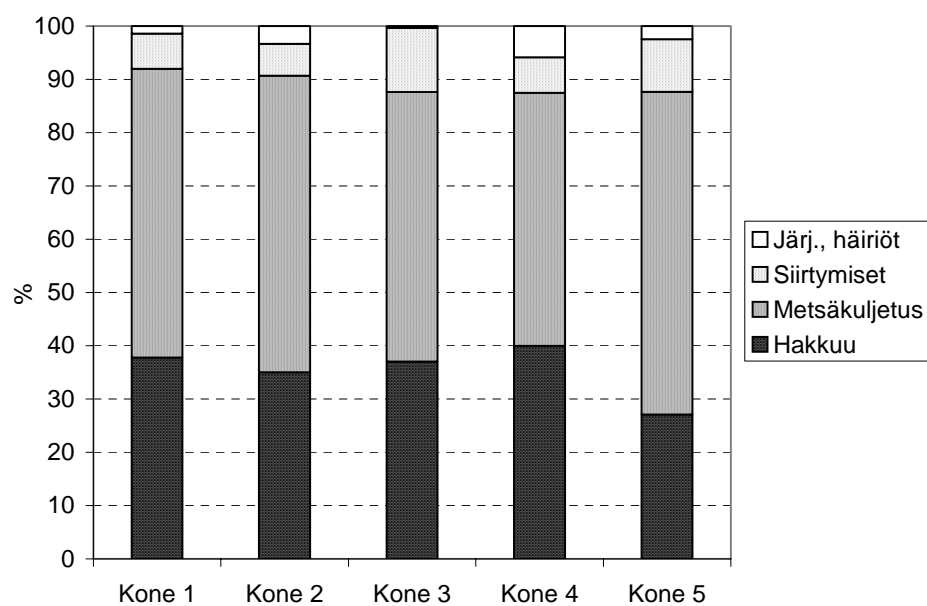
Kuva 1. Ajanmenekijakauma ensiharvennuksessa.



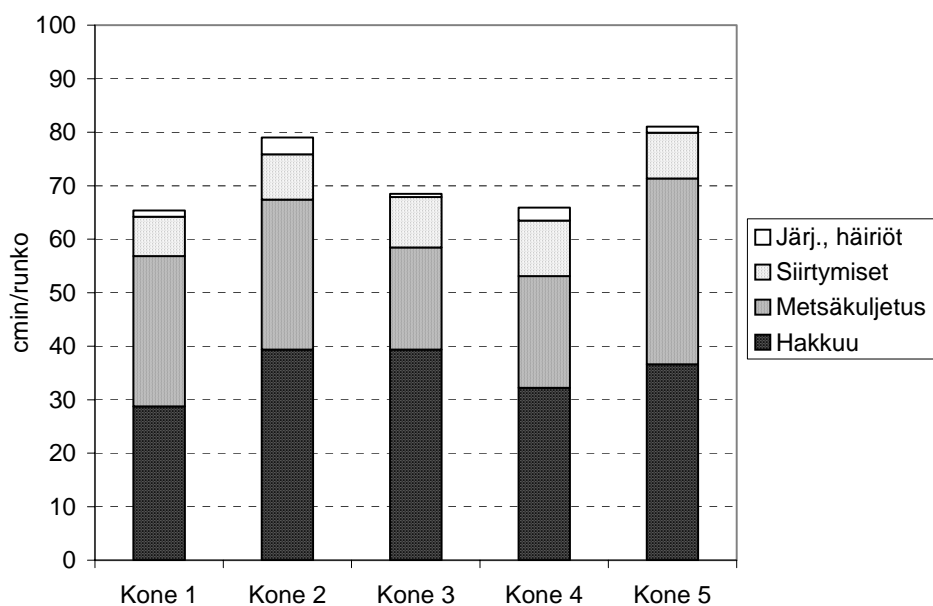
Kuva 2. Ajanmenekijakauma muussa harvennuksessa.



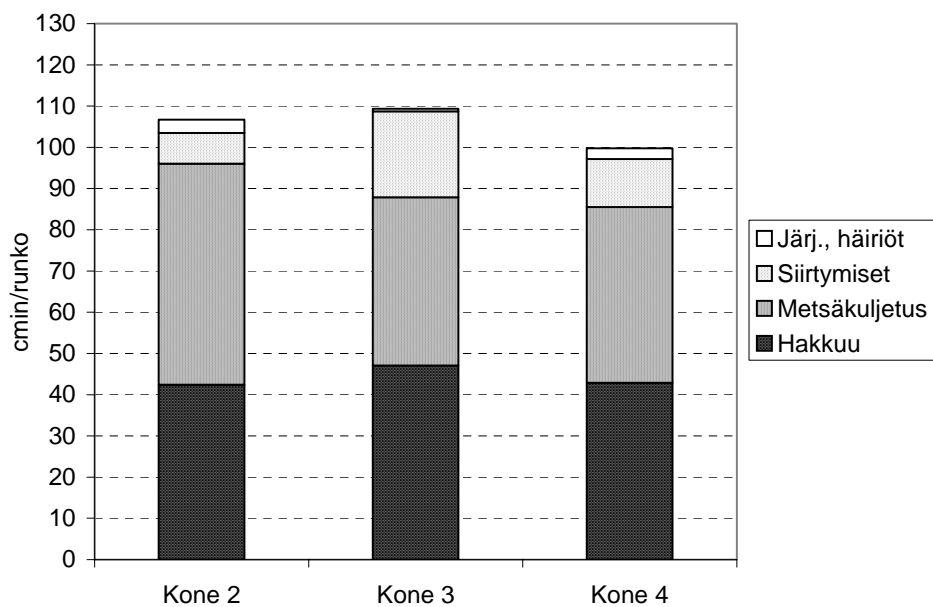
Kuva 3. Ajanmenekijakauma pienirunkoisessa päätehakuussa.



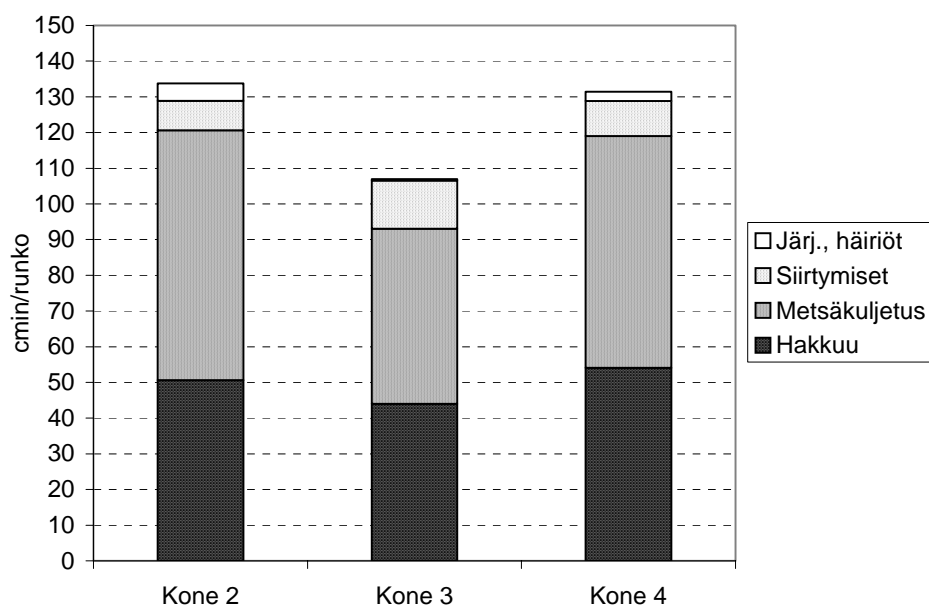
Kuva 4. Ajanmenekijakauma järeärunkoisessa päätehakuussa.



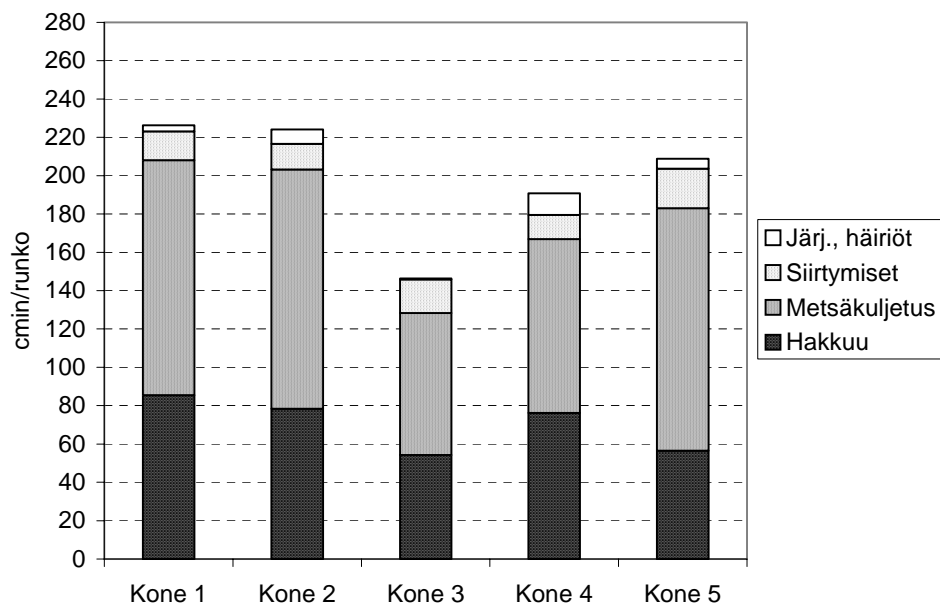
Kuva 5. Työvaiheittaiset ajanmenekit ensiharvennuksessa.



Kuva 6. Työvaiheittaiset ajanmenekit muussa harvennuksessa.

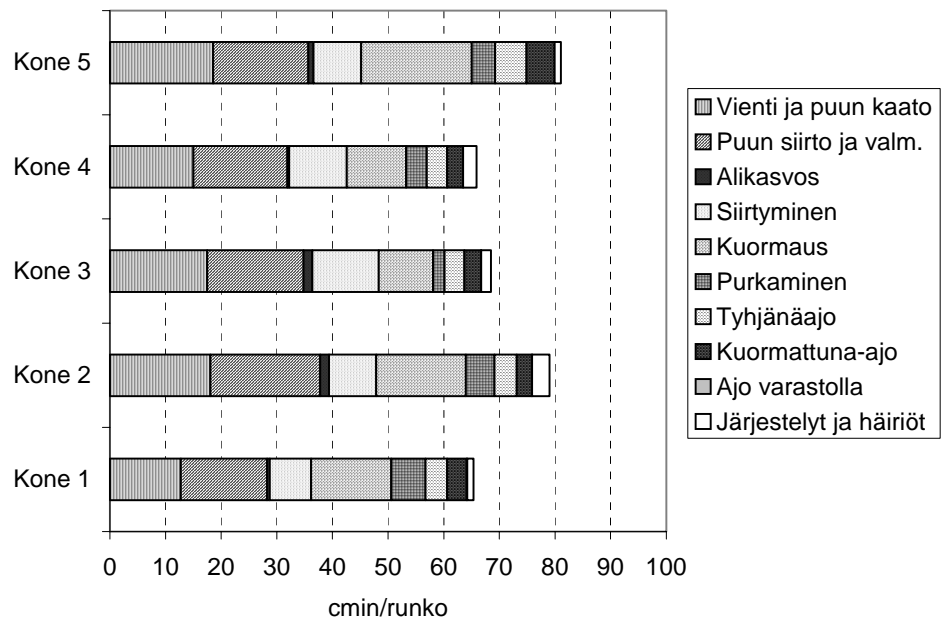


Kuva 7. Työvaiheittaiset ajanmenekit pienirunkoisessa päätehakuussa.

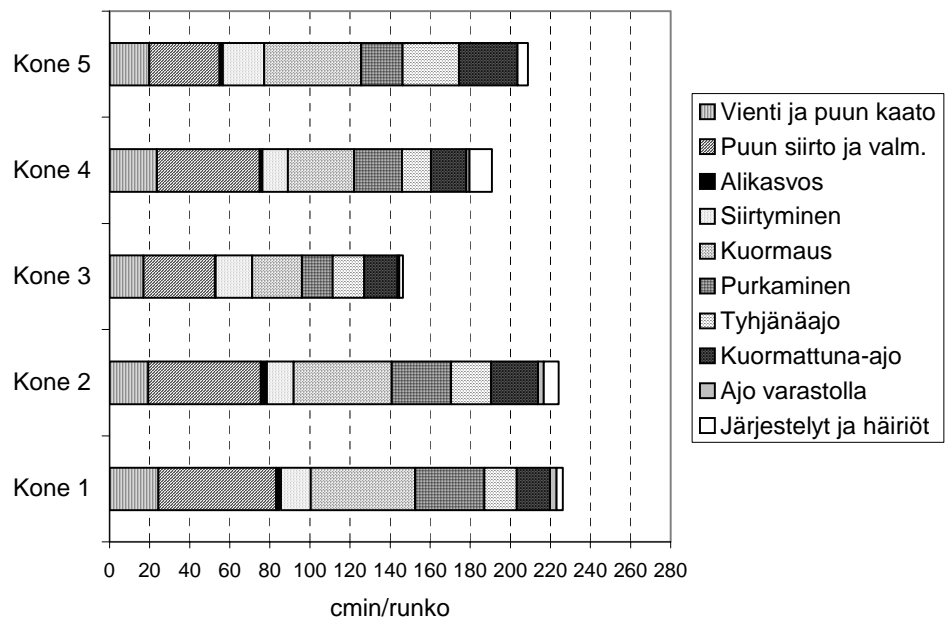


Kuva 8. Työvaiheittaiset ajanmenekit järeärunkoisessa päätehakuussa

Kuvissa 9 ja 10 on esitetty yksityiskohtaiset työvaiheittaiset ajanmenekit ensiharvennuksessa ja järeärunkoisessa päätehakuksessa.



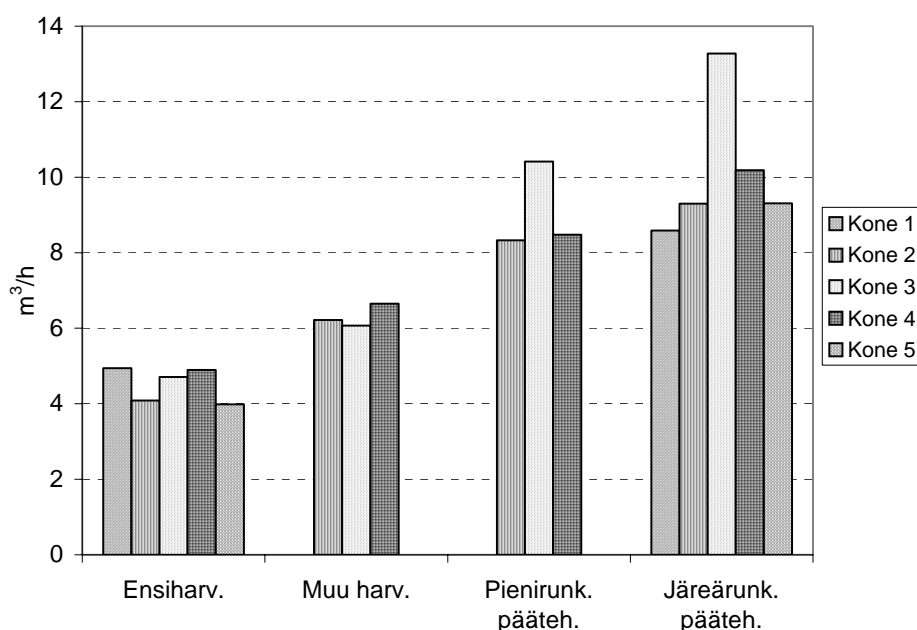
Kuva 9. Yksityiskohtaiset työvaiheittaiset ajanmenekit ensiharvennuksessa.



Kuva 10. Yksityiskohtaiset työvaiheittaiset ajanmenekit järeärunkoisessa päätehakuksessa.

4.1.2 Tuottavuus

Tuottavuus korjurilla on se puumäärä, joka koneella pystytään korjaamaan tietyssä aikayksikössä. Tuottavuudet eri olosuhteissa on esitetty kuvassa 11. Metsätehon edellisessä korjureita koskevassa tutkimuksessa (Metsätehon raportti 121) pyöriväohjaamoisella korjurilla käyttötuntituottavuus sadan litran rungon koolla oli noin 4,8 m³/h ja kuormatraktorialustaisella noin 4,3 m³/h. Tässä tutkimuksessa vastaavalla rungon koolla tuottavuudet vaihtelivat välillä 4 – 5 m³/h. Tuottavuus oli siten hyvin samaa tasoa. Vastaavasti 150 litran rungon koolla edellisessä tutkimuksessa käyttötuntituottavuus oli pyöriväohjaamoisella korjurilla noin 6 m³/h ja kuormatraktorialustaisella 5 m³/h. Muussa harvennuksessa tässä raportoitavassa tutkimuksessa kaikki koneet pääsivät yli 6 kuutiometrin käyttötuntituottavuuteen.



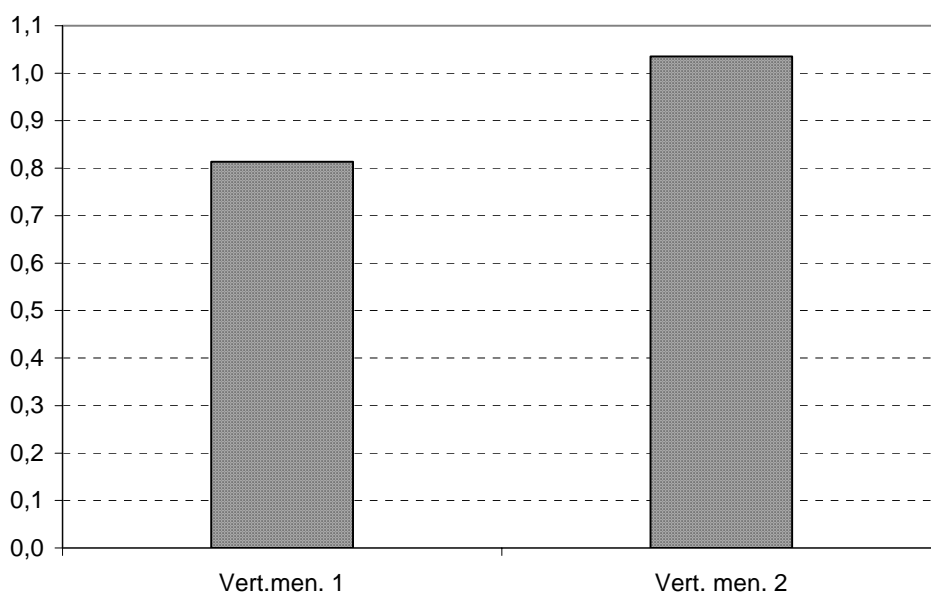
Kuva 11. Käyttötuntituottavuudet korjureilla.

Hakkuukoneen ja kuormatraktorin tuottavuudet kuvan 11 vastaavissa olosuhteissa on esitetty taulukossa 2. Ketjun tuottavuudella tarkoitetaan tässä sitä määrää, minkä hakkuukone ja kuormatraktori korjaavat, kun niiden työskentelyaika yhteensä on tunti.

TAULUKKO 2 Hakkuukoneen, kuormatraktorin ja ketjun tuottavuudet

Olosuhde	Käyttötuntituottavuus, m ³ /h			Työskentelyaikaosuus, h	
	Hakkuukone	Kuormatraktori	Ketju	Hakkuukone	Kuormatraktori
Ensiharvennus	6,6	12,8	4,3	0,66	0,34
Muu harvennus	11,8	12,6	6,1	0,52	0,48
Pienirunkoinen päätehakkuu	16,3	15,0	7,8	0,48	0,52
Järeärunkoinen päätehakkuu	22,1	15,8	9,2	0,42	0,58

Työmenetelmävertailussa vertailumenetelmä 1 osoittautui heikommaksi tuottavuudeltaan kuin kuljettajan tavanomainen menetelmä (kuva 12). Vaikka menetelmiä kokeiltiin samalla palstalla, oli vertailumenetelmän 1 palstaosuudella heikommät olosuhteet. Tämä voi osaltaan vaikuttaa tulokseen, vaikka tuottavuudet onkin määritetty täysin samoilla runkolukusarjoilla. Vertailumenetelmä 2 oli sen sijaan jopa hieman parempi kuin kuljettajan tavanomainen menetelmä. Kun otetaan huomioon, että kuljettaja ei edes harjoitellut koetilanteessa menetelmää 2, voidaan olettaa, että se on vähintään kilpailukykyinen perinteiseen menetelmään verrattuna. Tämä menetelmä hyödyntää nimenomaan sitä ominaisuutta, jossa korjurilla pitäisi saavuttaa etua perinteiseen ketjuun verrattuna, nimittäin työvaiheitten limittämistä. Tällöinhän on mahdollista limittää hakkuu- ja kuormaustyövaiheita.



Kuva 12. Kokeiltujen työmenetelmien suhteellinen tuottavuus kuljettajan tavanomaiseen menetelmään (= 1,0) verrattuna. Tavanomaisessa menetelmässä tehtiin ensin hakkuu ja palatessa kuormaus. Vertailumenetelmässä 1 otettiin vähemmistöpuutavaralajina ollut koivukuitu kuormaan hakkuuvaiheessa ja mäntykuitu kuormattiin takaisin palatessa. Vertailumenetelmässä 2 avattiin ensin ajoura ja takaisin tullessa hakattiin välialue ja kuormattiin molemmat puutavaralajit.

4.1.3 Kustannusvertailu

Korjuukustannukset määritettiin Metsäteho Oy:n korjuun kustannuslaskentaohjelmalla. Olosuhteina korjuuketjulle käytettiin tutkimuskohteiden keskimääräisiä olosuhteita. Perinteisen ketjun laskelmissa taustalla olivat Metsätehon aiemmat aineistoiltaan laajat maksuperuste- ja harvennushakkuututkimukset.

Tuntikustannusten määrittämiseksi asetettiin vuotuisiksi käyttötunneiksi 2 538. Harvennusten osuus oli 70 % ja keskimääräinen työmaan koko 200 m³. Keskimääräinen rungonkoko päätehakkuussa oli kaikilla puulajeilla

315 dm³ ja harvennushakkuussa 79 dm³. Päätehakkuiden ajateltiin olevan 90 %:sti kuusta ja loput lehtipuuta. Harvennuksissa puolestaan oletettiin olevan 90 % mäntyä ja loput lehtipuuta. Tämä vastasi kutakuinkin korjureiden koeolosuhteita.

Hakkuukoneen ja kuormatraktorin hankintahintoina käytettiin tuntikustannuslaskelman koneiden hintoja, jotka ovat keskiarvoja useilta valmistajilta saaduista koneiden hinnoista. Muille koneille käytettiin valmistajien ilmoittamia hintoja (taulukko 3). Korjureista kallein on Valmet 801, joka maksaa lähes 30 % enemmän kuin tavanomainen hakkuukone ja kaksi kertaa niin paljon kuin tavanomainen kuormatraktori. Ponsse Buffalo Dual on toiseksi kallein ja senkin hinta nousee kymmenyksen suuremmaksi kuin tavanomaisen hakkuukoneen. Pika on ainut sarjavalmisteisista koneista, joka jää tässä laskelmassa hakkuukonetta edullisemmaksi. Selvästi edullisin on kuormatraktorin alustalle rakennettava Moisio-koneversio. Moisio-hinta tarkoittaa koneen kokonaishintaa uuteen alustakoneeseen asennettuna, kun alustakone on jo tehty korjuriksi. Mikäli korjuukouran asennus tehdään jälkikäteen, on hinta noin 10 000 euroa suurempi. Myös Ässä-hinta on edullisempi kuin tavanomaisen hakkuukoneen.

TAULUKKO 3 Koneiden arvonverolisättömät hinnat. Huom! Koneiden järjestys ei ole sama kuin kuvissa, joissa koneet on esitetty numeroin

	Koneen hinta, (alv. 0), €	Vertailu keskim.	Vertailu hakkuukoneeseen	Vertailu kuormatraktoriin
Pika	265 000	0,93	0,92	1,48
Ponsse	313 000	1,10	1,09	1,75
Valmet	372 000	1,31	1,29	2,08
Moisio	222 500	0,78	0,77	1,25
Ässä	250 000	0,88	0,87	1,40
Keskimäärin	284 500	1,00	0,99	1,59
Hakkuukone	288 000		1,00	1,61
Kuormatraktori	178 500			1,00

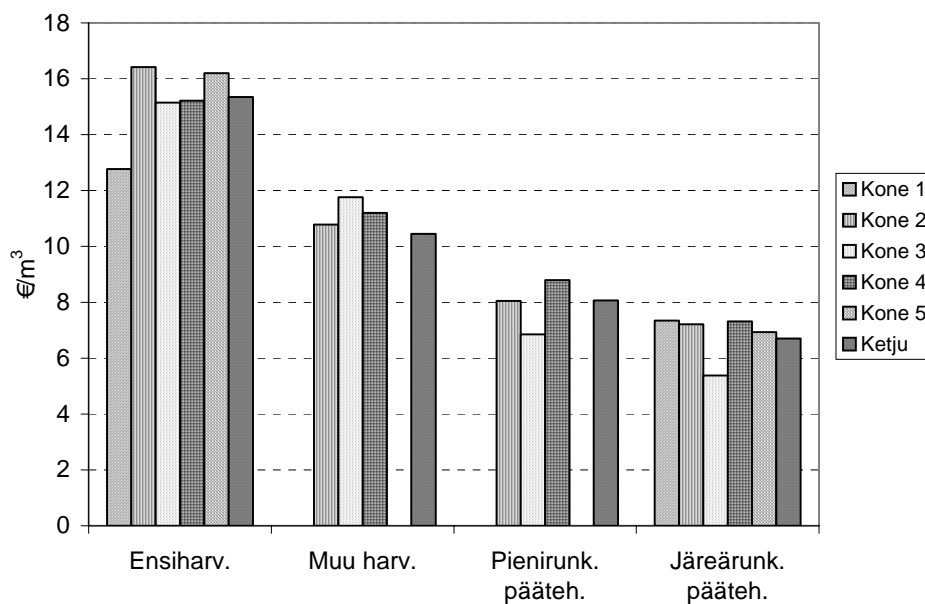
Korjureiden käyttöikäniä laskelmissa oli hakkuukoneen ja kuormatraktorin keskiarvo eli 13 000 käyttötuntia. Korjuukouran käyttöikä asetettiin 6 500 käyttötunniksi. Korjurin korjauskulujen arvioitiin myös olevan hakkuukoneen ja kuormatraktorin vastaavien keskiarvo. Vakuutusmaksut oletettiin 60:ksi, hallintokulut 70:ksi, matkakustannukset 50:ksi ja siirtokustannukset 50 prosentiksi perinteisen ketjun kustannuksista. Lisäksi teräketjuöljyn kulutus laskettiin 50 prosentiksi käyttötuntia kohden verrattuna ketjuun.

Tuntikustannuksina koneiden hinnat selvästi tasoittuvat ja on erityisesti merkillepantavaa, että tuntikustannukset korjureilla ovat lähes poikkeuksetta jo alempia kuin tavanomaisella hakkuukoneella (taulukko 4). Tämä johtuu siitä, että osa muuttuvista kustannuksista, kuten edellä on kuvattu, on pienempiä kuin perinteisellä ketjulla toimittaessa. Pääomakustannuksethan muodostavat noin kolmanneksen tuntikustannuksista, joten myös muilla tekijöillä on suuri merkitys tuntikustannuksiin. Osaltaan tähän vaikuttaa myös se, että korjurin käyttöikä on oletettu 1 000 tuntia suuremmaksi kuin hakkuukoneen.

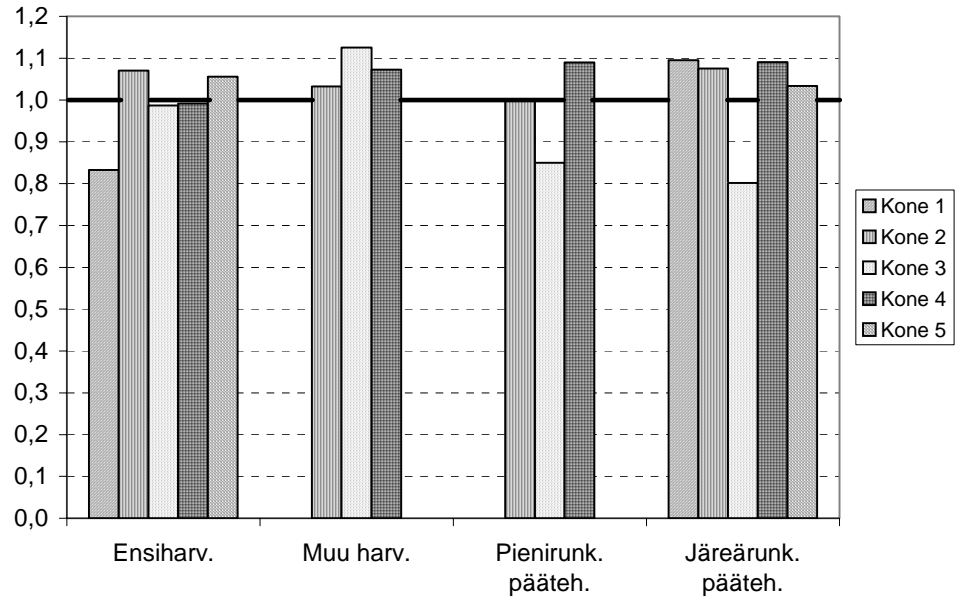
TAULUKKO 4 Koneiden tuntikustannushinnat

	€/h	Vertailu keskim.	Vertailu hakkuukoneeseen	Vertailu kuormatraktoriin
Pika	67,06	0,98	0,92	1,25
Ponsse	71,33	1,05	0,97	1,33
Valmet	74,48	1,09	1,02	1,39
Moisio	63,08	0,93	0,86	1,18
Ässä	64,48	0,95	0,88	1,20
Keskimäärin	68,09	1,00	0,93	1,27
Hakkuukone	73,28		1,00	1,37
Kuormatraktori	53,63			1,00

Korjureilla päästiin joissakin tapauksissa alempiin kustannuksiin kuin perinteisellä ketjulla (kuvat 13 ja 14). Yksittäisten koneiden osalta vertailut ovat luonnollisesti epävarmoja, koska ne perustuvat vain yhden kuljettajan ja kussakin olosuhteessa vain yhden koekohteen tulokseen. Tuloksia onkin syytä tarkastella enemmän kokonaisuutena.



Kuva 13. Korjuukustannukset korjureilla ja hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamalla perinteisellä ketjulla.



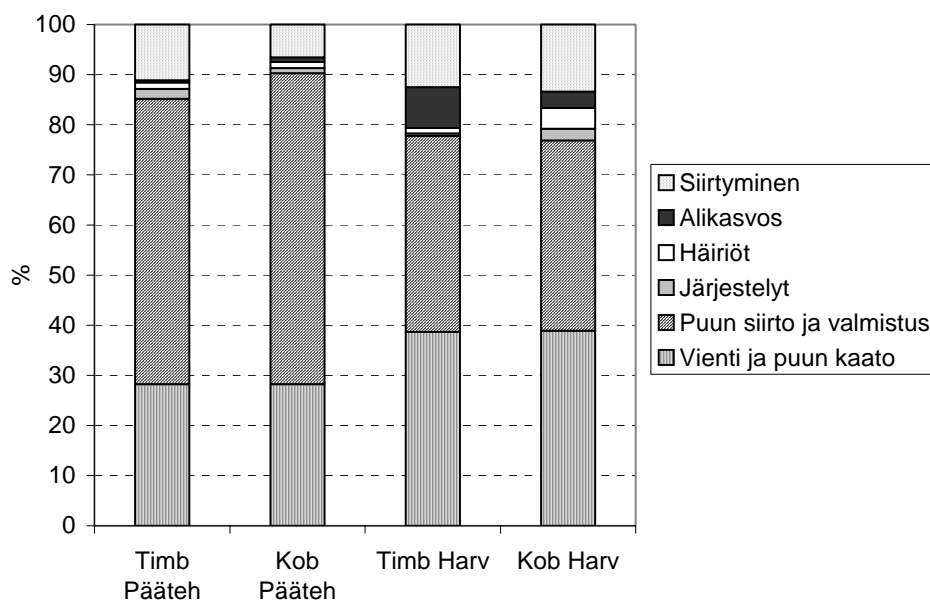
Kuva 14. Korjureiden suhteelliset korjuukustannukset perinteiseen ketjuun (=1,0) verrattuna.

4.2 Kaivukonealustaiset hakkuukoneet

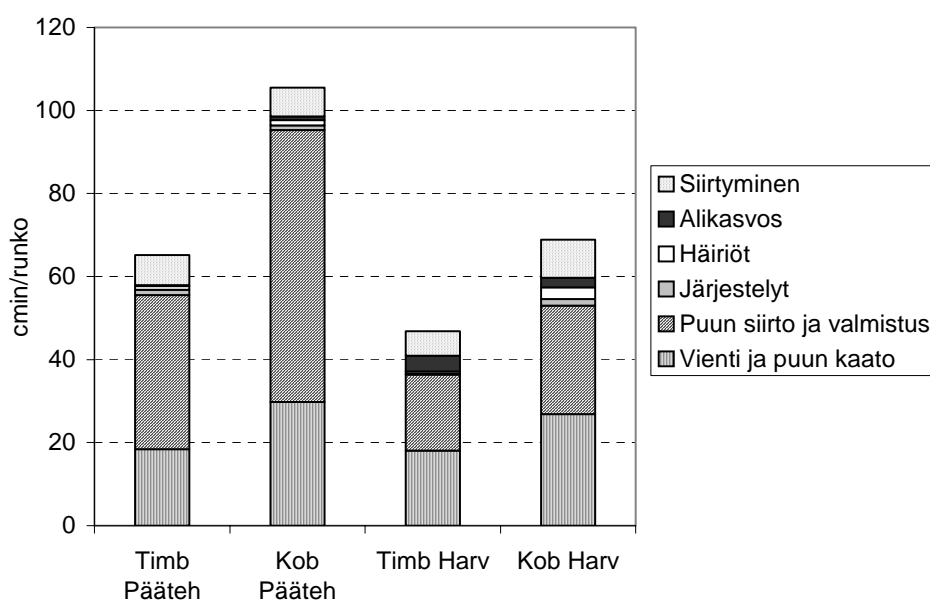
4.2.1 Ajanmenekki

Kobelco SK200SRLC / Foresteri 25RH

Kuvan 15 mukaan kaivukonealustaisella Kobelco 200 –hakkuukoneella käytettiin suhteellisesti hieman enemmän aikaa päätehakkuulla puun siirtoon ja valmistukseen kuin Timberjackilla. Harvennuksella ajanmenekin osuudet olivat verrattain tasaiset lukuun ottamatta sitä, että Timberjackilla alikasvoksen raivauksen osuus oli suurempi. Työvaiheittaisissa absoluuttisissa ajanmenekeissä Kobelcolla ajanmenekit olivat sekä vienti ja puun kaato –työvaiheessa että puun siirto ja valmistus –työvaiheessa selvästi suuremmat kuin Timberjackilla (kuva 16).



Kuva 15. Ajanmenekijakaumat Kobelco 200:lla ja Timberjackilla.

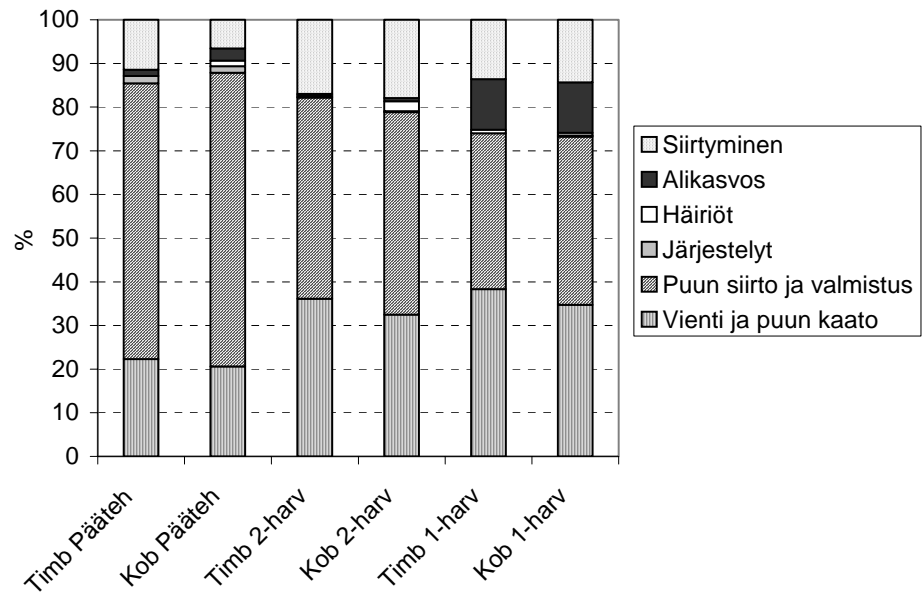


Kuva 16. Työvaiheittaiset ajanmenekit Kobelco 200:lla ja Timberjackilla.

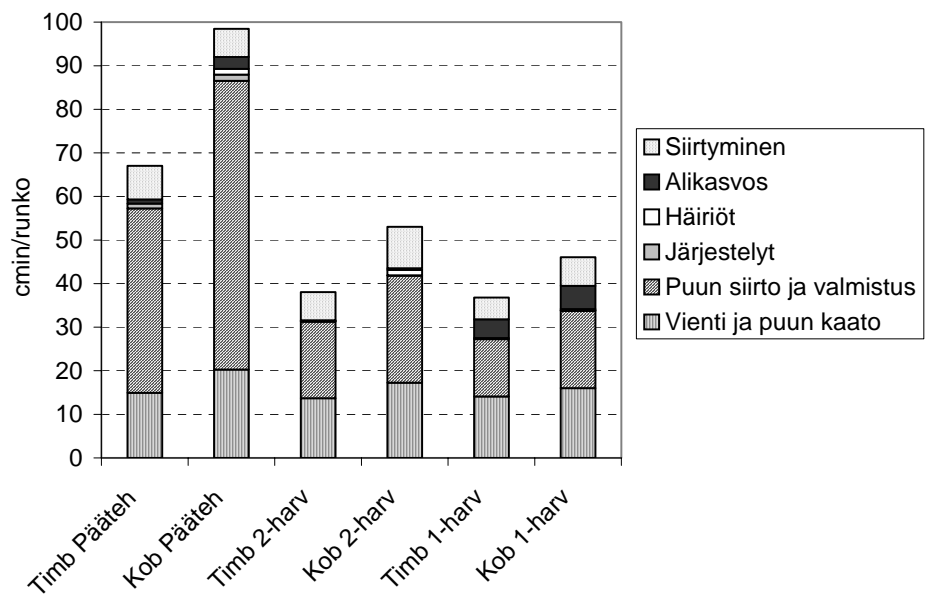
Kobelco SK135SRL / Foresteri 22RH

Suhteelliset ajanmenekijakaumat Kobelco 135 ja Timberjack 1270 –hakuukoneilla olivat verrattain samankaltaiset (kuva 17). Ainoastaan päätehakuussa Kobelcon ajankäytöstä suurempi osa meni puun siirtoon ja valmistukseen kuin Timberjackilla. Absoluuttisissa työvaiheittaisissa ajanmenekeissä Kobelcolla aikaa meni säännöllisesti vienti ja puun kaato

–työvaiheeseen sekä puun siirto ja valmistus –työvaiheeseen enemmän kuin Timberjackilla (kuva 18). Erityisen selvä ero oli päätehakkuun työvaiheessa puun siirto ja valmistus.



Kuva 17. Ajanmenekijakaumat Kobelco 135:lla ja Timberjackilla.



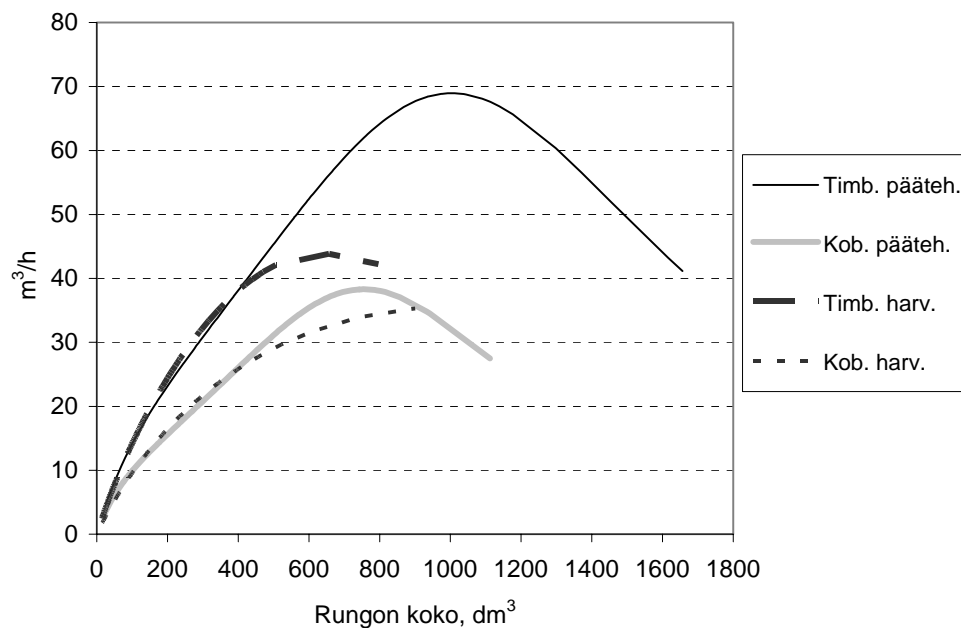
Kuva 18. Työvaiheittaiset ajanmenekit Kobelco 135:lla ja Timberjackilla.

4.2.2 Tuottavuus

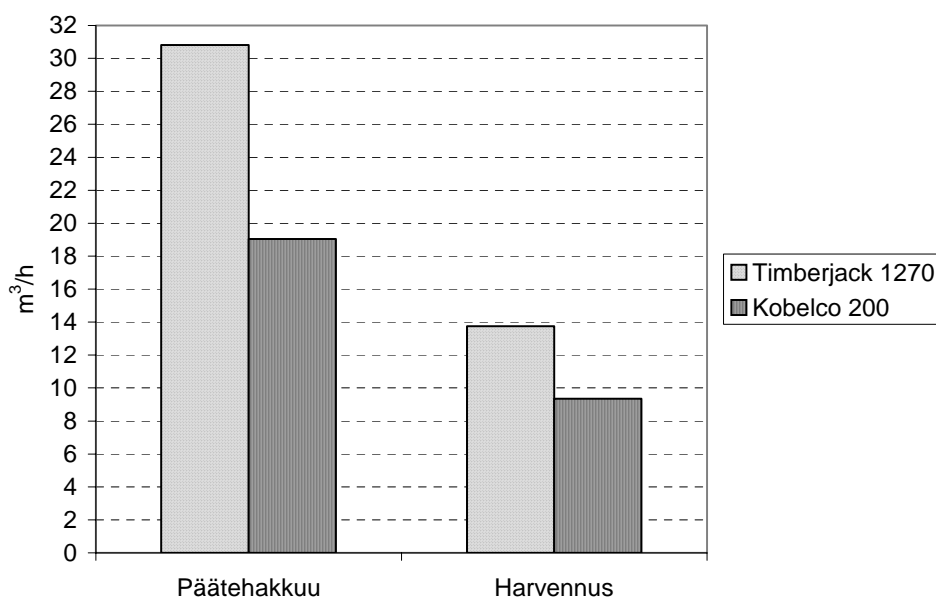
Kobelco SK200SRLC / Foresteri 25RH

Kobelco 200:lla tehotuntituotokset olivat sekä päätehakuussa että harvennushakuussa kaikilla rungonko'oilla Timberjackia pienemmät (kuva 19). Kobelcolla puunkäsittelykyvyn raja tulee aiemmin vastaan kuin Timberjackilla.

Käyttötuntituottavuus oli Kobelcolla päätehakuussa 62 % ja harvennuksessa 68 % vastaavien kohteiden Timberjackin tuottavuuksista (kuva 20).



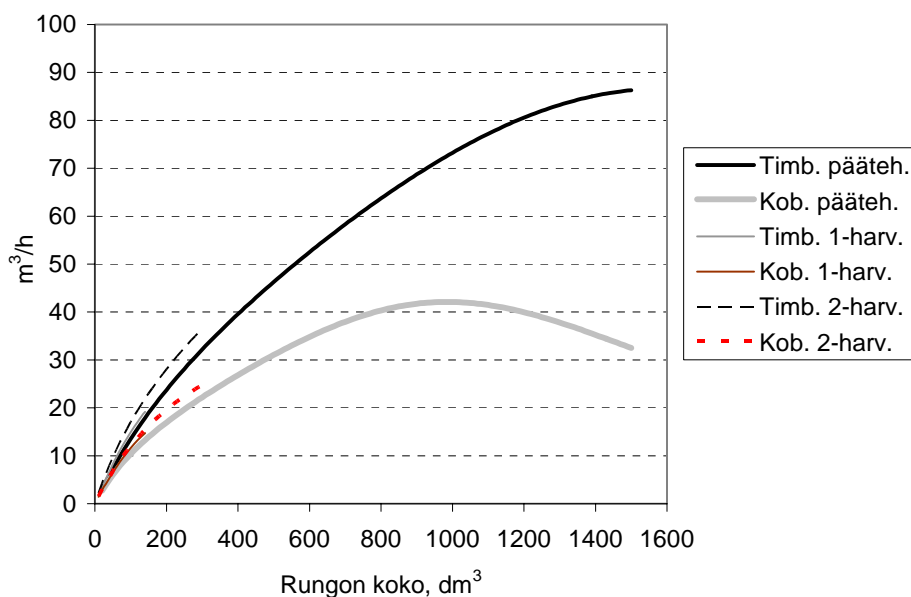
Kuva 19. Tehotuntituottavuudet rungon koon mukaan.



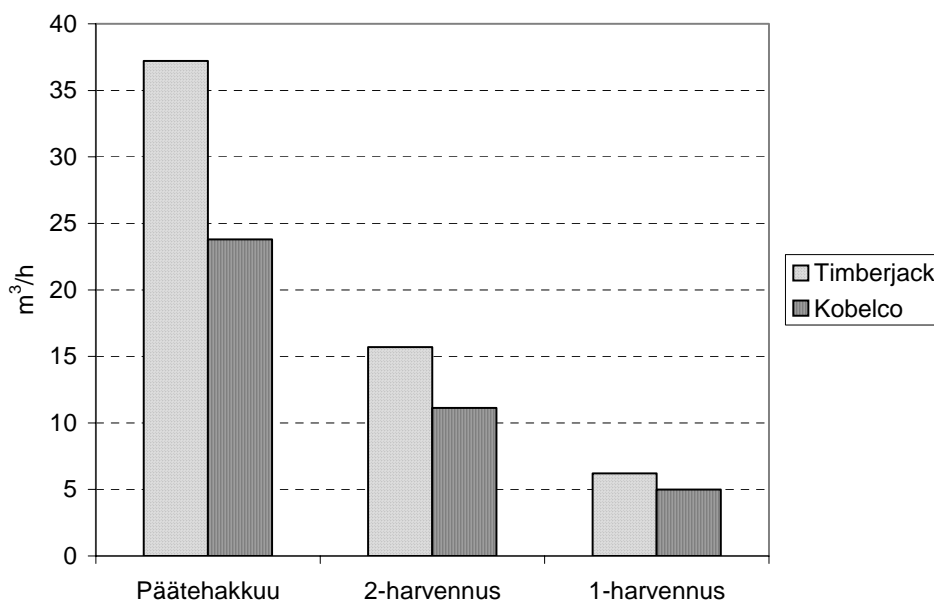
Kuva 20. Käyttötuntituottavuudet

Myös tällä Kobelcon versiolla tehotuntituottavuudet olivat kaikilla kohteilla ja kaikilla rungonko'oilla pienemmät kuin vertailukoneena olleella Timberjackilla (kuva 21). Tässä kokeessa Kobelco 135 saavutti maksimituottavuuden rungon koolla 1 000 dm³ eli isommalla rungon koolla kuin edellisessä vertailussa Kobelco 200. Pienistä käsiteltyjen runkojen lukumäärästä johtuen varsinkin näillä suuremmilla rungon ko'oilla käyrien luotettavuus heikkenee jo merkittävästi.

Kobelcon käyttötuntituottavuus Timberjackiin verrattuna oli päätehakuussa 64 %, muussa harvennuksessa 71 % ja ensiharvennuksessa 80 % (kuva 22). Suhteelliset tuottavuudet olivat jonkin verran paremmat kuin edellä Kobelco 200:n vertailukokeessa.



Kuva 21. Tehotuntituottavuudet rungon koon mukaan.



Kuva 22. Käyttötuntituottavuudet

4.2.3 Kustannukset

Kobelco SK200SRLC / Foresteri 25RH

Kobelco 200:n hinta metsävarusteisena on 174 000 € Kun sille oletetaan sama vuotuinen käyttöaika, 2 538 tuntia, kuin hakkuukoneelle, ovat sen tuntikustannukset 61,44 € Hakkuukoneen tuntikustannukset ovat 20 % suuremmat. Laskelmassa on oletettu harvennushakkuiden osuudeksi 25 % hakkuumäärästä.

Kokeissa saavutetuilla tuottavuuksilla olivat Kobelco 200:n hakkuukustannukset 31 % suuremmat kuin tavanomaisen hakkuukoneen. Tähän vaikutti osaltaan se, että kuljettaja ei ollut tottunut käyttämään kaivinkonealustaista hakkuukonetta. Tottuneella kuljettajalla tuottavuus voi hyvinkin nousta parikymmentä prosenttia. Tällöin Kobelco 200:n hakkuukustannukset olisivat vielä 10 % suuremmat kuin tavanomaisella hakkuukoneella. Kaivukonealustaisen hakkuukoneen tuottavuuden olisi noustava tässä kokeessa saavutetuista arvoista kolmanneksella, jotta hakkuukustannukset olisivat samaa tasoa tavanomaisen hakkuukoneen kanssa.

Kobelco SK135SRL / Foresteri 22RH

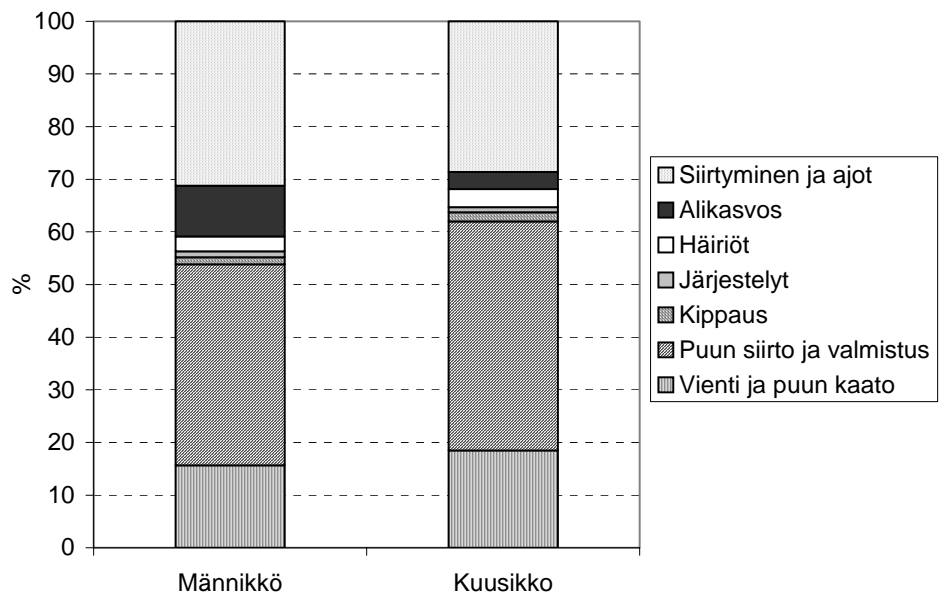
Tämän kaivukonealustaisen hakkuukoneen hinta metsävarusteisena on 163 100 € Tuntikustannuksiksi muodostuu samoin perustein kuin edellä 60,73 €

Kokeissa saavutetuilla tuottavuuksilla olivat hakkuukustannukset 22 % tavanomaisen hakkuukoneen kustannuksia suuremmat. Jotta päästäisiin samoihin hakkuukustannuksiin, olisi Kobelco 135:llä tuottavuuden noustava 23 %. Tämä voi olla saavutettavissa.

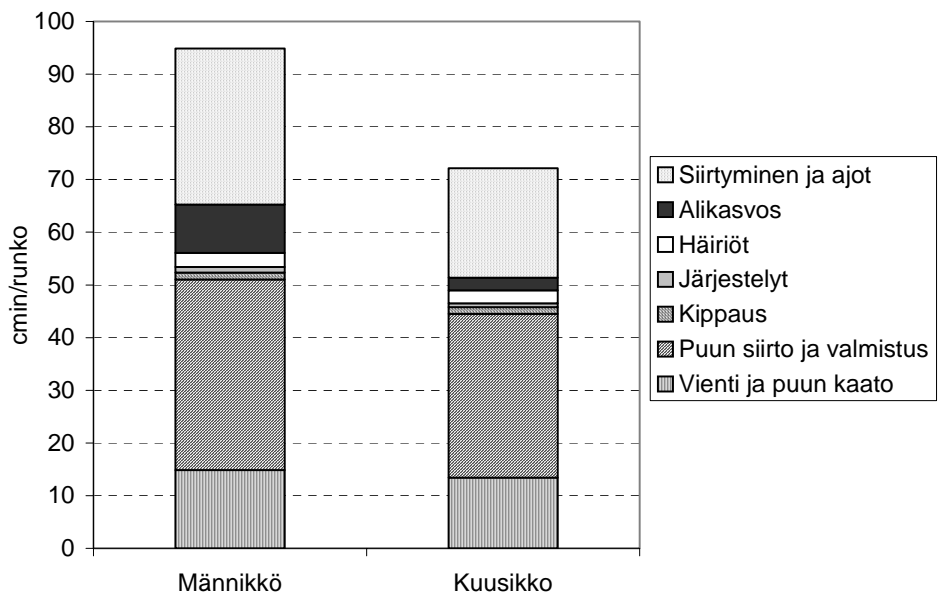
4.3 Kauko-ohjattava pienharvesteri

4.3.1 Ajanmenekki

Harverilla suhteelliset ajanmenekkijakaumat sekä männikössä että kuusikossa olivat hyvin samanlaiset lukuun ottamatta sitä, että männikössä oli alikasvoksen raivausta selvästi enemmän kuin kuusikossa (kuva 23). Kuorimatilan tyhjentäminen kippaamalla ajouran varteen oli nopeaa vieden vain puolisentoista prosenttia ajanmenekistä. Absoluuttisissa runkokohtaisissa ajanmenekeissä oli alikasvoksen raivauksen lisäksi suurimmat erot puun siirto- ja valmistusvaiheessa sekä siirtymisissä ja ajoissa (kuva 24). Nämä kuvastavat rungon koon eroja männikkö- ja kuusikkokohteiden välillä.



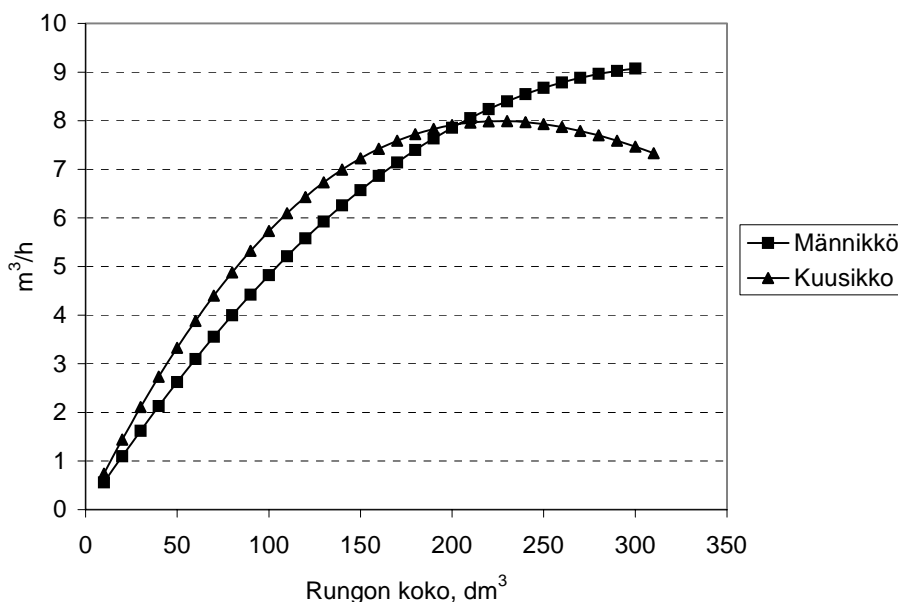
Kuva 23. Ajanmenekijakauma Harverilla.



Kuva 24. Työvaiheittaiset ajanmenekit Harverilla.

4.3.2 Tuottavuus

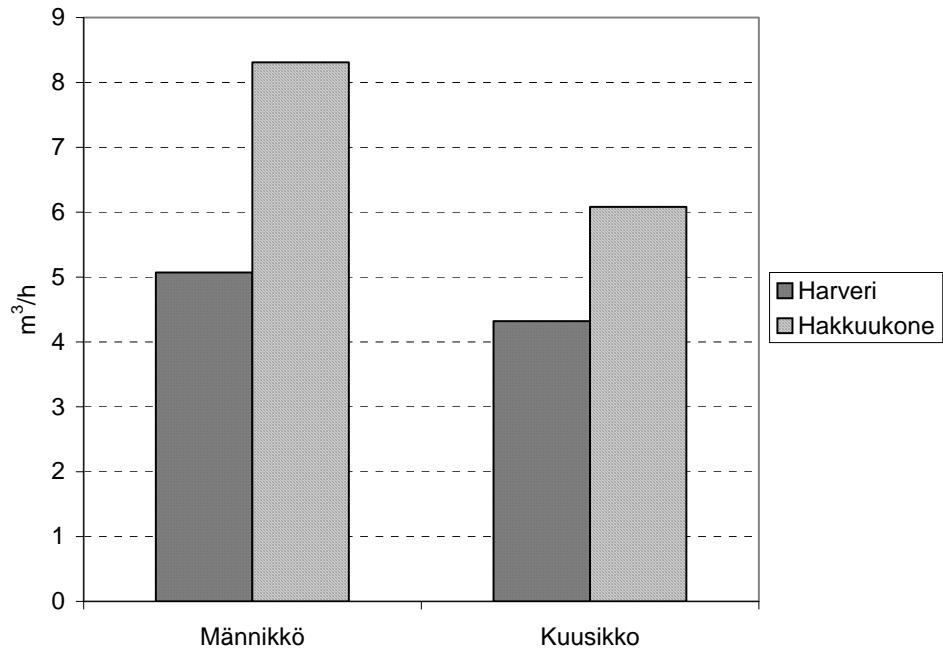
Käyttötuntituottavuuden riippuvuus rungon koosta osoittaa, että Harveri varustettuna Keto Forst -hakkuulaitteella näytti saavuttavan maksimituottavuuden männikössä rungon koon ollessa reilut 300 dm³ ja kuusikossa rungon koolla 200 – 250 dm³ (kuva 25).



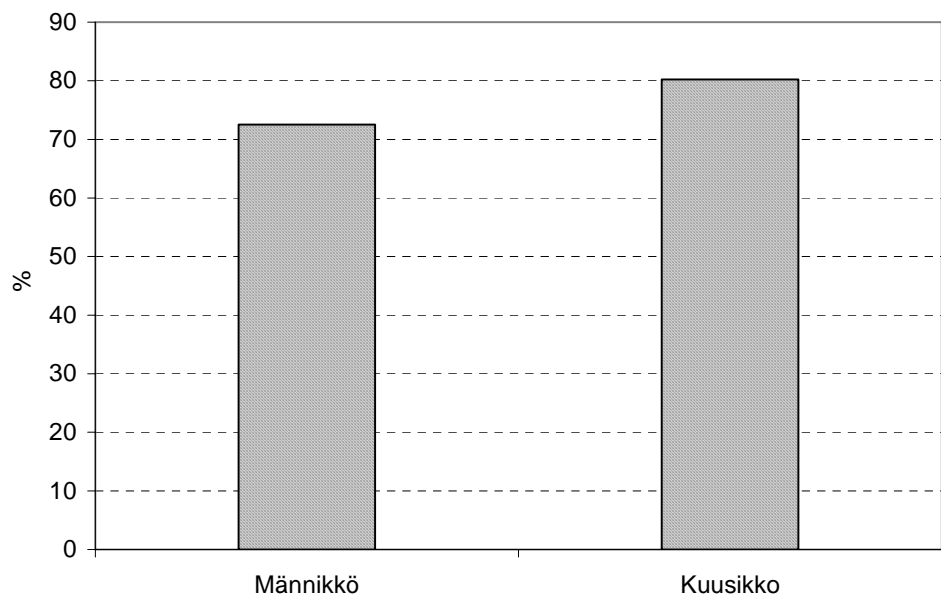
Kuva 25. Käyttötuntituottavuus Harverilla rungon koon mukaan.

Harverin käyttötuntituottavuudet koeobjektien männikössä ja kuusikossa verrattuna hakkuukoneen tuottavuuksiin vastaavissa olosuhteissa on esitetty kuvassa 26. Koneet eivät ole näin täysin vertailukelpoisia, koska ne eivät tee täsmälleen samaa työtä. Harverihan kuljettaa puutavaran kuormatraktorin ajouran varteen. Näin verratessa Harverin tuottavuus oli kuitenkin männikössä 61 % ja kuusikossa 71 % hakkuukoneen tuottavuudesta. Pienirunkoisessa kuusikossa Harveri pärjäsikin paremmin kuin selvästi järeämmässä männikössä. Koeobjektina ollut pellolle istutettu kuusikko oli vielä tavanomaista kuusikon ensiharvennusta heikkolaatuisempaa lukuisine haarapuineen ja poikaoksaesine runkoineen. Nämä hidastivat työskentelyä.

Kun tarkastellaan koko ketjua eli Harvesteria ja kuormatraktoria perinteiseen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun verrattuna, tasoittuvat tuottavuusarvot huomattavasti. Harveri-ketjulla saadaan samassa ajassa tienvarteen koeolosuhteiden männikössä 73 % ja kuusikossa jo 80 % perinteisen ketjun puumäärästä (kuva 27).



Kuva 26. Harverin ja tavanomaisen hakkuukoneen käyttötuntituottavuudet vastaavissa olosuhteissa.



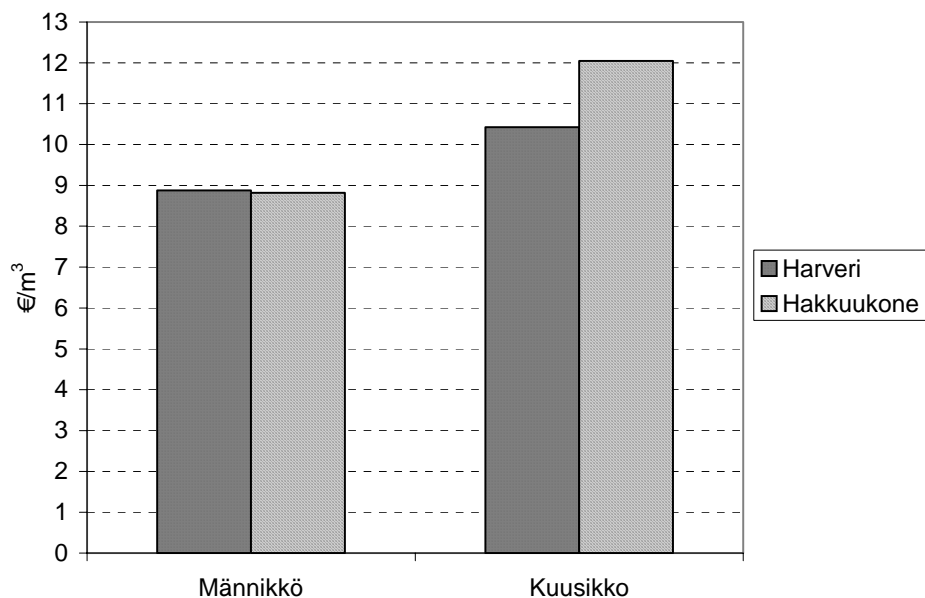
Kuva 27. Harverin ja kuormatraktorin muodostaman ketjun suhteellinen tuottavuus tavanomaisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun (= 100) verrattuna samoissa olosuhteissa.

4.3.3 Kustannukset

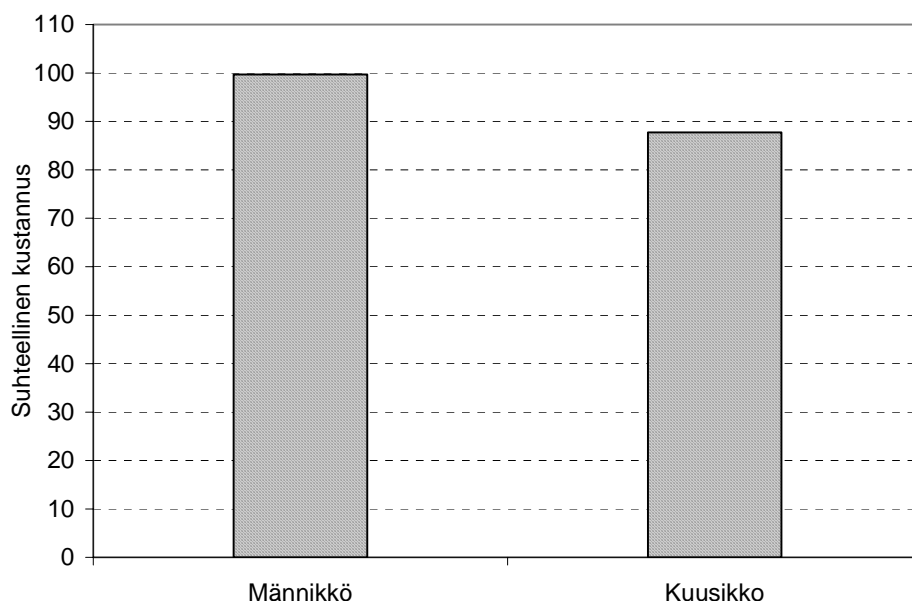
Harverin hinta ilman arvonlisäveroa on 105 000 €. Konetta vakauttava suolatäyttö kahteen renkaaseen lisää hintaa 200 eurolla ja ketjut 940 eurolla. Koneen käyttötuntikustannukseksi muodostuu 45,03 €, kun sille oletetaan sama vuotuinen käyttöaika, 2 538 tuntia, jota on käytetty hakkuukoneen ja kuormatraktorin kustannuslaskelmissa. Vastaava hakkuukoneen tuntikustannushan oli 73,28 € ja kuormatraktorin 53,63 €. Harverille on käytetty samaa pitoaikaa, 13 000 tuntia, kuin tässä raportissa aiemmin korjureille. Joitakin kustannustekijöitä on koneen pienemmän koon, halvemman hinnan, yksinkertaisemman hytittömän rakenteen ym. seikkojen takia alennettu perinteiseen keskikokoiseen hakkuukoneeseen ja kuormatraktoriin nähden.

On todennäköistä, että Harverilla useat yrittäjät tekevät käytännössä vain yhtä vuoroa. Siksi tuntikustannukset määritettiin myös 1 600 tunnin vuotuiselle käyttötuntimäärälle. Tällöin käyttötuntikustannukset kasvoivat 10 prosentilla ja olivat 49,40 €

Kun verrataan Harverin hakkuukustannuksia tavanomaisen hakkuukoneen hakkuukustannuksiin kahdessa tutkitussa koeolosuhteessa ja vuotuisen käyttötuntimäärän ollessa kummallekin koneelle 2 538, voidaan todeta, että Harveri oli kuusikossa 14 % edullisempi kuin hakkuukone ja männikössä ne olivat hyvin tasaveroisia (kuva 28). Kun kustannustarkasteluun liitettiin myös metsäkuljetuksen kustannukset, oli Harverin ja kuormatraktorin muodostama korjuuketju täysin samaa tasoa perinteisen ketjun kanssa männikössä ja kuusikossa Harveri-ketju oli 13 % edullisempi (kuva 29). Vastavasti kun käyttötuntimäärä Harverilla oli 1 600 h/v ja hakkuukoneella edelleen 2 538 h/v, olivat Harverin ja kuormatraktorin muodostaman korjuuketjun kustannukset männikössä kuutisen prosenttia suuremmat ja kuusikossa kuutisen prosenttia edullisemmat kuin perinteisen ketjun kustannukset.



Kuva 28. Hakkuukustannukset Harverilla ja tavanomaisella hakkuukoneella. Käyttötunnit kummallakin 2 538 h/v.



Kuva 29. Harverin ja kuormatraktorin muodostaman korjuuketjun suhteelliset korjuukustannukset tavanomaisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun (= 100) verrattuna. Käyttötunnit sekä Harverilla että hakkuukoneella 2 538 h/v.

5 PÄÄTELMÄT

5.1 Korjurit

Yksittäisten konemerkkien välisiin eroihin voi näin suppeassa aineistossa vaikuttaa pelkästään kuljettaja. Tämän vuoksi tuloksia ei tule käyttää konemerkkien väliseen vertailuun, eikä niitä sen vuoksi esitettykään konemerkkeittäin. Kun korjureita oli kuitenkin yhteensä viisi, voi tämän tutkimuksen tulosta kuitenkin kokonaisuutena pitää ainakin suuntaa-antavana. Tämän perusteella korjuri ei näyttäisi tuovan suurta välitöntä säästöä. On kuitenkin korostettava tämän konetyypin muita etuja, jotka eivät näy näin suppeassa aineistossa, eivätkä kaikki ole ainakaan aikatutkimuksen keinoin todettavissa. Edut voivat tulla esille pidemmällä ajalla, kuten kuljettajan jaksaminen ja vireys päivän aikana. Pölkyt eivät jää lumen alle ja puutavaralajien erilläänpito on helpompaa. Pienemmällä kokonaispääomalla yrittäjän on helpompi lähteä liikkeelle. Useamman ketjun omistajalle korjuri on hyvä lisäkone, jolla voidaan tasoittaa muuten herkästi epätasapainossa olevien tavanomaisen hakkuukoneen ja kuormatraktorin tuottavuuksia ja parannetaan toisten ketjujen tulosta. Kun konekehitystä suunnataan ja konevalintoja tehdään, olisi järkevää pyrkiä katsomaan jo vuosien, jopa vuosikymmenienkin päähän.

Työmenetelmässä, jossa ensin avataan ajoura ja takaisin tullessa hakataan välialue ja kuormataan, pyritään yhdistämään hakkuu- ja kuormaustyövaiheita toisiinsa. Tämän pitäisi näkyä ajanmenekin pienemisenä ja tuottavuuden kasvuna, jos kone tai menetelmä ei muuten ole hitaampi kuin perintei-

nen menetelmä, jossa hakkuu ja kuormaus tehdään erillisinä. Tehdyn työmenetelmävertailun perusteella pientä tuottavuuden kasvua oli havaittavissa, vaikka kuljettaja ei ollutkaan tottunut vertailumenetelmän käyttöön. Aiemmin on myös todettu, että vastaavassa työmenetelmävertailussa näiden kahden työmenetelmän välillä ei ollut merkittävää eroa (Metsätehon raportti 121). Näyttääkin siltä, että hyöty työvaiheiden yhdistämisestä jäänee niin vähäiseksi, että korjuukoura ei saisi olla juurikaan tavallisia erillisiä hakkuulaitteita ja puutavarakouria hitaampi näissä työvaiheissa. Koska korjuukoura kuitenkin on kompromissi, ei se voine olla aivan erillisten, juuri näihin työvaiheisiin suunniteltujen laitteiden veroinen.

5.2 Kaivukonealustaiset hakkuukoneet

Suurimmilla puilla molempien kaivukonealustaisten hakkuukoneiden käsittelykyky oli selvästi heikompi kuin vertailukoneena olleella Timberjack 1270 –hakkuukoneella. Kokeissa olleet kaivukonealustaiset hakkuukoneet eivät siten ole parhaimmillaan aivan järeimmissä leimikoissa.

Pelkkänä hakkuukoneena vuoden ympäri toimien kaivukone voi parhaimmillaan pystyä kilpailemaan kustannustasossa tavanomaisen hakkuukoneen kanssa. Tutkimuksessa mukana olleiden Kobelco-merkkisten kaivukoneiden etu on, että niissä ei ole lainkaan perälylytystä. Molemmilla kokeilluilla Kobelcoilla saavutettiin nimenomaan harvennushakkuissa paremmat tulokset verrattuna hakkuukoneeseen kuin päätehakkuissa. Kokeet aloitettiin päätehakkuilla, joten kuljettajan tottumattomuus saattoi myös näkyä enemmän näillä kohteilla. Pienemmällä Kobelco 135:llä tuottavuudet suhteessa hakkuukoneeseen olivat paremmat kuin isommalla Kobelco 200:lla. Kokeiden väliä oli lähes puoli vuotta, joten tämä ei liene johtunut kuljettajan tottumisesta.

Kaivukonealustaisten etuna on monipuolisuus. Niitä voidaan käyttää sesonkiaikoina hakkuuseen ja muina aikoina muihin töihin. Hakkuun lisäksi niillä voidaan tehdä normaaleja kaivutöitä. Ne lienevät käyttökelpoisia myös istutuskoneiden alustakoneina ja yhtenä käyttöalueena voi olla myös kantojen nosto energiakäyttöön. Näiden ym. mahdollisten käyttöalueiden kustannusvaikutuksia ei selvitetty tässä tutkimuksessa. Ne olisivat erillisen tutkimuksen aihe.

Tutkimuksessa tehdyt tuottavuuskokeet olivat suppeita ja perustuivat kuljettajaan, jolla ei ollut aiempaa kokemusta tältä konetyypiltä. Laajempia tuottavuusselvityksiä seurantatutkimuksineen olisi tehtävä, jotta kaivukonealustaisten koneiden tuottavuudesta ja käyttöasteista saataisiin luotettavaa tietoa.

5.3 Kauko-ohjattava pienharvesteri

Kauko-ohjattava pienharvesteri lienee edullisimmillaan, kun rungon keskikoko on alle sata litraa. Tällöin se on kustannuksiltaan hyvin kilpailukykyinen perinteiseen hakkuukoneeseen verrattuna. Lisäetua korjuuketjuna tuo se, että kuormatraktorin ajouranvarsitiheys ja kasojen koot kasvavat, kun ajouraväli kasvaa.

Harveri on parhaimmillaan kohteissa, joissa rungot ovat vähäoksaisia. Pienikokoisella Keto Forst -hakkuulaitteella paksuoksaisten ja haarapuiden kanssa tulee vaikeuksia, jolloin näiden puiden käsittely vie kohtuuttoman paljon aikaa.

Ideaalisia Harverille ovat sellaiset tienvarsikohteet, joissa metsäkuljetusmatka jää niin lyhyeksi, että koko työ kannattaa tehdä pelkästään Harverilla. Harverin ollessa maksimissaan 2 metriä leveä, voidaan sillä puikkelehtia niin huomaamatta harvennuspuuston seassa, että sen jälkiä on jälkikäteen vaikea edes huomata. Tievarsikohteilla, joissa kuormatraktoria ei tarvita ollenkaan, on näin mahdollista päästä todella hyvään korjuujälkeen. Puustovauriot tutkimuskohteillakin jäivät hyvin vähäisiksi.

Kuormatraktorin ajouraväliä on mahdollista kasvattaa Harveria käyttäen tavanomaisesta kahdestakymmenestä metristä jopa 50 – 60 metriin. Tämä merkitsee sitä, että parhaimmillaan jää kaksi kolmesta ajourasta pois. Ajouran puuntuotannollinen pinta-ala 20 metrin ajouravälillä ensiharvennuksella, kun tiheys on 1 000 r/ha, on 11 %. Jos urista kaksi kolmasosaa jää pois, kasvaa puuntuotannollinen pinta-ala seitsemisen prosenttia. Ajouran reunapuustoa, jossa kasvu on hakkuun jälkeen nopeinta, on tällöin tosin myös vähemmän.

Koneen kuljettaja ohjaa Harveria koneen viereltä. Näin kuljettaja on säiden armoilla tai saa nauttia raikkaasta ulkoilmasta ja välttyy heiluvan ja tärisevän koneen sekä istumatyön aiheuttamilta ongelmilta. Pienen koneen liikkumiskykyä paksussa lumessa parantaa maksimissaan 80 cm:iin säädettävä maavara. Kone ei ehkä kuitenkaan ole parhaimmillaan paksussa lumessa, jossa myös kuljettajan liikkuminen vaikeutuu. Parhainta käyttöaluetta lienee Etelä-Suomen ja Pohjanmaan rannikon vähemmän lumiset alueet. Kokeessa olleen kuljettajan mukaan hän oli kyllä tehnyt koneella jopa 70 cm:n paksuissakin lumessa ongelmitta.

Kasat Harverin jäljiltä jäivät hieman sekaisiksi. Kuorman kippausta olisi ehkä mahdollista kehittää esimerkiksi liinoin tai ketjuin, jotka pitäisivät purkautuvan pölkkykasan paremmin kasassa.

Koneiden sarjatuotantoversioiden kestävydestä on tietoa vasta vajaan kahden vuoden ajalta. Suurimmat koneilla tehdyt tuntimäärät lähentelevät 2 500 tuntia.

KIRJALLISUUS

Kuitto, P.-J., Keskinen, S., Lindroos, J., Oijala, T., Rajamäki, J., Räsänen, T. & Terävä, J. 1994. Puutavaran koneellinen hakkuu ja metsäkuljetus. Metsätehon tiedotus 410. 39 s.

Niemistö, P. 1992. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 432. 18 s.