

Korjureiden käyttömahdollisuuksista

**Kaarlo Rieppo
Peter Pekkola**

**Metsätehon raportti 121
8.8.2001**

Korjureiden käyttömahdollisuuksista

Kaarlo Rieppo
Peter Pekkola

Metsätehon raportti 121
8.8.2001

Konsortiohanke: Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta, Stora Enso
Oyj, UPM-Kymmene Oyj, Yksityismetsätalouden
Työnantajat r.y.

Asiasanat: hakkuu, metsäkuljetus, korjuri, yhdistelmäkone,
korjuukone, tuottavuus, kustannukset

© Metsäteho Oy

Helsinki 2001

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
Tavoite	4
Peruskoesarja.....	4
Toteutus	4
Aikatutkimustulokset.....	5
Kustannusvertailu	6
Erillinen menetelmävertailukoe	8
Toteutus	8
Tulokset	8
Päätelmät	9
1 JOHDANTO	10
2 TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	10
2.1 Tausta ja tavoite	10
2.2 Tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä.....	11
2.2.1 Rungon koko.....	11
2.2.2 Sekapuusto.....	12
2.2.3 Työmenetelmä	12
2.2.4 Kuljettaja	12
2.2.5 Päätehakkuu.....	13
3 PROJEKTIN TOTEUTUS	13
3.1 Tutkimusaineisto	13
3.1.1 Kohteet.....	13
3.1.2 Koneet.....	18
3.1.3 Työmenetelmät	20
3.2 Tutkimusmenetelmä.....	21
3.2.1 Yleiset periaatteet	21
3.2.2 Laskennassa käytetyt perusteet	22
3.3 Erillinen työmenetelmävertailukoe	24
4 TULOKSET	24
4.1 Ajanmenekki	24
4.2 Tuottavuus.....	27
4.3 Kustannusvertailu.....	29
4.4 Menetelmätarkastelu	34
4.5 Erillisen työmenetelmävertailukokeen tulokset	40
5 PÄÄTELMÄT	41
KIRJALLISUUS	43
LIITTEET	

TIIVISTELMÄ

Tavoite

Metsäteho on osittain Teknologian kehittämiskeskuksen (Tekes) rahoittamassa ns. HARKO-hankkeessa (Erikoiskoneiden mahdollisuudet harvennuspuunkorjuussa) selvittänyt markkinoilla olevien korjureiden (yhdistelmä-koneiden) tuottavuutta ja kustannuskilpailukykyä perinteiseen hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamaan harvennusketjuun verrattuna. Lisäksi hankkeessa on verrattu kahta erilaista korjureiden työmenetelmää. Hankkeessa tehtiin kaksi koesarjaa: *peruskoesarjat* syksyllä 1999 ja talvella 2000 sekä *erillinen menetelmävertailukoe* syksyllä 2000.

HARKO-hankkeessa ovat mukana myös Työtehoseura ry ja Metsäntutkimuslaitos (Metla). Työtehoseura tutkii pieniä hakkuukoneita ja Metla selvittää sekä korjureiden että pienten koneiden hakkuujäljen, tekee molemmista konetyypeistä seurantatutkimukset ja selvittää pienten hakkuukoneiden käyttöön perustuvaa koneyrittämisen kannattavuutta.

Peruskoesarja

Toteutus

Peruskoesarjassa oli mukana kahta perusrakenteeltaan erilaista korjurityyppiä. S & A Nisula Oy:n ja S. Pinomäki Ky:n koneet olivat korjureiksi rakennettuja ja varustettu pyörivällä ohjaamalla (kuvilla merkitty: Pyörivä-ohj.). Velj. Moisio Oy:n ratkaisussa oli kuormatraktoriin asennettu korjuukoura (kuvilla merkitty: Ktr-alust.). Koneet olivat tutkimushetkellä vielä osittain prototyyppisiä.

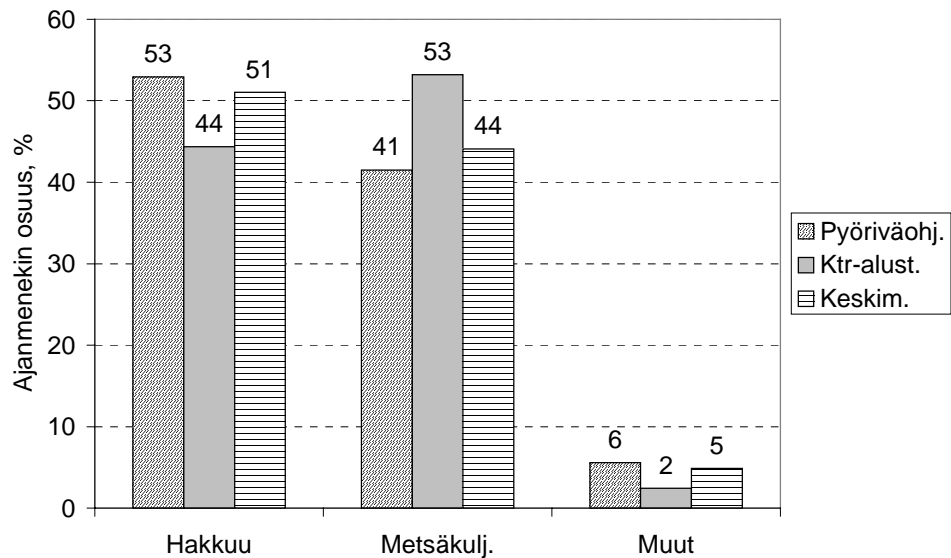
Peruskoesarjassa tutkimuskohteina oli ensi- ja toista harvennusta lähes puhtaasta männiköstä sekä sekapuustosta. Koneita kokeiltiin pienimuotoisesti myös avohakkuussa. Aineistoa kerättiin samoilta leimikoilta sekä kesä- että talviolosuhteissa. Kuljettajia oli pyöriväohjaamoisilla korjureilla useampia. Kuormatraktorialustaisella korjurilla oli vain yksi kuljettaja.

Aikatutkimuskokeita tehtiin kesäoloissa (= lumettoman maan olosuhteet) 41 ja talviolioissa 31. Kukin koeala muodostui noin sadasta poistettavasta rungosta. Harvennusten osalta koko aikatutkimusaineistossa poistuneen puuston keskijäreys oli 96 dm³/r ja kertymä 45 m³/ha. Tutkimuskohteet raivattiin tarpeelliseksi katsottavilta osin. Lähtökohtana oli alikasvokseltaan samanlainen puusto.

Käytettyjä työmenetelmiä oli kaksi. Pääosa Nisulan ja Pikan koealoista tehtiin siten, että ajouraa avattaessa hakattiin myös välialueet ja palatessa kuormattiin. Tällaiseen menetelmään kuljettajat olivat tottuneita. Moision koneella mennessä peruuttaen avattiin vain ajouraa ja korkeintaan poistettiin muutamia lähimpiä välialueen puita ja palatessa hakattiin välialue ja kuormattiin.

Aikatutkimustulokset

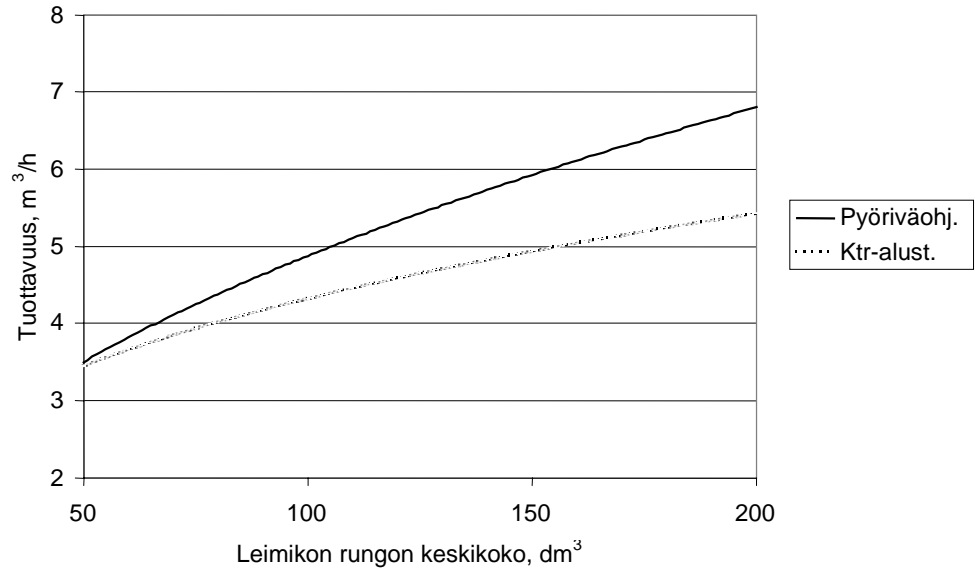
Korjurin ajanmenekki muodostuu kahdesta päätyövaiheesta: hakkuusta ja metsäkuljetuksesta. Lisäksi aikaa kuluu ns. muihin työvaiheisiin (järjestelyt, häiriöt ja raivaus), joita ei voida kohdistaa suoraan kummallekaan päätyövaiheelle. Ajanmenekki jakautui kuvan 1 mukaisesti. Kuormatraktorialustaisen korjurin (Moision) ajanmenekin jakaumaan vaikutti merkittävästi se, että sen kuormatila oli nosturin liian pienestä nostokorkeudesta johtuen jouduttu tekemään selvästi pienemmäksi kuin pyöriväohjaamoisten korjuren.



Kuva 1. Korjurin tehoajanmenekin jakautuminen päätyövaiheittain peruskoesarjassa.

Korjuren käyttötuntituottavuudet on esitetty kuvassa 2. Tuottavuuskäyriin sisältyvät tietyin painotuksin kaikki peruskoesarjassa tutkitut olosuhteet avohakkuuta lukuun ottamatta. Käyttötuntituottavuuteen sisältyy alle 15 minuutin keskeytykset. Lisäksi tuloksessa on huomioitu aiemmissa laajoissa Metsätehon tutkimuksissa todettu käyttötuntituottavuusero aika- ja seuranta tutkimusten välillä.

Tulosta eri konetyyppien välillä tulkittaessa on jälleen huomioitava, että ainakin osa tuottavuuserosta johtuu kuormatraktorialustaisen korjurin pienemmästä kuormatilasta.



Kuva 2. Korjurin käyttötuntituottavuus.

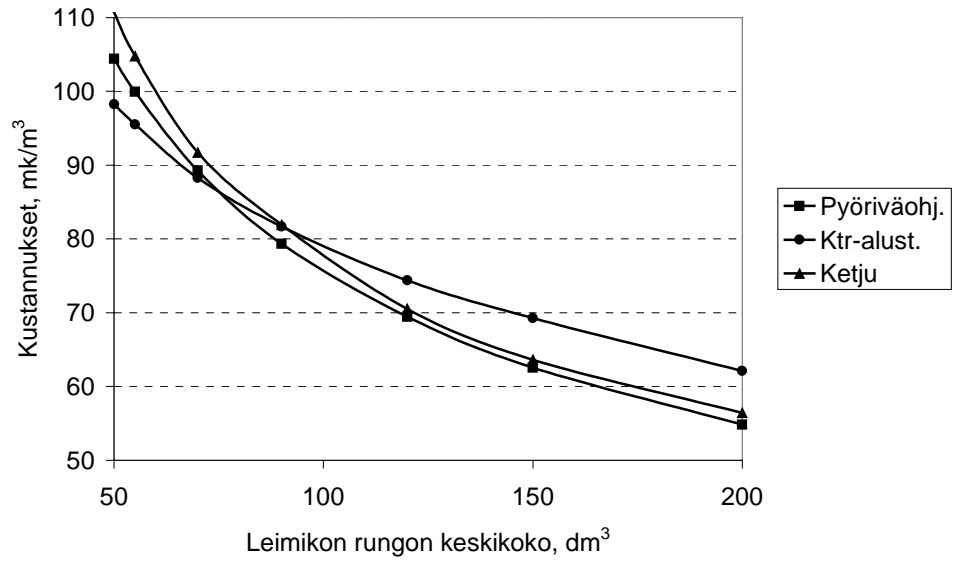
Kustannusvertailu

Kustannusvertailujen lähtökohtana oli koko vuoden korjuumäärä sekä korjurilla että perinteisellä hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamalla ketjulla. Laskennassa käytettiin tutkimuskoealoilla toteutuneita olosuhteita, eli ketjulla käytettiin samoja kertymiä, mitkä olivat perusteina korjurin tuotoslaskelmissa.

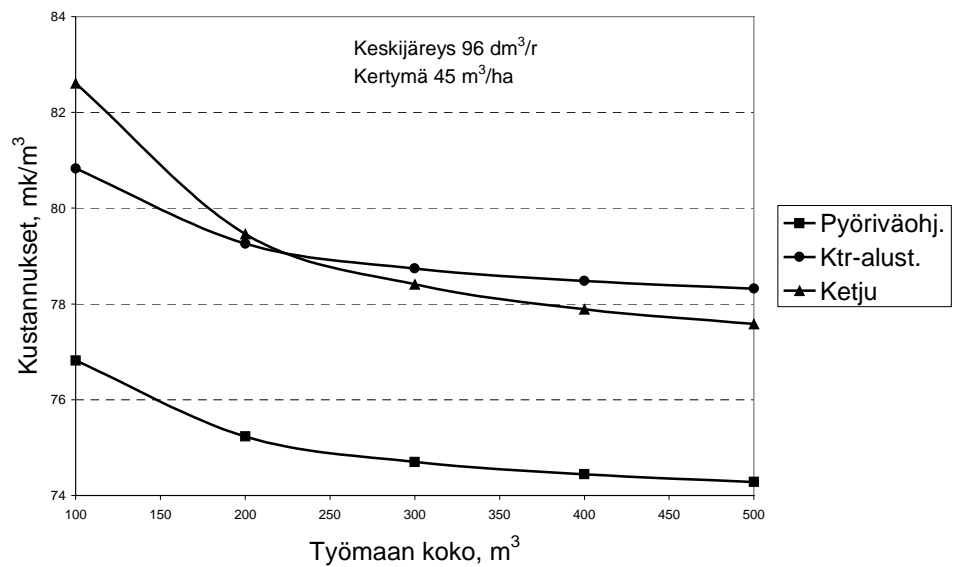
Tarkoituksena oli vertailla harvennusketjua, ei siis yleisketjua, korjuriin. Näin myös hakkuukoneen ja kuormatraktorin hankintahinnaksi määritettiin harvennuskoneiden hinnat. Verottomat hinnat olivat:

- hakkuukone 1,5 milj. mk
- kuormatraktori 0,95 milj. mk
- pyöriväohjaamoinen korjuri 1,6 milj. mk ja
- kuormatraktorialustainen korjuri 1,23 milj. mk.

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty harvennushakkuun korjuukustannukset leimikon rungon keskikoon ja työmaan koon mukaan.



Kuva 3. Harvennushakkuun korjuukustannukset pyöriväohjaimoisella ja kuormatraktorialustaisella korjurilla sekä yksioteharvesteriketjulla.



Kuva 4. Harvennushakkuun korjuukustannukset pyöriväohjaimoisella ja kuormatraktorialustaisella korjurilla sekä yksiotehakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamalla korjuuketjulla työmaan koon mukaan.

Erillinen menetelmävertailukoe

Toteutus

Tutkimuksen peruskoesarjassa tehtiin suppea työmenetelmävertailu. Siinä kuljettajat eivät olleet tottuneet laisinkaan vertailutyömenetelmään (Men. 2), mutta tuottavuus oli kuitenkin lähes sama kuin peruskokeen normaalilla menetelmällä (Men. 1). Jotta työmenetelmän vaikutuksesta saataisiin tarkempi käsitys, tehtiin erillinen laajempi työmenetelmävertailu.

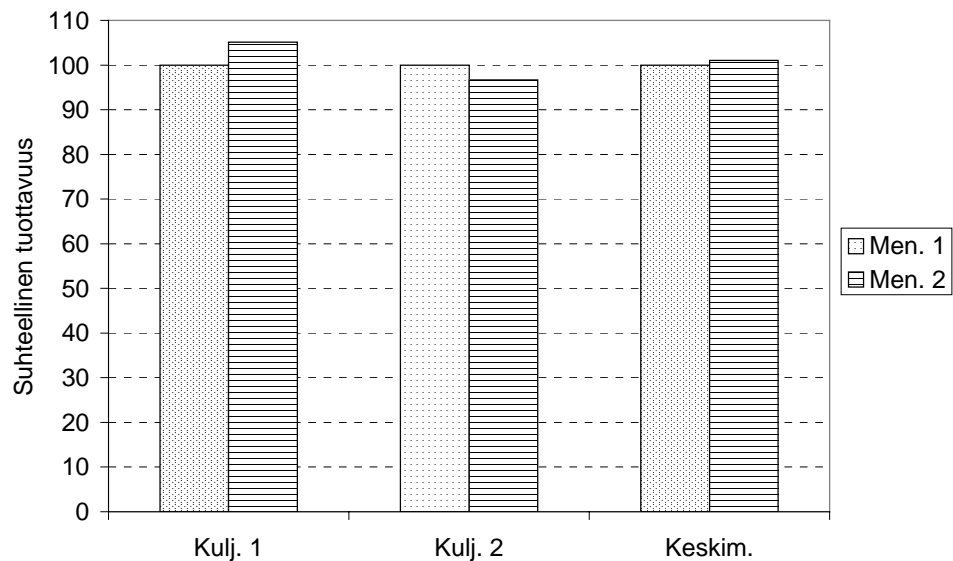
Erillisen työmenetelmävertailun kohde oli lähes puhdas ensiharvennuskannikkö, joka oli raivattu pari vuotta sitten. Koneena oli Pika 828/400 ja kuljettajia kokeessa oli kaksi. Työmenetelmät olivat samat kuin peruskokeissa eli

- Menetelmä 1: Ajouraa avattaessa hakataan myös välialue ja palatessa kuormataan
- Menetelmä 2: Avataan ensin ajoura ja palatessa hakataan välialue ja kuormataan.

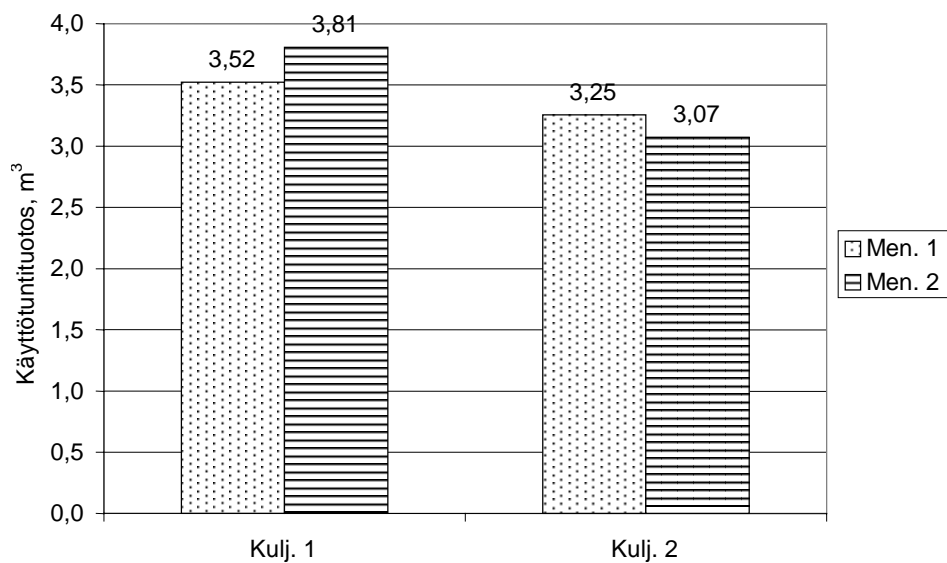
Tutkimusaineisto oli yhteensä 42 kuormaa eli kymmenisen kuormaa kuljettajaa ja menetelmää kohti. Ensimmäisen aikaturkimusjakson jälkeen kuljettajat harjoittelivat kaksi viikkoa toisella työmenetelmällä. Yhteensä korjattu puumäärä oli lähes 370 m³. Keskimääräinen rungonkoko oli 68 dm³ ja kertymä 53 m³/ha.

Tulokset

Työmenetelmien tuottavuudet menivät kuljettajittain ristiin, eikä niiden välillä ollut keskimäärin merkittävää eroa (kuva 5). Kuljettajalla 1 oli enemmän kokemusta korjurilla työskentelystä, joten hänen osalta tulosta voidaan pitää luotettavampana.



Kuva 5. Työmenetelmien suhteellinen tuottavuus.



Kuva 6. Käyttötuntituotos korjurin työmenetelmävertailussa.

Päätelmät

Tutkimustulosten perusteella korjurit vaikuttavat varsin kilpailukykyisiltä perinteiseen korjuuketjuun verrattuna, joten niiden kehittämistä kannattaa jatkaa ja kokemuksia niiden käytöstä kartuttaa.

Työmenetelmässä, jossa ensin avataan ajoura ja takaisin tullessa hakataan välialue ja kuormataan, pyritään yhdistämään hakkuu- ja kuormausvaiheita toisiinsa. Voisi sanoa, että tässä menetelmässä toimitaan ”aitona korjurina”. Menetelmäkokeen tuloksen mukaan kahden nykyisin käytettävän työmenetelmän välillä ei kuitenkaan ollut merkittävää eroa.

Menetelmätutkimuksessa tuotostaso jäi jonkin verran perustutkimuksen tuotoksesta, mikä merkitsisi korjurin kannattavuuden heikentymistä verrattuna peruskoesarjan tulokseen. Myös Metlan seurantatutkimustulokset ovat antaneet viitteitä, että käytännön tuotostaso olisi pienempi kuin tämän hankkeen peruskoesarjassa saatu. Seurantatutkimusaineistokin on tosin pieni.

Pelkän suhteellisen lyhytaikaisin mittauksin todetun tuotoksen lisäksi kannattaa eritoten ottaa huomioon, että korjurityö on vaihtelevampaa kuin pelkkä hakkuutyö. Tämä auttaneekin kuljettajaa jaksamaan paremmin ja se voi näkyä jopa terveenä pysymisessä.

1 JOHDANTO

Teknologian kehittämiskeskuksen (Tekes) HARJU-ohjelmassa (Harvennuspuiden tuotelähtöinen jalostusketju) kehitettiin vuosien 1996 - 1998 aikana kokonaan uusi konetyyppi – korjuri, jolla tehdään koko korjuu eli sekä hakkuu että metsäkuljetus. Aiemmin konetta on nimitetty myös yhdistelmäkoneeksi, kombikoneeksi, korjuukoneeksi ja puunkorjuukoneeksi.

Ensimmäisenä korjurin toi markkinoille S. Pinomäki Ky. Tämä oli kuormatraktorialustainen. Pinomäki kehitti sittemmin myös ympäripyörivällä ohjaamalla varustetun mallin. Muita HARJU-ohjelman tuloksena syntyneitä korjureita kehittivät S & A Nisula Oy ja Velj. Moisio Oy. Nisulan prototyyppikone oli varustettu niin ikään pyörivällä ohjaamalla. Moisio-prototyyppissä oli alustakoneena tavanomainen kuormatraktori. HARJU-ohjelman ulkopuolella Oy Logset Ab toi markkinoille oman korjurinsa, jota ei kuitenkaan ole toistaiseksi Suomessa.

Korjurilla voidaan ajatella saavutettavan joitakin etuja verrattuna perinteiseen hakkuukoneeseen ja kuormatraktorin muodostamaan ketjuun. Työ korjurilla on vaihtelevampaa, koska sama kuljettaja sekä valmistaa että kuljettaa puut. Tämä voi vaikuttaa positiivisesti kuljettajan vireyteen ja jaksamiseen. Kun hakkuu ja metsäkuljetus tehdään samalla koneella, korjuun yhteensovittamisessa ei ole eri koneiden tuottavuuseroista johtuvia ongelmia kuten perinteisessä koneketjussa. Perinteisessä ketjussahan kuormatraktorin tuottavuus ei muutu rungon keskikoon mukaan samassa suhteessa kuin hakkuukoneen tuottavuus. Hakkuukoneella tuottavuus on pienirunkoisissa kohteissa kuormatraktoria selvästi pienempi, joten kuormatraktori jää tällaisissa kohteissa vajaasti työllistetyksi. Suurirunkoisilla kohteilla tilanne on päinvastainen. Siirtokustannuksissa korjurilla säästetään perinteiseen ketjuun verrattuna, koska työmaalta toiselle joudutaan siirtämään vain yksi kone kahden sijasta.

Edellä esitettyjen etujen lisäksi on kuitenkin muistettava, että korjuri on kompromissi. Tämän perusteella se ei liene kummassakaan työvaiheessa – hakkuussa ja metsäkuljetuksessa – yhtä hyvä kuin näihin työvaiheisiin varta vasten suunnitellut erikoiskoneet – hakkuukone ja kuormatraktori.

2 TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

2.1 Tausta ja tavoite

Tutkimus on osa Tekesin rahoittamaa ja Metsätehon, Metsäntutkimuslaitoksen (Metla) sekä Työtehoseura ry:n yhteistyössä toteuttamaa ”Erikoiskoneiden mahdollisuudet harvennuspuidenkorjuussa” -hanketta (HARKO). Hanke alkoi syyskuussa 1999 ja on kaksivuotinen. Hankkeen tavoitteena on selvit-

tää pienten hakkuukoneiden ja korjureiden tuottavuus, kustannukset, korjuujälki ja korjuun seurausvaikutukset harvennushakkuissa. Työtehoseura tutkii pieniä hakkuukoneita ja Metla selvittää sekä korjureiden että pienten koneiden hakkuujäljen, tekee molemmista konetyypeistä seurantatutkimukset ja selvittää pienten hakkuukoneiden käyttöön perustuvaa koneyrityksen kannattavuutta.

Tämän Metsätehon tutkimusosuuden tavoitteena oli selvittää korjureiden työn tuottavuus ja kustannukset harvennuksissa ja pienialaisissa päätehakkuissa. Korjureiden korjuujäljen osalta Metsäteho keräsi aikatutkimuskohteilta aineiston, jonka analysoi ja raportoi Metla.

Tämä tutkimushanke oli koneiden osittaisesta prototyypivaiheesta johtuen kehittämisloueinen. Tutkimuksessa olivat mukana Nisulan, Moision ja Pinomäen korjurit.

Resurssisyyistä kaikkia tutkimuksessa mukana olevaa kolmea konetta ei tutkittu yhtä laajasti. Perusolosuhteista, jotka olivat puhtaan männikön ensi- ja toisia harvennuksia, hankittiin kuitenkin aineistoa kaikilta koneilta. Tarkempia olosuhdevaikutuksia, kuten sekapuuston ja kuljettajan vaikutusta tuotokseen selvitettiin vain yhdellä tai kahdella koneella. Kaikkia koneita tutkittiin perusolosuhteissa sekä kesällä että talvella.

Kesä- ja talvikoejaksojen välillä Nisulan ja Pinomäen koneilla vaihtui kuljettajat. Moision koneeseen oli asennettu talvikokeisiin uusi hydraulikaltaan kehittyneempi koura. Myös Nisulan koneessa oli uusi koura – pienempi malli kuin kesäkokeissa. Sääolosuhteet vaihtelivat talvikoejakson aikana huomattavasti. Näistä syistä johtuen varsinaista talvi- ja kesävertailua ei voitu tehdä.

2.2 Tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä

2.2.1 Rungon koko

Rungon koko on merkittävin hakkuukoneen ja korjurin tuottavuuteen vaikuttava tekijä. Jotta rungon koon vaikutusta tuottavuuteen pystyttiin luotettavasti selvittämään, perustettiin koealoja puustoltaan erikokoisiin metsiköihin. Kukin koeala oli noin 100 hakatun rungon pituinen matka ajouraa, kun ajouraväli oli 20 metriä. Peruskoealoja oli kesäolosuhteissa kullakin koneella neljä ensi- ja neljä toisella harvennuksella. Nämä koealat pyrittiin perustamaan puhtaisiin männiköihin. Lisäksi tehtiin kullakin koneella kolmen kuorman koealat päätehakkumännikössä. Talvikokeissa tehtiin kaikilla koneilla neljä ensi- ja neljä toisen harvennuksen koealaa.

2.2.2 Sekapuusto

Sekapuuston vaikutusta tuotokseen tutkittiin kesäolosuhteissa Nisulan ja Moision koneilla. Näitä koealoja oli neljä kummallakin. Talvella sekapuustoa korjattiin vain Nisulan koneella neljällä koealalla. Useamman puutavaralajin valmistaminen ja etenkin kuormaus sekä purkaminen lisää ajanmenekkiä korjurilla, jos joudutaan kuormaamaan samaan kuormatilaan puutavaralajit sekaisin. Lisäksi korjuukoura on kahdesta tehtävästään johtuen hiukan tehottomampi monen puutavaralajin kuorman purkamisessa kuin puutavarakoura.

Työmenetelmällä voidaan vaikuttaa kuormauksen ajanmenekkiin. Saattaa olla joutuisinta kuormata esimerkiksi pääpuutavaralaji eri kuormaan ja jättää muut puutavaralajit omaan kuormaan. Tässä tutkimuksessa ei ollut tarkoitus selvittää usean puutavaralajin kuormausmenetelmiä, mikä olisi edellyttänyt suurempia sekapuustokoealoja.

2.2.3 Työmenetelmä

Parhaan korjurille sopivan työmenetelmän löytyminen oli yksi tutkimuksen tavoite. Työmenetelmään vaikuttaa alustakoneen rakenneratkaisut. Kuorma-traktorialustaisen korjurin paras sektori puutavaran valmistukseen on kuormatilan sivulla nosturin puomin alla. Pyöriväohjaamoisella korjurilla puutavara voidaan valmistaa helposti eri suunnista. Toinen tärkeä näkökohta työmenetelmää valittaessa on työskentelyjärjestys. Tähän liittyen valittavana on erilaiset yhdistelmät hakkuun ja metsäkuljetuksen yhteensovittamiseksi – esimerkiksi hakataanko välialueet uran aukaisun vai kuormauksen yhteydessä.

2.2.4 Kuljettaja

Kuljettajan vaikutus korjuun tuottavuuteen ja korjuujälkeen on merkittävä. Tutkimuksen resurssit eivät mahdollistaneet kuljettajavertailuja kaikilla koneilla. Vertailu tehtiinkin vain Pikalla kolmella kuljettajalla lumettoman maan olosuhteissa männikön ensiharvennuksessa. Tästä vertailusta saatiin kuitenkin suuntaa antavaa tietoa tuottavuuden vaihtelun suuruudesta kuljettajien välillä. Kuljettajavaihtelua tuli lisäksi siitä, että talvikokeissa Nisulan ja Pikan koneilla oli eri kuljettaja kuin kesäkokeissa. Pikan kuljettaja talviolosuhteissa oli kuitenkin sama kuin yksi kesäolosuhteissa kuljettajavertailussa ollut. Näin ollen koko tutkimustulosten pohjana olleessa aineistossa oli mukana viiden eri kuljettajan työskentelyä.

2.2.5 Päätehakkuu

Korjuria on tähän asti pidetty lähinnä ensiharvennuskoneena. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, ettei vain yhteen hakkuutapaan erikoistunut kone ole kovinkaan kannattava eikä tiheä pienpuustoinen metsikkö myöskään ole kaikkein miellyttävin työkohde. Näin tutkimuksessa haluttiin selvittää paitsi konetyypin kannattavuusrajat myös suorituskyvyn rajat. Esimerkiksi suuren harvennuskuvion yhteydessä oleva pieni päätehakkuukuvio lienee viisainta hakata jo paikalla olevalla korjurilla, jos vaihtoehtona on tuoda leimikolle perinteinen ketju erikseen. Toinen esimerkki on siemenpuuhakkuu tai tuulienkaatojen korjuu, joissa kertymä on pieni ja ajokertoja tulisi minimoida. Tällaisilla kohteilla tieto koneen suorituskyvyn riittävydestä suurikokoisten runkojen valmistuksessa on tärkeää.

3 PROJEKTIN TOTEUTUS

3.1 Tutkimusaineisto

3.1.1 Kohteet

Tutkimuksen peruskoesarjat tehtiin marraskuussa 1999 ja helmimaaliskuussa 2000. Kohteet sijaitsivat Keuruulla UPM-Kymmenen mailla. Sääolosuhteet vaihtelivat jonkin verran koejaksojen aikana sekä lumettoman maan olosuhteissa että talviolosuhteissa. Lumettoman maan olosuhteissa Nisulan kokeissa lämpötila oli noin +10 °C, Moision noin +2 °C ja Pikan noin -3 °C. Lehtipuut olivat pudottaneet lehtensä. Talviolosuhteissa Nisulan kokeissa lämpötila oli noin -10 °C ja lunta paljon puissa, Moision +1 °C ja lumettomat puut, Pikan -10 °C ja lunta paljon puissa. Lunta oli talvijaksolla 40–50 cm.

Aikatutkimuskoealat olivat kooltaan noin 100 poistettavaa runkoa. Koealojen puutavaran tuli kuitenkin sopia yhteen kuormaan. Koealojen hakkuu ja metsäkuljetus suoritettiin samalla kertaa. Poistettavien puiden käyttöosien tilavuudet saatiin koneiden mittalaitteilta pölkyittäin tulostettuna. Samalla saatiin poistuvan puuston runkolukusarja tilavuuden suhteen. Harvennusten osalta koko aikatutkimusaineistossa poistuneen puuston keskijäreys oli 96 dm³/r ja kertymä 45 m³/ha. Jäävä puusto mitattiin korjuujälkiaineiston keruun yhteydessä. Taulukoissa 1–3 on esitetty koealakohtaiset puustotiedot. Numerot 1–41 ovat lumettoman maan aikaisia koealoja ja 42–72 talviolosuhtekoealoja.

Koealoja sijoitettiin erilaisiin olosuhteisiin, ja kustakin olosuhteesta oli toisto. Harvennuksessa peruskoealoja oli yhteensä 24 sekä lumettoman maan aikana että talviolosuhteissa. Päätehakkuulla tehtiin kolme kuormaa kullakin koneella lumettoman maan aikana. Sekapuustokoealoja oli lumettoman maan aikana kahdella koneella neljä kummallakin ja talvella yhdellä koneella neljä. Lisäkuljettajia tuli kaksi yhdelle koneelle. Nämä kuljettajat

tekivät kumpikin kaksi ensiharvennuskoealaa. Vertailtava työmenetelmä (men. 2) tehtiin yhdellä koneella kahdella ensiharvennuskoealalla lumetoman maan aikana ja kolmella koealalla talvella.

Ensiharvennuskoealat sijaitsivat kahdella kuviolla. Molemmat kuviot olivat kasvupaikaltaan kuivahkoa kangasta. Puuston ikä oli noin 33 vuotta. Puusto oli lähes puhdasta männikköä.

Toisen harvennuksen männiköt olivat kasvupaikoiltaan kuivahko ja tuore kangas. Puuston iät olivat 32 ja 44 vuotta. Kuusen osuus oli näillä kuvioilla hiukan suurempi kuin ensiharvennuskuvioilla. Edelliset harvennukset oli tehty vuosina 1989 ja 1983.

Sekapuustoa oli myös kahdella kuviolla. Pääpuulaji näilläkin kuvioilla oli mänty. Pienempi sekapuusto oli 31-vuotiasta. Kasvupaikka oli tällä kuviolla lehtomainen kangas. Toisella kuviolla puuston ikä oli 44 vuotta ja kasvupaikka oli tuore kangas. Sekapuustokuvioilla oli sisäistä puulajisuhteiden vaihtelua melko paljon. Tästä johtuen yksittäiset hakkuukoealat erosivat pääpuulajiltaan toisistaan (taulukko 4).

Tutkimuskohteet raivattiin tarpeelliseksi katsottavilta osin. Lähtökohtana oli alikasvokseltaan samanlainen puusto. Raivauksesta huolimatta jotkut kuljettajat suorittivat hakkuun yhteydessä hieman alikasvoksen poistoa.

TAULUKKO 1 Puusto Nisulan koneen koealoilla

Koe- ala	Ennen hakkuuta		Hakkuussa poistunut		
	Runkoluku r/ha	Tilavuus m ³ /ha	Runkoluku r/ha	Tilavuus m ³ /ha	Rungon keskikoko dm ³
1-harvennus					
1	1408	111	533	27	51
2	2088	138	738	51	70
5	1295	95	370	17	45
6	1699	146	549	29	53
42	1983	146	883	45	50
43	2042	203	942	70	76
44	1355	119	705	44	63
45	1862	122	712	44	61
2-harvennus					
3	847	207	272	27	99
4	962	204	262	27	102
10	911	207	311	41	133
11	1403	215	253	33	129
46	1227	172	327	40	119
47	918	137	218	24	104
50	984	174	234	37	154
51	915	253	265	38	144
Sekapuusto					
7	1409	233	584	45	77
8	1755	165	605	34	55
12	1088	256	288	37	128
13	1046	228	246	20	79
48	1458	178	508	50	98
49	1958	188	808	54	66
52	891	136	241	24	96
53	1047	240	297	45	150
Avohakkuu					
9	526	187	526	187	356

TAULUKKO 2 Puusto Moision koneen koaloilla

Ennen hakkuuta			Hakkuussa poistunut		
Koe- ala	Runkoluku r/ha	Tilavuus m ³ /ha	Runkoluku r/ha	Tilavuus m ³ /ha	Rungon keskikoko dm ³
1-harvennus					
14	1479	108	604	44	73
15	1327	144	627	69	114
18	1325	110	500	26	51
19	1920	163	1020	63	61
54	1671	150	971	73	75
55	1632	153	1032	66	64
56	1545	143	895	69	78
57	1564	109	714	36	51
2-harvennus					
16	967	210	367	64	172
17	1004	230	379	74	196
23	1283	260	333	59	176
24	1043	188	343	50	145
58	1036	168	386	52	135
59	983	132	333	34	106
60	700	88	250	35	144
61	986	240	286	59	205
Sekapuusto					
20	1747	217	872	79	93
21	1614	134	664	44	67
25	1088	231	238	36	149
26	956	256	306	42	140
Avohakkuu					
22	356	147	356	147	412

TAULUKKO 3 Puusto Pikan koneen koealoilla

Ennen hakkuuta			Hakkuussa poistunut		
Koe- ala	Runkoluku r/ha	Tilavuus m ³ /ha	Runkoluku r/ha	Tilavuus m ³ /ha	Rungon keskikoko dm ³
1-harvennus					
30	2000	212	1000	70	70
31	1669	176	919	63	68
32	1591	116	716	34	48
37	1465	141	615	38	60
64	1662	168	612	48	78
65	1931	201	731	62	84
69	1406	139	506	37	73
70	1579	164	529	38	71
2-harvennus					
27	1150	168	450	51	113
28	1133	169	483	56	117
40	1206	279	306	50	162
41	991	190	291	50	157
62	752	157	252	31	127
63	996	158	296	32	108
71	1117	311	417	97	243
72	1029	249	329	59	184
Kuljettaja 1, 1-harvennus					
30	2000	212	1000	70	70
31	1669	176	919	63	68
Kuljettaja 2, 1-harvennus					
33	1610	138	810	51	63
34	1704	178	904	65	73
Kuljettaja 3, 1-harvennus					
35	1715	179	615	48	77
36	2002	166	702	50	72
Menetelmä 2, 1-harvennus					
38	2164	166	1064	70	66
39	1842	123	792	39	49
66	1929	171	729	57	78
67	1662	166	612	50	81
68	1354	136	554	39	71
Avohakkuu					
29	594	225	594	225	380

TAULUKKO 4

Puulajisuhteet sekapuukoealoilla

Koe- ala	Ennen hakkuuta			Hakkuussa poistunut					
	Runkoluku, %			Runkoluku, %			Tilavuus, %		
	mänty	kuusi	koivu	mänty	kuusi	koivu	mänty	kuusi	koivu
Nisula kesä									
7	30	55	15	48	30	22	41	51	8
8	28	15	57	32	17	51	36	29	35
12	41	50	8	43	43	14	44	50	6
13	32	60	8	14	51	35	24	58	17
Moisio kesä									
20	72	12	16	75	16	9	74	22	4
21	70	5	25	79	5	16	89	4	7
25	48	36	16	42	48	10	47	50	3
26	16	55	29	18	73	9	14	84	3
Nisula talvi									
48	4	76	20	12	70	18	10	84	6
49	78	11	11	64	15	20	77	12	11
52	1	82	17	4	74	22	5	65	30
53	30	51	19	21	46	33	21	45	34

3.1.2 Koneet

Koneet olivat perusrakenteeltaan kahta tyyppiä. Nisula ja Pika (liitteet 1 ja 3) olivat korjureiksi rakennettuja ja varustettu pyörivillä ohjaamoilla. Nisulan koneessa oli myös korjuria varten kehitetty nosturi. Nosturin rakentamisessa oli tosin käytetty vanhoja komponentteja, joten se ei esimerkiksi puomien mittasuhteiltaan ollut optimaalinen. Moision (liite 2) ratkaisu oli kuormatraktoriin asennettu korjuukoura. Tässä konemallissa oli kiinteä ohjaamo ja puutavaran käsittelyyn tarkoitettu nosturi oli hieman liian heikko ääriulottuvuudella tavallista puutavarakouraa raskaammalle korjuukouralle.

Nisulan ja Moision alustakoneet olivat käytettyjä, ja tähän tarkoitukseen peruskunnostettuja. Pika oli ainut lähes sarjavalmisteen korjuri.



Kuva 1. Nisulan korjuri tasaamassa taakkaa ensiharvennuksella.
Kaikki valok. Metsäteho Oy



Kuva 2. Moision korjuukoura asennettuna Valmet 840 -kuormatraktoriin.

Nosturin ja ohjaamon ominaisuudet vaikuttavat kuormatilan kokoon. Korjuukoura vaatii korkeussuunnassa huomattavasti enemmän tilaa kuin tavallinen kuormatraktorin koura. Moision koneessa nosturin pienestä nostokorkeudesta johtuen kuormatila on jäänyt muita pienemmäksi. Kuormatilan koko vaikuttaa puolestaan merkittävästi kokonaistuottavuuteen.

3.1.3 Työmenetelmät

Työmenetelmiä vertailtiin sekä aikatutkimuksin että liiketyön määrällä (liite 4). Liiketyön määrällä tarkoitetaan korjuukouran liikkumaa matkaa nosturia käytettäessä. Kouran liikemäärä metreissä arvioitiin maastomittauksissa. Liikemääräksi otettiin huomioon vain vaakatason liikkeitä eli esimerkiksi kuormatessa kouran kulkema matka oli todellisuudessa suurempi kuin arvioitu. Tämä ei kuitenkaan oleellisesti heikennä eri menetelmien vertailtavuutta, koska suhteet ovat lähes samat.

Moision kuljettaja oli tottunut työskentelemään siten, että ensin avataan ajoura kuormatilan takaa eli edetään uraa kuormatila edellä. Tällöin sermi on kaadettuna näkyväisyyden parantamiseksi. Palatessa hakataan ajourien välialueet ja kuormataan puutavara. Tätä työmenetelmää käytettiin tässä tutkimuksessa Moision koneen osalta.



Kuva 3. Pika ensiharvennuksessa työmenetelmällä 2.

Pyöriväohjaamoisilla koneilla voidaan työskennellä kaikilla nosturin suunnilla. Näin tutkimuksessa vertailtavat työmenetelmät olivat pyöriväohjaamoiselle soveltuvia. Peruskoealat (työmenetelmä 1) tehtiin Nisulan koneella ja Pikalla siten, että ajouraa avattaessa hakattiin myös välialueet ja palatessa kuormattiin. Tällaiseen menetelmään kuljettajat olivat tottuneita. Vertailtava menetelmä (työmenetelmä 2), jota kokeiltiin peruskoesarjassa Pikalla kesällä kahden ja talvella kolmen koealan verran, oli lähellä Moision käyttämää menetelmää eli mennessä avattiin vain ajouraa ja korkeintaan poistettiin muutamia lähimpiä välialueen puita ja palatessa hakattiin välialue ja kuormattiin (kuva 3). Menetelmät saattavat limittyä tai muuntua puutavaralajien lukumäärän kasvaessa. Nyt menetelmätutkimuksen koealat olivat puhtaita männiköitä. Työmenetelmät on kuvattu liitteessä 5.

3.2 Tutkimusmenetelmä

3.2.1 Yleiset periaatteet

Tuottavuudet selvitettiin kelloaikatutkimuksin vertailevan aikatutkimuksen periaattein. Kaikilta koneilta selvitettiin koealakohtaisilla aikatutkimuksilla hakkuun ja metsäkuljetuksen tehoajan jakauma. Hakkuuta ja metsäkuljetusta seurattiin työvaiheittain. Liitteessä 6 on esitetty analyysin kulku vuokaaviona.

Ajanmenekit laskettiin runkokohtaisina. Rungon kooksi asetettiin rungon käyttöosan tilavuus. Kunkin rungon ajanmenekki muodosti oman havaintonsa. Yksittäisten runkojen ajanmenekkien muodostamaan pisteparveen asetettiin siihen mahdollisimman hyvin sopiva ajanmenekkipäätös. Tämä kuvasi ajanmenekin riippuvuutta rungon tilavuudesta.

Pelkän hakkuun ajanmenekit voitiin kohdistaa aikatutkimustiedon perusteella runkokohtaisiksi. Järjestelyt, häiriöt ymv. liitettiin ajanmenekkiin keskimääräisinä runkoa kohti.

Metsäkuljetuksen osa-ajat voidaan kohdistaa runkokohtaisiksi eri tavoin:

- keskimääräisenä ajanmenekkinä runkoa kohti (cmin/r)
- rungon tilavuudesta riippuvana ajanmenekkinä (cmin/m³ x rungon koko, m³)
- yhdistelmänä, jossa kuormausvaihe kohdistetaan puukohtaisesti ja ajot ja purkaminen määräperusteisesti.

Yhdistelmän käyttö olisi perusteltua siksi, että harvennusvaiheessa, jolloin myös kuormataan, koneella joudutaan pysähtymään ensisijaisesti puiden kaatoa ja kuormausta varten, eikä puun koko vaikuta siihen. Toisaalta määräperusteinen on perinteiseen ketjuun vertailun kannalta perusteltu, koska perinteistä ketjua koskevat laskelmat ovat määräperustaisia. Tässä tutkimuksessa käytettiin määräperustetta.

Tiettyä ajanmenekkiä käytettiin ensisijaisesti saman koealan runkolukusarjalla, jolla se oli muodostettu. Lisäksi aineiston laajentamiseksi laskettiin pisteitä vertailtavien tekijöiden (esim. koneet) vastaavilla runkolukusarjoilla samoilla ajanmenekkiäyrillä.

Korjureita verrattiin kustannuksiltaan perinteiseen korjuuketjuun. Vertailun lähtökohtana perinteiselle ketjulle pidettiin samoja hakkuuolosuhteita ja hakkuukertymiä kuin korjurilla.

3.2.2 Laskennassa käytetyt perusteet

Koneiden mittalaitteiden tarkkuudet selvitettiin tarkastusotannoin kenttäkoekoiden yhteydessä. Kesäkokeissa Nisulan koneen osalta ei tilavuuskorjaukselle ollut aihetta. Moision koneen tarkastusotannassa havaittiin tilavuuspoikkeamaa suurilla rungoilla. Niinpä avohakkuukoealan tilavuuden mittaukseen tehtiin Moision koneella korjaus kertoimella 0,886. Pikan tarkistusotannassa eroa oli kaikissa rungonkokoluokissa. Korjauskerroin Pikalla oli 0,915.

Talvikokeissa Nisulan koneen tilavuudenmittausta korjattiin kertoimella 1,068 ja Moision koneen kertoimella 1,061. Pikalla ei korjausta tarvittu.

Hakkuuseen sisältyi nosturin vienti rungolle, kaatosahaus, mahdollinen rungon siirto valmistuspaikkaan sekä karsinta ja katkonta.

Kuormauksen ajanmenekki (c_{min}/m^3) esitettiin riippuvuutena keskijäreydestä. Yhden koneen koko koelaitteeseen aineistoon sovitettiin ajanmenekkiäyrä. Tämä käyrä sijoitettiin olosuhteittain sopivalle tasolle. Ensi- ja toinen harvennus oli yksi olosuhde ja sekapuusto toinen. Näin saadun käyrän avulla määritettiin olosuhteittain koelaitteiden kuormauksen ajanmenekit (c_{min}/m^3). Koealan kunkin rungon kuormauksen ajanmenekki saatiin kertomalla tämä ajanmenekki rungon koolla.

Ainut korjurityöskentelyssä selvästi limittyvä työvaihe osalla olosuhteista oli siirtyminen. Siirtymisen ajanmenekki laskettiin samalla periaatteella kuin kuormauksen. Siirtyminen käsiteltiin tuotosfunktion laadinnassa yhtenä työvaiheena erottelematta sitä hakkuuseen ja metsäkuljetukseen kohdistuvaksi.

Ajanmenekin jakaumia esitettäessä siirtyminen kuitenkin eriteltiin hakkuuseen ja metsäkuljetukseen. Ajanmenekin jakaumia esitettäessä haluttiin tuoda esille hakkuun ja metsäkuljetuksen ajanmenekkien suhteet, siis myös siirtymisten osuudet.

Tyhjänä- ja kuormattuna-ajon ajanmenekit laskettiin 250 metrin metsäkuljetusmatkalle. Koealoittaisten ajonopeuksien perusteella laskettiin koko aineistolle kesälle ja talvelle keskimääräiset ajonopeudet. Näiden nopeuksien avulla saatiin vuodenaikakohtaiset ajanmenekit tyhjänä- ja kuormattuna-ajolle. Ajoaikahavainnoista poistettiin maastoluokan 2 havainnot niiden vähäisyyden vuoksi, eli ajonopeus oli maastoluokan 1 keskiarvo.

Purkamisajanmenekiksi laskettiin olosuhteittaiset keskiarvot (cmin/m^3) sekä kesälle että talvelle. Olosuhteet olivat koneittain: ensiharvennus, toinen harvennus, sekapuusto ja avohakkuu.

Muut ajat, joihin kuuluvat järjestelyt, häiriöt ja raivaus, tasoitettiin keskimääräisiksi koko aineistosta. Myös raivaus kuului tehoaikaan. Näin sitä ei enää huomioitu käyttöajan seurantakertoimessa. Nämä muut ajat kohdistettiin rungolle runkokohtaisina (cmin/r).

Tuottavuus laskettiin kuhunkin ajanmenekkikäyrään soveltuvilla runkolukusarjoilla. Ajanmenekkikäyränä käytettiin ”vierailta” koealoilla niille parhaiten sopivaa ”oman” koealan ajanmenekkikäyrää. Tätä kaikilla koealoilla laskentaa sovellettiin siksi, että näin saatiin havaintoja mahdollisimman monista olosuhteista ja mahdollisimman monen kuljettajan puuvalinnasta. Toinen syy ajanmenekkikäyrien soveltamiselle toisten koealojen runkolukusarjoille oli tuotoskäyrän saaminen myös pieniin ja suuriin rungonkokoluokkiin.

Tehotuntituottavuus muutettiin käyttötuntituottavuudeksi aiemmista Metsätehon seurantatutkimuksista saaduin käyttöaika- ja tutkimuskertoimin. Nämä kertoimet painotettiin puoliksi hakkuuseen ja puoliksi metsäkuljetukseen, ja ajanmenekin kertoimeksi saatiin 1,36. Tutkimuskerroin muuttaa aikatutkimuksessa saadun ajanmenekin seurannassa todetuksi käytännön ajanmenekiksi.

Kustannuslaskelmien perustana oleva tuottavuuskäyrä laskettiin antamalla eri olosuhteiden tuottavuustasoille eri painoarvo. Männikön ja sekapuuston tuottavuudet saivat saman painoarvon eli 50 % kumpikin. Tätä perusteltiin koko maan puulajien suhteellisilla osuuksilla. Talvi sai 1/3 ja kesä 2/3 painoarvon. Näin siksi, että ajateltiin noin 1/3 vuosittaisesta puukorjuusta tapahtuvan lumi- ja pakkasolosuhteissa. Pyöriväohjaamoisella korjurilla tuottavuudessa oli neljän kuljettajan vaikutusta. Yksi näistä oli selvästi muita hitaampi. Kuormatraktorialustaisella korjurilla tuottavuus perustui yhteen kuljettajaan, joka arvioitiin koko kuljettajajoukossa joutuisuudeltaan keskimääräiseksi.

3.3 Erillinen työmenetelmävertailukoe

Tutkimuksen peruskoesarjassa toteutettiin suppea työmenetelmävertailu. Koska kuljettajat eivät olleet tottuneet lainkaan vertailutyömenetelmään (Men. 2) ja tuottavuus tällä menetelmällä oli kuitenkin lähes sama kuin peruskoesarjan normaalilla työmenetelmällä (Men.1), tehtiin laajempi erillinen työmenetelmävertailu.

Erillinen työmenetelmävertailu toteutettiin elo-syyskuussa 2000 Vesannolla UPM-Kymmenen työmaalla. Ensimmäisellä koeviikolla satoi hieman, mutta ei kuitenkaan häiritsevästi. Muuten olosuhteet olivat koeviikkojen aikana hyvin vertailukelpoiset. Aikatutkimukset tehtiin kummallakin koeviikolla valoisana aikana.

Kohde oli lähes puhdas ensiharvennusmännikkö, joka oli raivattu pari vuotta aiemmin. Koneena oli Pika 828/400 ja kuljettajia kokeessa oli kaksi. Työmenetelmät olivat samat kuin peruskokeissa eli

- Menetelmä 1: Ajouraa avattaessa hakataan myös välialue ja palatessa kuormataan
- Menetelmä 2: Avataan ensin ajoura ja palatessa hakataan välialue ja kuormataan.

Tutkimusaineisto oli yhteensä 42 kuormaa eli kymmenisen kuormaa kuljettajaa ja menetelmää kohti. Ensimmäisen aikaturkimusjakson jälkeen kuljettajat harjoittelivat kaksi viikkoa toisella työmenetelmällä. Yhteensä korjattu puumäärä oli lähes 370 m³. Keskimääräinen rungonkoko oli 68 dm³ ja keräytymä 53 m³/ha.

4 TULOKSET

4.1 Ajanmenekki

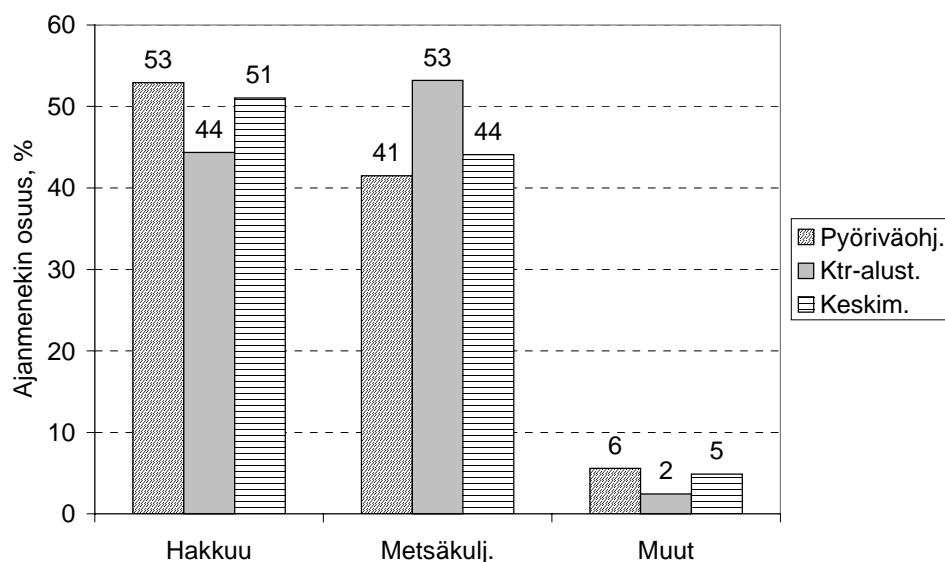
Korjurin ajanmenekki muodostuu kahdesta päätyövaiheesta: hakkuusta ja metsäkuljetuksesta. Lisäksi aikaa kuluu ns. muihin työvaiheisiin (järjestelyt, häiriöt ja raivaus), joita ei voida kohdistaa suoraan kummallekaan päätyövaiheelle. Aiemmassa Metsätehon kuormatraktorialustaista koskeneessa yhdistelmäkonetutkimuksessa metsäkuljetukseen kului enemmän aikaa kuin hakkuuseen (Metsätehon raportti 26). Näin oli nytkin kuormatraktorialustaisella korjurilla. Sen sijaan pyöriväohjaamoisella konetyypillä tämä suhde oli toisin päin eli hakkuun ajanmenekki oli metsäkuljetusta suurempi (kuva 4).

Tässä tutkimuksessa kuormatraktorialustainen korjuri oli hitaampi etenkin kuormauksessa ja purkamisessa sekä tyhjänä- ja kuormattuna-ajossa. Tyhjänä- ja kuormattuna-ajoon ei vaikuta niinkään konetyyppi kuin alustakoneen ominaisuudet ja kuljettaja (taulukko 5). Tuottavuuslaskelmissa käytettiin kaikilla korjureilla samaa koko aineiston keskimääräistä ajonopeutta eritel-

tyinä kesä- ja talvinopeudeksi. Kuormaukseen ja purkamiseen taas vaikuttaa olennaisesti korjuukouran koko. Pyöriväohjaamoisissa koneissa oli molemmissa isompi koura kesäkokeissa ja talvikokeissakin toisessa kuormatraktorialustaiseen korjuriin verrattuna.

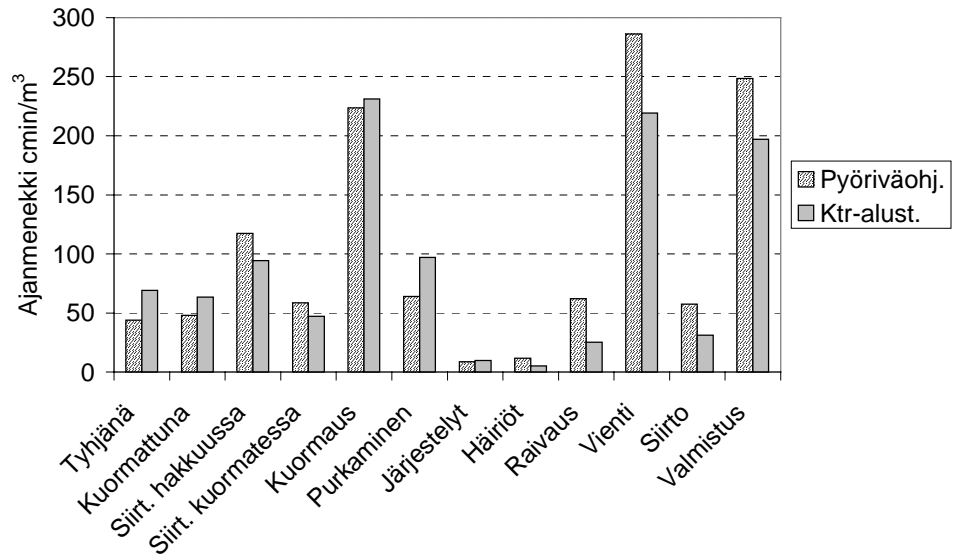
TAULUKKO 5 Korjureiden ajonopeudet

Kone	Tyhjänäajo, m/min		Kuormattuna-ajo, m/min	
	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi
Nisula	46	48	44	45
Moisio	41	53	39	54
Pika	52	52	42	45
Keskimäärin	47	51	42	47



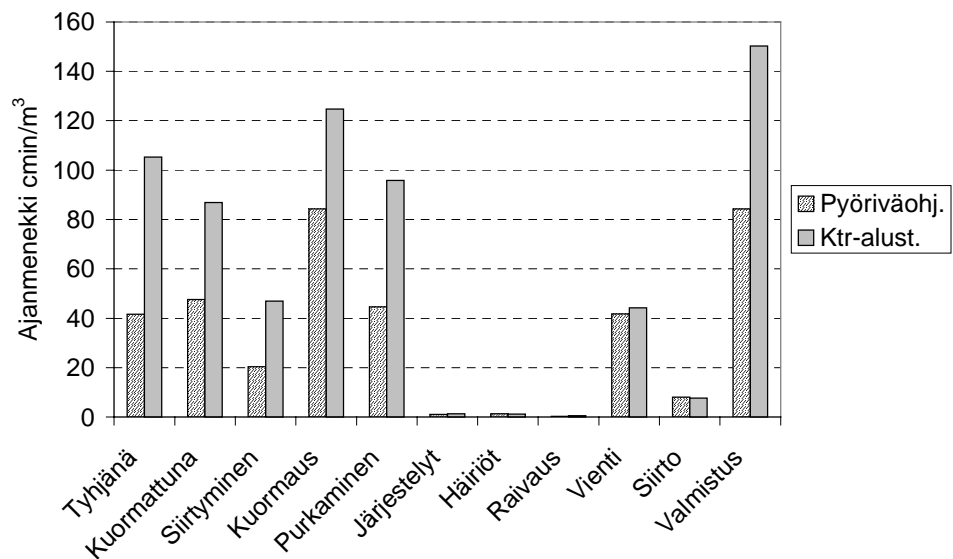
Kuva 4. Korjurin tehoajanmenekin jakautuminen päätyövaiheittain koko peruskoesarjan aineistossa.

Kuvassa 5 on verrattu kuormatraktorialustaisen ja pyöriväohjaamoisen korjurin työmenetelmän 1 tehoajan jakautumista työvaiheittain ensiharvennuskella. Hakkuuvaiheen ajanmenekki oli kuormatraktorialustaisella korjurilla pienempi kuin pyöriväohjaamoisella korjurilla. Tässä näkyy pienemmän kouran tehokkuus pienellä rungon koolla. Kuormatraktorialustaisella korjurilla kouran vienti puulle ja puun siirto valmistuspaikkaan olivat ajanmenekiltään pienempiä, koska sen työmenetelmä ei salli pitkää kaadetun rungon siirtoa.



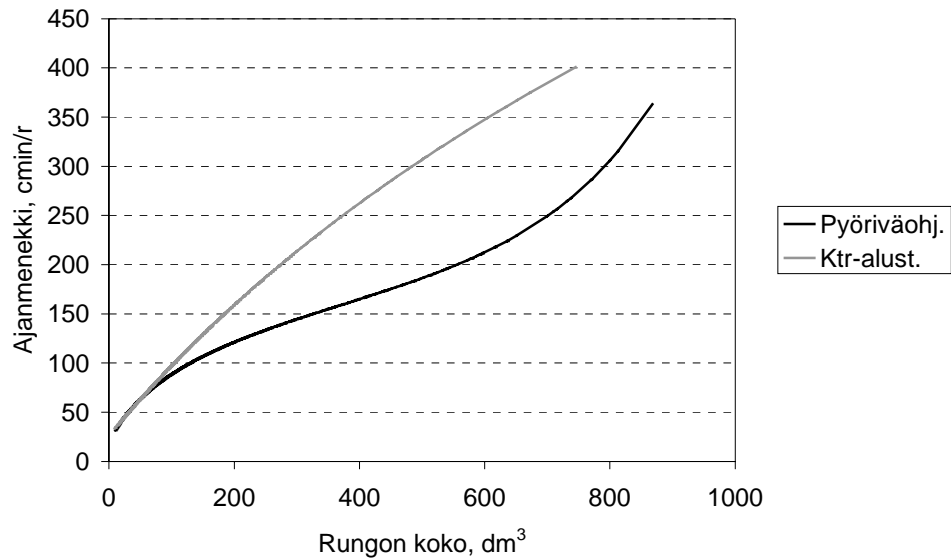
Kuva 5. Korjurin tehoajan jakautuminen työvaiheittain ensiharvennuksella.

Päätehakuulla ajannenekeissä oli jo selvä ero pyöriväohjaamoisen ja kuormatraktorialustaisen korjurin välillä (kuva 6). Kuormaukseen ja purkamiseen vaikutti etenkin Moision kouran pieni koko. Lisäksi tähän työvaiheeseen saattoi vaikuttaa tämän koneen nostomomentiltaan pieni nosturi. Valmistusvaiheessa avohakkuulla Moision kouralla alkoi ensimmäisenä näkyä rungon koon mukanaan tuomat rajat. Paksuoksalet mämmyn latvat kuitenkin olivat hitaita valmistaa kaikilla tutkituilla korjuukourilla. Siirtyminen on avohakkuulla yhdistetty yhdeksi työvaiheeksi, koska kaikilla koneilla oli työmenetelmänä hakkuu ja kuormaus samalla ajokerralla.



Kuva 6. Korjurin tehoajan jakautuminen työvaiheittain päätehakuulla.

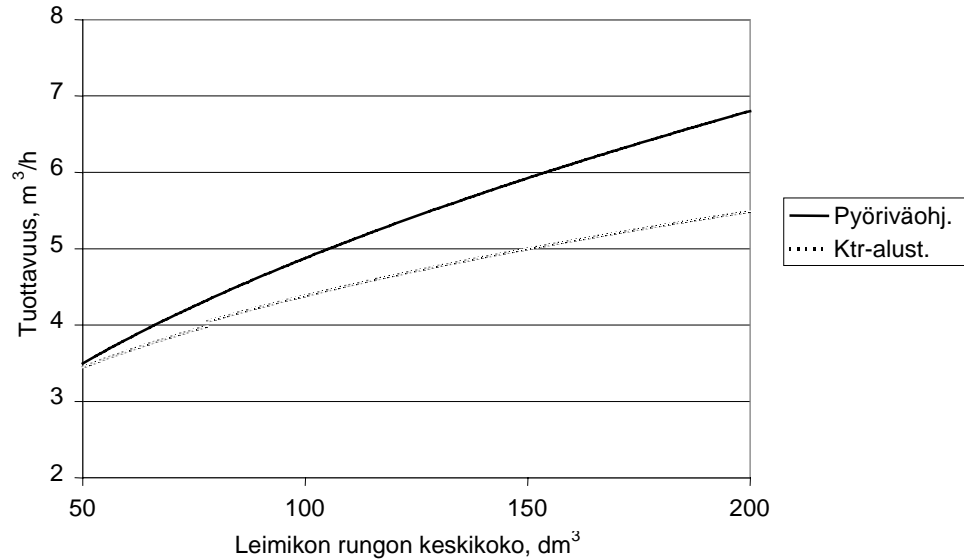
Esimerkkinä ajanmenekkiäyrästä on kuvassa 7 esitetty korjurin käyttöajanmenekki lumettoman maan olosuhteissa rungon koon mukaan. Pyöriväohjaamoisen korjurin ajanmenekkiäyrän taitepiste on noin 650 dm³:n kohdalla, minkä jälkeen runkokohtainen ajanmenekki alkaa nousta jyrkästi. Kuormatraktorialustaisen korjurin ajanmenekkiäyrässä ei näyttäisi tulevan vastaavanlaista ajanmenekin jyrkkää kasvua, mutta se johtunee aineiston pienuudesta suurilla rungonkokoluokilla.



Kuva 7. Korjurin käyttöajanmenekki kesäolosuhteissa.

4.2 Tuottavuus

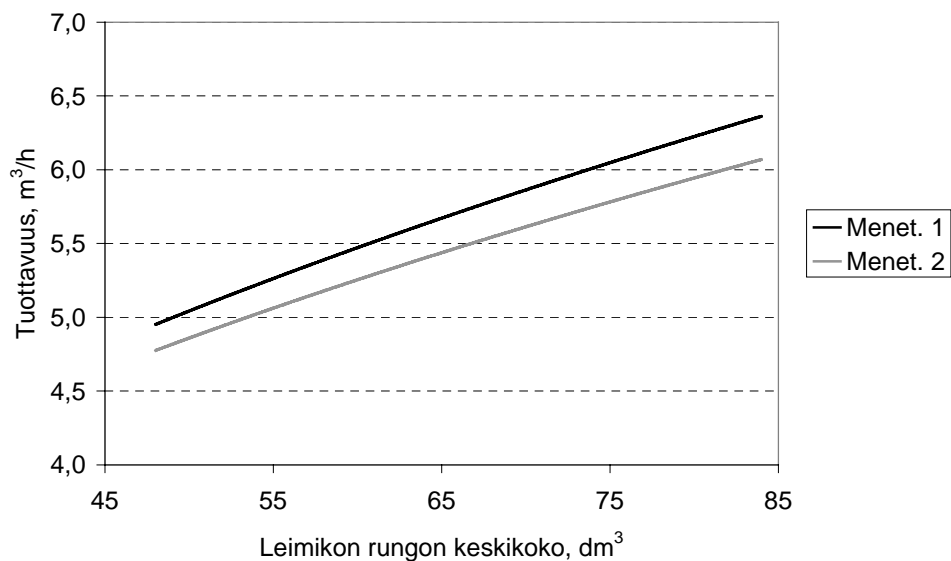
Korjurin tuottavuus on se puumäärä, jonka kone pystyy korjaamaan tietyssä aikayksikössä. Tuottavuus määritettiin erikseen pyöriväohjaamoiselle ja kuormatraktorialustaiselle korjurityypille (kuva 8). Hyvin pienellä leimikon rungon keskikoolla ei konetyyppien tuottavuuksissa ollut juuri eroa. Rungon keskikoon kasvaessa myös konetyyppien välinen ero kasvoi. Rungon keskikoon ollessa 200 dm³ oli ero pyöriväohjaamoisen korjurin hyväksi jo 20 %.



Kuva 8. Korjurityyppien käyttötuntuottavuudet.

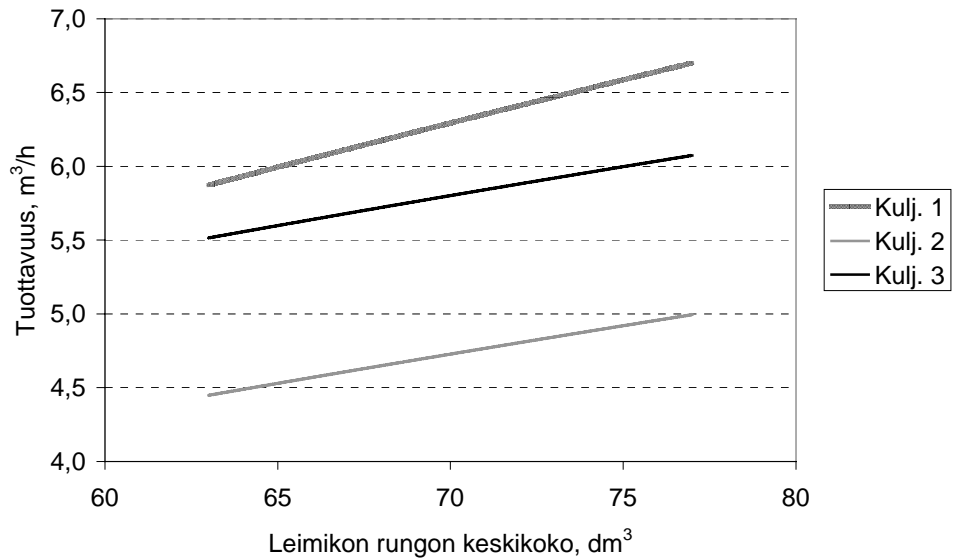
Työmenetelmä- ja kuljettajavertailuiden aineisto kerättiin ensiharvennuksetta. Niinpä näiden vertailujen tuottavuuskäyrät esitetään lyhyeltä rungonkokoalueelta (kuvat 9 ja 10).

Tuottavuusero oli työmenetelmien välillä melko pieni 4,0 % rungonkoolla 60 dm³ (kuva 9). Työmenetelmien vertailua vaikeuttaa se, ettei kuljettajalla ollut kokemusta menetelmästä 2 juuri lainkaan. Tuloksesta voidaan kuitenkin päätellä, että menetelmä 2 on oikeissa olosuhteissa kuljettajan harjaannuttua vähintään kilpailukykyinen menetelmään 1 verrattuna.



Kuva 9. Korjurin tehotuntuottavuus eri työmenetelmillä.

Kuljettajien välillä oli tuottavuudessa merkittäviä eroja (kuva 10). Kuljettaja 1 oli työskennellyt tutkimuksessa mukana olleella Pikan korjurilla pisimpään, noin 8 kuukautta, kuljettaja 3 muutaman kuukauden ja kuljettaja 2 noin tunnin verran ennen tutkimuskoealaa. Kuljettajalla 2 oli kokemusta samalta konetyypiltä, mutta koneiden asetukset poikkesivat jonkin verran toisistaan. Lisäksi on muistettava, että työ korjurilla oli kaikille kuljettajille suhteellisen uutta.



Kuva 10. Korjurin tehotuntituottavuus eri kuljettajilla kesäolosuhteissa.

4.3 Kustannusvertailu

Kustannusvertailu tehtiin Metsäteho Oy:n korjuun kustannuslaskentaohjelmalla. Lähtökohtana oli koko vuoden korjuumäärä sekä korjurilla että perinteisellä ketjulla. Olosuhteet olivat tutkimuskoealoilla toteutuneet, eli ketjulla käytettiin samoja kertymiä, mitkä olivat perusteina korjurin tuotoslaskelmissa. Perinteisen ketjun laskelmissa taustalla olivat Metsätehon aiemmat aineistoiltaan laajat maksuperuste- ja harvennushakkuututkimukset.

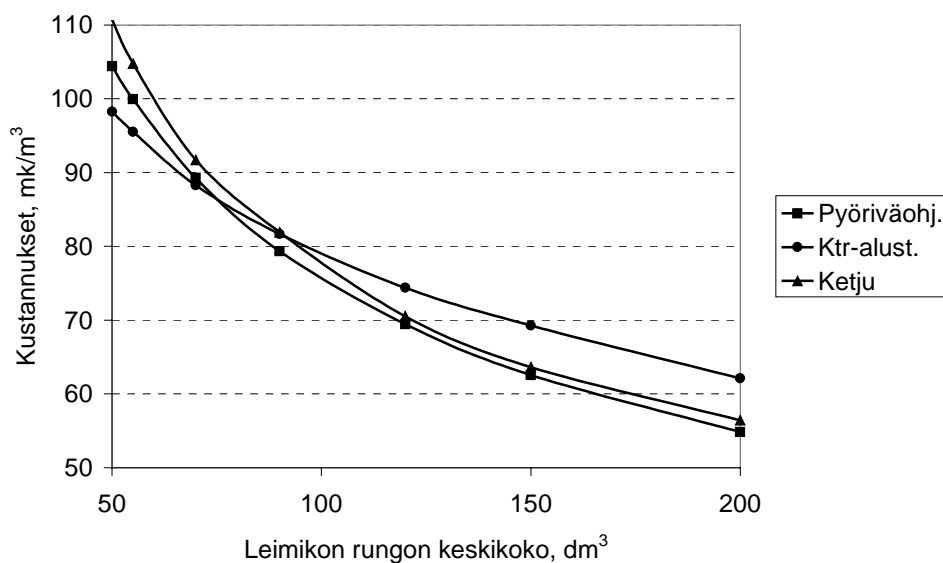
Laskelmissa asetettiin vuotuinen käyttötuntimäärä samaksi, 2 570 tuntia. Harvennusten osuus oli 90 % ja keskimääräinen työmaan koko 200 m³.

Tarkoituksena oli vertailla harvennusketjua, ei siis yleisketjua, korjuriin. Näin myös hakkuukoneen ja kuormatraktorin hankintahinnaksi määritettiin harvennuskoneiden hinnat. Hakkuukoneen hintana käytettiin 1,5 milj. mk ja kuormatraktorin 0,95 milj. mk (kaikki hinnat verottomia). Pyöriväohjaamoisen korjurin hankintahinta oli 1,6 milj. mk ja kuormatraktorialustaisen korjurin 1,23 milj. mk. Korjurin käyttöäksi arvioitiin 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.

Kuvassa 11 on verrattu harvennushakkuun korjuukustannuksia edellä esitetyillä laskentaperusteilla. Kun leimikon rungon keskikoko harvennushakkuussa on alle 75 dm³, näytti kuormatraktorialustainen korjuri olevan kaikkein edullisin. Noin 90 dm³:iin saakka tämä konetyyppi oli perinteistä ketjua halvempi. Pyöriväohjaamoinen korjuri oli ainakin 200 dm³:iin saakka hieman edullisempi kuin perinteinen ketju. Kaikkiaan erot olivat suhteellisen pieniä. Ainoastaan suuremmilla rungonko'illa kuormatraktorialustainen korjuri erottui selvästi kalleimpana.

Laskelmissa käytetyllä hakkuumenetelmäjakaumalla päätehakkuun kustannukset olivat tämän tutkimuksen olosuhteissa – rungon keskikoko 383 dm³ – pyöriväohjaamoisella korjurilla 34 mk/m³, kuormatraktorialustaisella korjurilla 46 mk/m³ ja ketjulla 37 mk/m³.

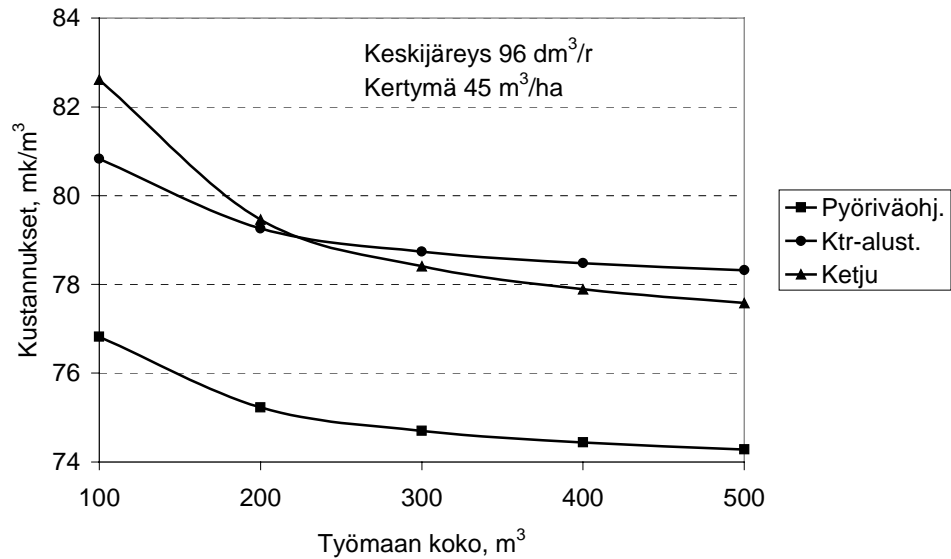


Kuva 11. Harvennushakkuun korjuukustannukset pyöriväohjaamoisella ja kuormatraktorialustaisella korjurilla sekä yksiotharvesteriketjulla.

Kustannusvertailu tehtiin myös käytettyyn kuormatraktoriin perustuvalla ketjulla ja käytettyyn kuormatraktoriin perustuvalla korjurilla. Käytetyn kuormatraktorin hinnaksi arvioitiin peruskorjattuna 700 000 mk ja jäljellä olevaksi käyttötuntimääräksi 9 000 tuntia. Huolto- ja korjauskustannukset arvioitiin 20 % korkeammiksi kuin uudella koneella.

Kustannukset osoittautuivat samantasoisiksi kuin uusiin alustakoneisiin perustuvat. Kasvaneet korjaus- ja huoltokustannukset poistivat pienemmistä pääomakustannuksista saadun hyödyn. Näin ollen vanhaan alustakoneeseen perustuva korjuri ei juurikaan tuo kustannusetua.

Siirtokustannusten vaikutus osoittautui pieneksi. Keskimääräisellä tutkimuksessa toteutuneella rungon koolla ja kertymällä tehty vertailu kertoo pyöriväohjaamoisen korjurin olevan kilpailukykyinen keskimääräisen työmaan koon vaihdellessa välillä 100 – 500 m³ (kuva 12).



Kuva 12. Harvennushakkuun korjuukustannukset pyöriväohjaamoisella ja kuormatraktorialustaisella korjurilla sekä perinteisellä ketjulla työmaan koon mukaan.

Mielenkiintoinen tarkastelu on yksittäisten kustannuserien kuutiometrikohdainen vertailu perinteisen ketjun ja korjurin välillä. Tämä vertailu on esitetty taulukoissa 6 ja 7 kolmella harvennushakkuun rungon keskikoolla ja päätehakkuun rungon keskikoon ollessa kaikissa näissä vaihtoehdoissa 300 dm³. Harvennusten osuus on 90 % kuten muissakin kustannuslaskelmissa.

Tarkastelu osoittaa, että konetyypeillä eri kustannuserät ovat edullisimpia. Tilavuuskohtaiset pääomakustannukset ovat suuremmat pyöriväohjaamoisella korjurilla kuin kuormatraktorialustaisella korjurilla. Kuormatraktorialustaiselle korjurille ne tuovat jopa etua pienellä rungon koolla perinteiseen ketjuun verrattuna. Työvoimakustannukset taas ovat edullisempia pyöriväohjaamoisella korjurilla.

Jos verrataan pyöriväohjaamoista korjuria ja perinteistä ketjua, voidaan todeta merkittävimpien etujen korjurille muodostuvan työvoima-, korjaus- ja huolto- sekä siirtokustannuksista.

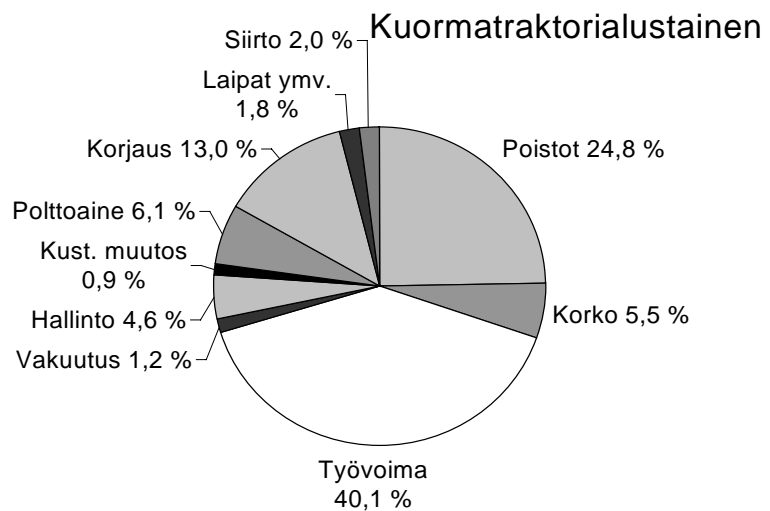
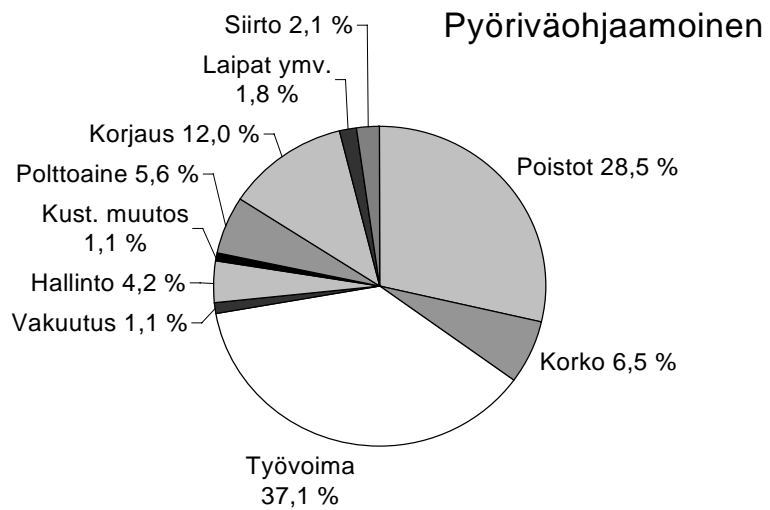
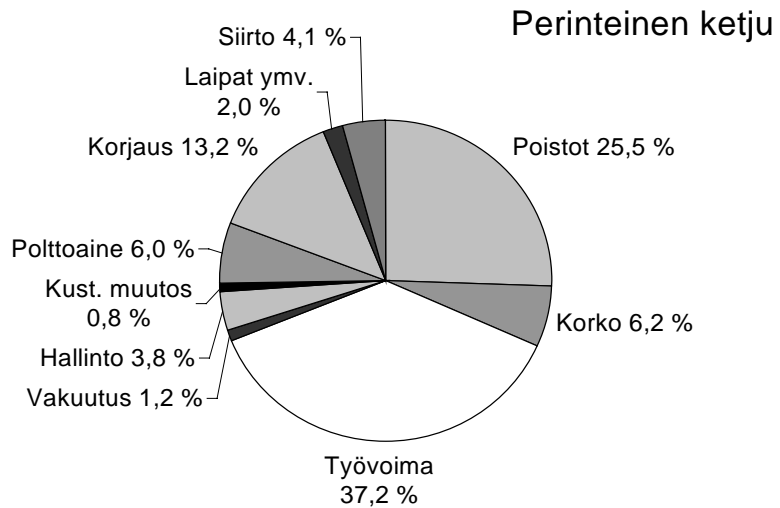
Kuvassa 13 on esitetty eri konetyyppien kustannusjakaumat.

TAULUKKO 6 Pyöriväohjaamoisen korjurin korjuun kustannusero verrattuna perinteiseen ketjuun. Laskettu siten, että ketjun kustannuksista on vähennetty korjurin kustannukset

Rungon keskikoko, dm ³	50	100	200
AIKARIIPPUVAT KUSTANNUKSET, mk/m³			
Pääoman poistot	-0,59	-1,48	-1,98
Korkokustannukset	0,67	-0,07	-0,36
Työvoimakustannukset	2,04	1,14	1,89
Vakuutusmaksut	0,29	0,07	-0,03
Hallinto- ja ylläpitokustannukset	0,34	-0,20	-0,41
Arvioitu kustannusmuutos	0,03	-0,01	-0,01
MUUTTUVAT KÄYTTÖKUSTANNUKSET, mk/m³			
Polttoainekustannukset	0,39	0,43	0,46
Korjaus- ja huoltokustannukset	1,65	1,18	0,96
Laipat, ketjut ja teräketjuöljy	0,39	0,17	0,06
Siirtokustannukset	1,50	1,50	1,50
Arvioitu kustannusmuutos	0,02	0,02	0,01
YHTEENSÄ	6,74	2,74	2,08

TAULUKKO 7 Kuormatraktorialustaisen korjurin korjuun kustannusero verrattuna perinteiseen ketjuun. Laskettu siten, että ketjun kustannuksista on vähennetty korjurin kustannukset

Rungon keskikoko, dm ³	50	100	200
AIKARIIPPUVAT KUSTANNUKSET, mk/m³			
Pääoman poistot	4,19	0,02	-2,28
Korkokustannukset	1,98	0,44	-0,30
Työvoimakustannukset	0,92	-2,83	-3,28
Vakuutusmaksut	0,26	-0,05	-0,19
Hallinto- ja ylläpitokustannukset	0,21	-0,66	-1,00
Arvioitu kustannusmuutos	0,08	-0,03	-0,07
MUUTTUVAT KÄYTTÖKUSTANNUKSET, mk/m³			
Polttoainekustannukset	0,22	-0,17	-0,33
Korjaus- ja huoltokustannukset	1,29	-0,11	-0,72
Laipat, ketjut ja teräketjuöljy	0,37	0,08	-0,05
Siirtokustannukset	1,50	1,50	1,50
Arvioitu kustannusmuutos	0,02	0,00	-0,01
YHTEENSÄ	11,03	-1,82	-6,72



Kuva 13. Kustannusjakauma eri konetyypeillä rungon keski-
koon ollessa 100 dm³.

Kustannustarkastelussa on siis havaittu etuja korjurilla verrattuna perinteiseen ketjuun. Kuitenkin on muistettava, että korjuri on vielä kehityksensä alkutaipaleella eli saatuja lukuarvoja ei voi käyttää absoluuttisina, vaan ne pikemminkin kuvaavat kustannusten suuruusluokan. Esimerkkinä epävarmuudesta voidaan mainita laskelmissa käytetyt korjurin hankintahinnat. Vielä tässä vaiheessa on vaikea asettaa arviota tulevasta sarjavalmistesteiden korjureiden hinnasta, koska alalla ei ole markkinoita ja kilpailua, eikä kaikkia mahdollisia lisävarusteita – esimerkiksi kantokäsittely ja värimerkkaus – ole koneisiin vielä asennettu.

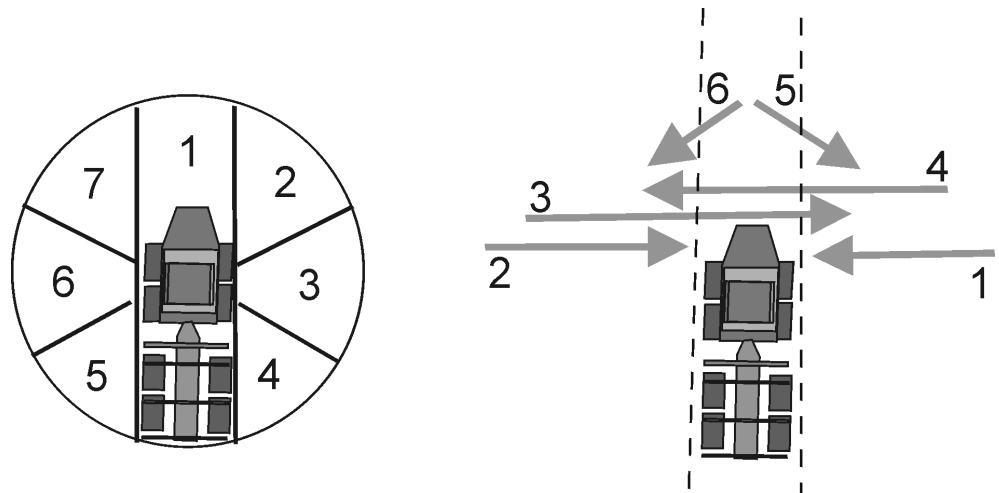
Lähtökohtana arvioille voitaneen pitää sitä, että kehitysvaiheessa olevan koneratkaisun ollessa kustannusvertailussa samalla tasolla käytössä oleviin menetelmiin verrattuna, on uusi menetelmä jatkossa kilpailukykyinen. Korjureista puhuttaessa on huomioitava sen käyttömahdollisuudet kaikilla harvennushakkuiden rungonkokuoluokilla ja jopa pienimuotoisessa avohakkuussa.

4.4 Menetelmätarkastelu

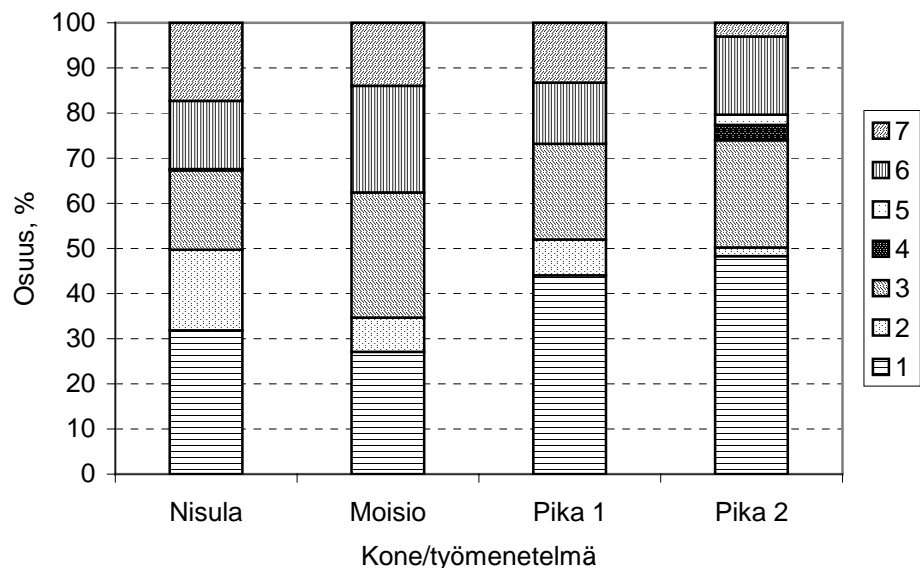
Työmenetelmätarkastelussa vertailtiin eri tekijöitä talvella ensi- ja toisella harvennuksella puhtaassa männikössä. Ensiharvennuksella vertailun lähtökohtana oli kolme konetta ja lisäksi työmenetelmä 2 Pikalla (jäljempänä menetelmä 2, kuvissa Pika 2). Moisio ja Pikan menetelmä 2 ovat verrattavissa toisiinsa ja Nisula ja Pikan menetelmä 1 ovat samanlaisia. Toisella harvennuksella vertailtiin vain kolmea konetta keskenään, koska työmenetelmä oli kaikilla sama. Muuttujia on havainnoitu sekä hakkuusta että metsäkuljetuksesta.

Menetelmävertailujen tuloksia arvioitaessa täytyy muistaa taustalla olevan myös yksittäisen kuljettajan eli kaikki erot eivät johdu konemallista tai työmenetelmästä.

Hakkuussa voidaan tarkastella esimerkiksi ottosektori- ja käsittelypaikkajakaumaa sekä kaadetun puun siirtomatkaa. Kuvassa 14 on esitetty ottosektori- ja käsittelypaikkakoodit. Ottosektorijakaumaa kuvaa parhaiten ensiharvennuksen jakauma (kuva 15). Toisella harvennuksella toteutuu hyvin samankaltainen jakauma sillä poikkeuksella, että urapuita ei ole, eli ottosektori 1 puuttuu. Moisio-koneella otettiin eniten puita kohtisuoraan sivuilta eli sektoreilta 3 ja 6. Tämä mahdollistaa parhaan ulottuvuuden, mutta samalla se vähentää mahdollisuutta viedä puu valmistettavaksi toiselle puolelle uraa.

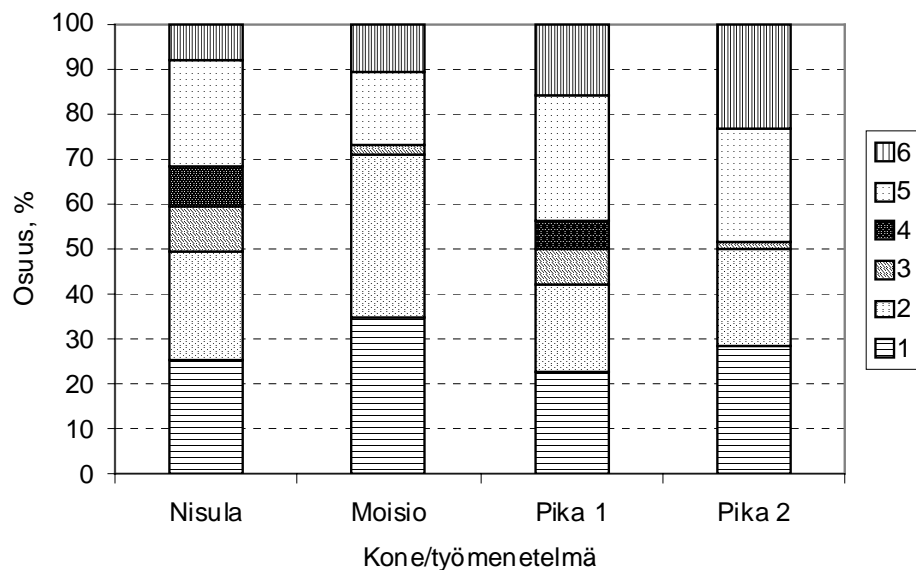


Kuva 14. Ottosektori- ja käsittelypaikkakoodit. Ottosektorikoodit esittävät pyöriväohjamoisen korjurin koodeja, kuormatraktorilustaisella korjurilla edetään ensiharvennuksella kuormatila edellä eli ottosektori 1 on kuormatilan edessä. Käsittelypaikkakoodeissa nuolet kuvaavat kaadetun puun siirtoa ennen valmistusta.



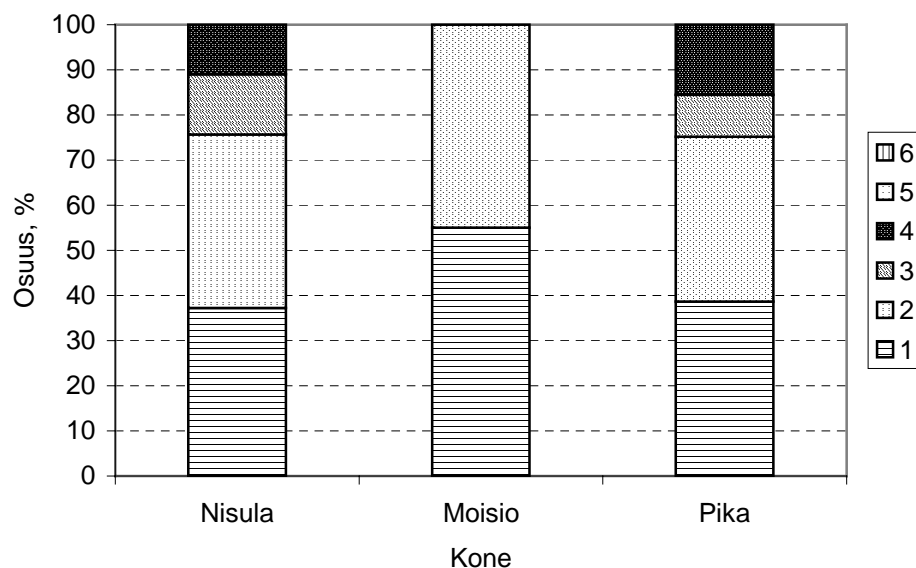
Kuva 15. Hakkuun ottosektorijakauma ensiharvennuksella (kuvarasterikoodit kuvassa 14).

Käsittelypaikka määräytyy pitkälti koneyyppin ja työmenetelmän mukaan (kuvat 16 ja 17). Nisulan koneella ja Pikalla menetelmällä 1 vietiin puita paljon uran yli valmistettavaksi toiselle puolelle uraa. Moision koneella näin ei voitu tehdä, koska puun siirto kuormatilan yli on hankalaa. Samoin on laita Pikalla menetelmällä 2. Sama ilmiö näkyy käsittelypaikkojen 1 ja 2 suurena osuutena ja toisaalta käsittelypaikkojen 3 ja 4 puuttumisella lähes kokonaan kyseisillä menetelmillä. Näitä pitkiä siirtomatkoja tulisikin – havutustarve huomioiden – välttää, koska ne lisäävät hakkuun ajanmenekkiä.



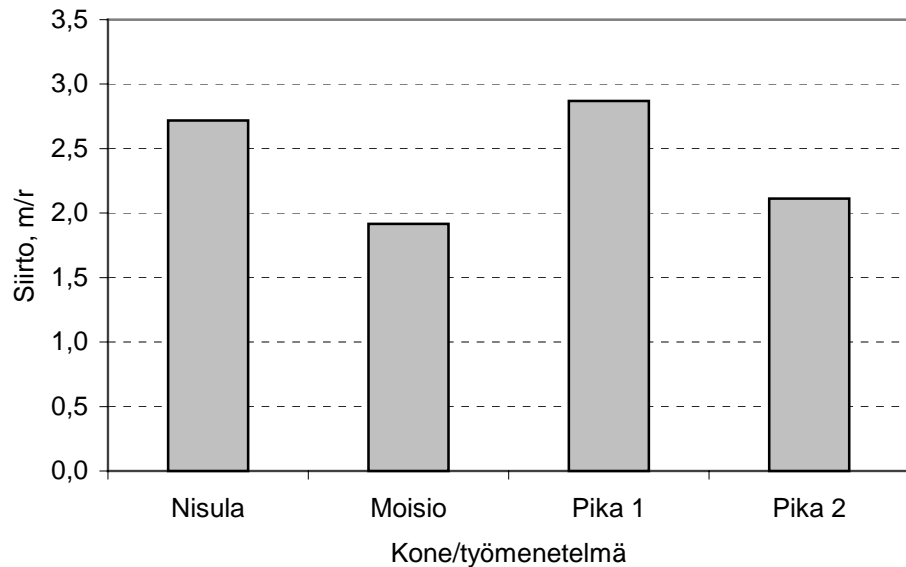
Kuva 16. Käsittelypaikkajakauma ensiharvennuksella (rasterikoodit kuvassa 14).

Toisella harvennuksella voidaan havaita sama ilmiö. Pyöriväohjaamoisilla koneilla vietiin puita yli ajouran ja kuormatraktorialustaisella koneella ei. Toisella harvennuksella puuttuu luonnollisesti käsittelypaikat 5 ja 6, koska ajouralla ei ole puita.



Kuva 17. Käsittelypaikkajakauma toisella harvennuksella (rasterikoodit kuvassa 14).

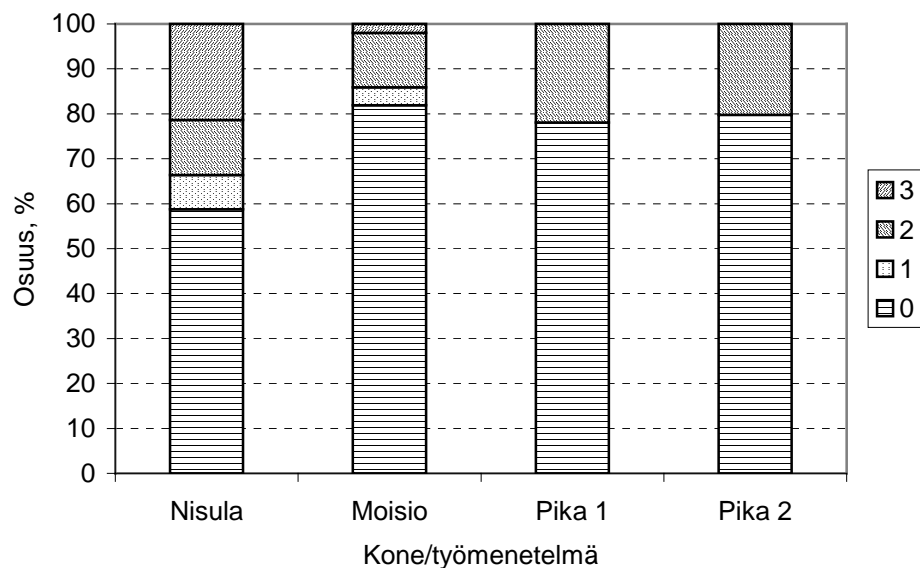
Kaadetun puun siirtomatka osoittaa samaa kuin käsittelypaikkajakauma eli Nisulan koneella ja Pikalla menetelmällä 1 puun siirtomatka oli suurempi kuin Moision koneella ja Pikalla menetelmällä 2 (kuva 18). Siirtomatkaa tutkittaessa käytettiin metrin tarkkuutta. Siirtomatka oli aina vähintään metri eli vaikka puu olisi valmistettu kannon päällä piti kouraa kuitenkin kaadettaessa siirtää noin metri. Siirtomatka vaihteli metristä yli kymmeneen metriin keskiarvon ollessa 2,4 metriä. Puita siirrettiin yleensä tyvi edellä koneeseen päin, mutta joskus varsinkin Moision koneella ja Pikalla menetelmällä 2 myös koneesta poispäin.



Kuva 18. Kouran siirto puun kanssa ensiharvennuksella.

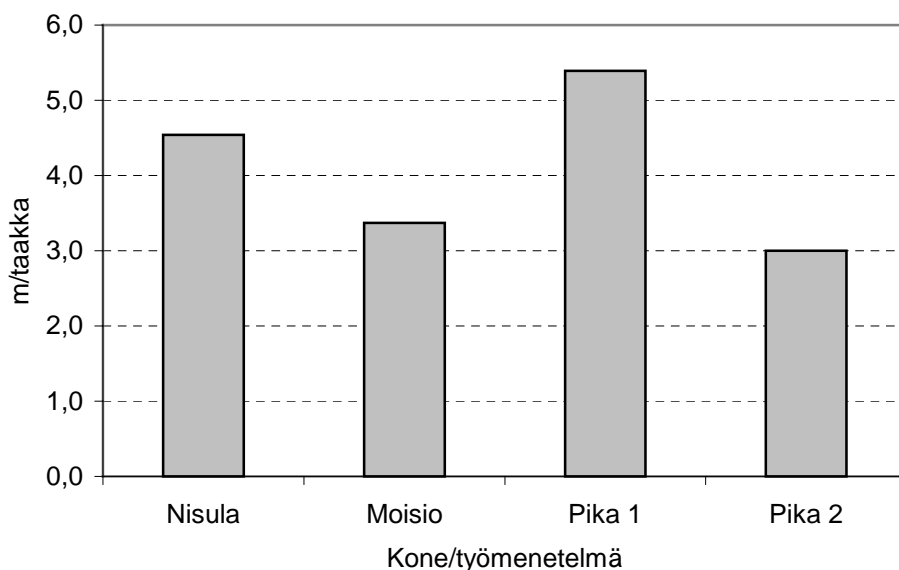
Metsäkuljetuksen ottosektori kuormatessa ei vaihdellut paljon koneittain tai menetelmittäin. Samoin taakan siirtomatka kuormaan oli melko vakio.

Taakan kääntäminen pystyyn on uusi korjuukouran mahdollistama piirre kuormaustyöhön. Etenkin ensiharvennuksella jäävien puiden ollessa tiheässä taakan siirtäminen pystyssä nopeuttaa kuormausta. Toinen merkittävä ominaisuus on taakan tasaumahdollisuus maata vasten kouran ollessa pystyssä. Kaikki tutkitut korjuukourat soveltuivat taakan pystyssä pitämiseen. Tämän mahdollisuuden käytössä oli kuitenkin kuljettajakohtaisia eroja (kuva 19). Nisulan kuljettaja käänsi taakan pystyyn noin 40 prosentissa taakoista ja muut kuljettajat noin 20 prosentissa taakoista. Jos taakka käännetään pystyyn, tulisi hyödyntää samalla myös taakan tasaumahdollisuus (kuvassa 19 muuttuja 3).

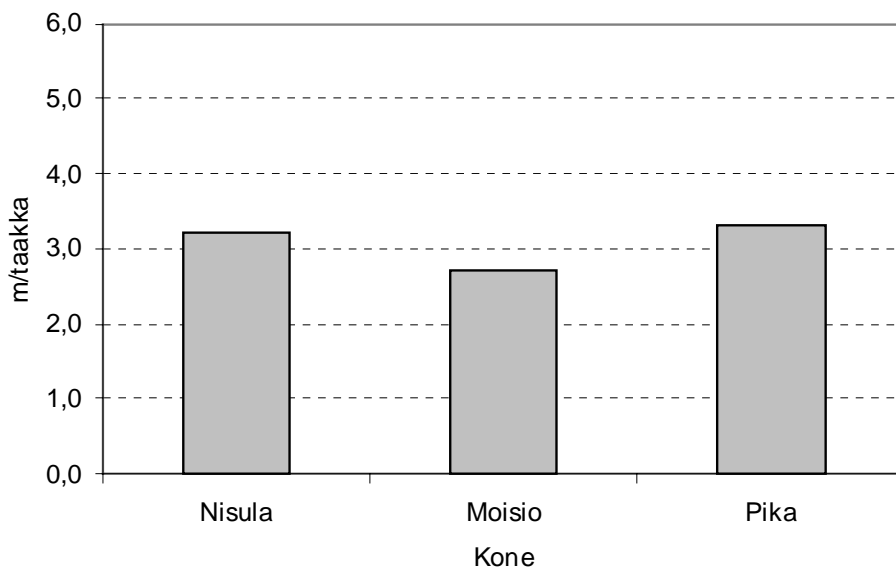


Kuva 19. Taakan pystyynkääntämisen käyttö kuormatessa ensiharvennuksella. Rasterikoodit: 0 = ei pystyssä, 1 = pystyssä siirrettäessä, 2 = pystyssä tasatessa ja 3 = pystyssä sekä siirrettäessä että tasatessa.

Kouran vienti taakalle kuormaustyövaiheessa onnistui huomattavasti pienemmällä liiketyömäärällä Moision koneella ja Pikalla menetelmässä 2 kuin Nisulan koneella ja Pikalla menetelmässä 1. Kuvasta 20 nähdään, että Pikalla menetelmällä 2 päästiin jopa pienempään liiketyömäärään kuin Moision koneella. Toisella harvennuksella ero oli pienempi, koska siellä on paljon sellaisia kourakasoja, jotka vaativat vähintään kaksi taakkaa (kuva 21).

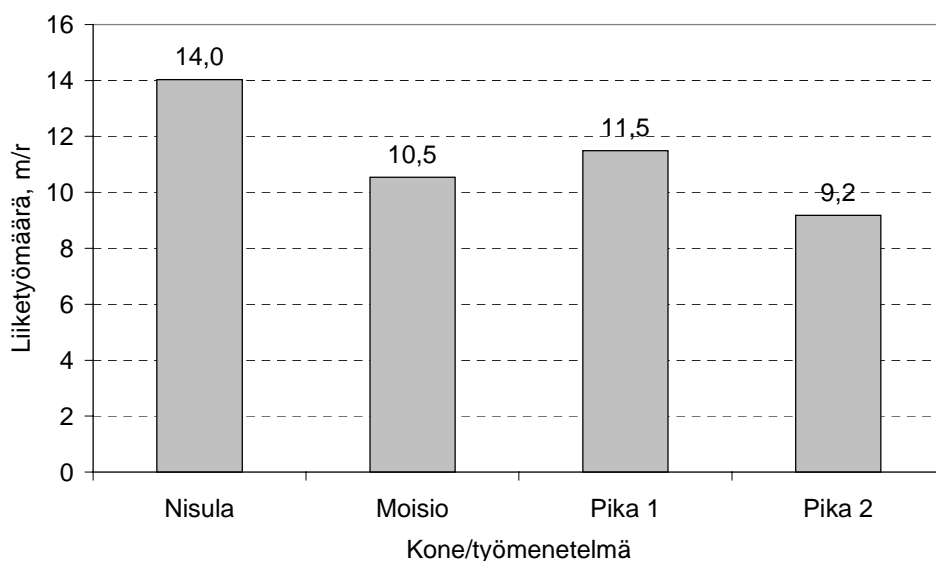


Kuva 20. Liiketyön määrä kouran viennissä taakalle ensiharvennuksella.



Kuva 21. Liiketyön määrä kouran viennissä taakalle toisella harvennuksella.

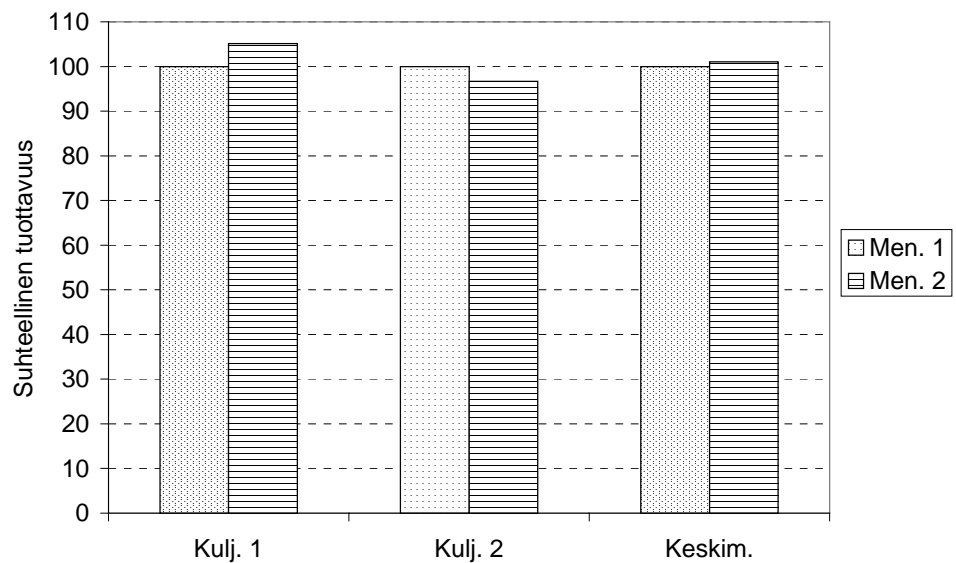
Liiketyömääriä vertailemalla voidaan havaita, että korjurityössä päästään pienimpiin liiketyömääriin työmenetelmällä 2 (kuva 22). Kuormatraktorialustaisen korjurin työskentely on lähellä menetelmää 2, joten se on myös liiketyömäärältään samantasoinen. Tämä vahvistaa sitä näkemystä, että menetelmän 2 tuottavuus tulee olemaan harjaantuneella kuljettajalla tämän tutkimuksen tuotoslukuja suurempi. Toisella harvennuksella kuormatraktorialustaisen korjurin liiketyömäärä oli pienin sekä runkoa että kuutiometriä kohti. Samaa konetta vertailtaessa ensi- ja toisella harvennuksella voidaan todeta, että runkoa kohti liiketyömäärä lisääntyy ja kuutiometriä kohti se vähenee.



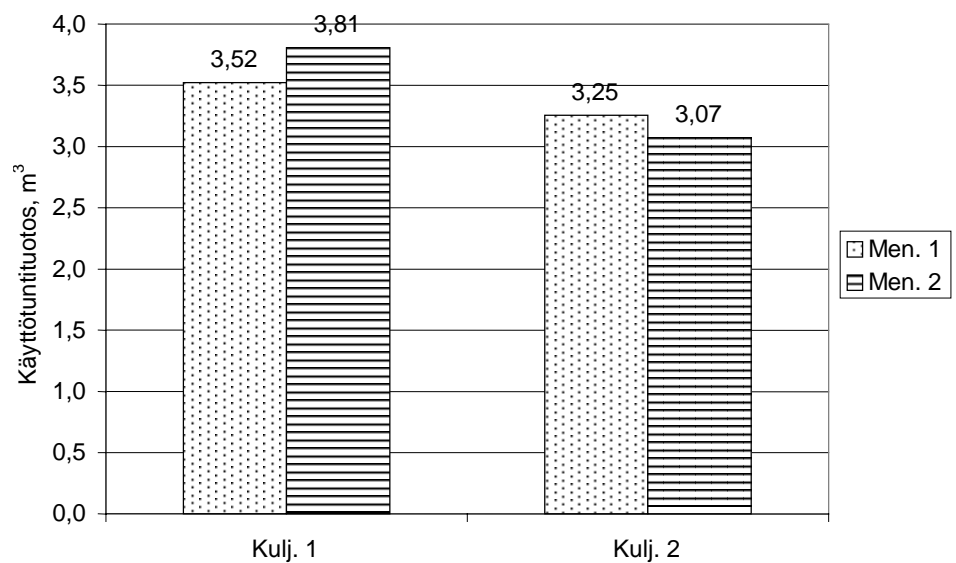
Kuva 22. Korjurin liiketyömäärä ensiharvennuksella.

4.5 Erillisen työmenetelmävertailukokeen tulokset

Erillisessä laajemmassa työmenetelmien aikatutkimukseen perustuvassa vertailukokeessa tuottavuudet menivät kuljettajittain ristiin, eikä niiden välillä ollut keskimäärin merkittävää eroa (kuva 23). Kuljettaja 1 oli kokeenempi korjurityöhön. Hänellä tuottavuus olikin parempi kuin kuljettajalla 2 (kuva 24). Käyttötuntituottavuudet olivat tässä menetelmäkokeessa kuitenkin pienempiä kuin aiemmassa peruskoesarjassa.



Kuva 23. Työmenetelmien suhteellinen tuottavuus.



Kuva 24. Käyttötuntituotos korjurin työmenetelmävertailussa.

Tuotoseroon tämän tutkimusosion ja peruskoesarjan välillä saattoi vaikuttaa se, että tutkimussarjat erosivat toteutustavaltaan toisistaan. Tämän tutkimusosion suoritus – noin viikon työjakso kuljettajaa ja menetelmää kohti – vastasi suoritustavaltaan ja kestoltaan enemmän normaalia korjuuta kuin peruskoesarjan kokeet, joissa yhden tutkimuskoealan muodosti satakunta runkoa. Tässä koeosiossa oli vain yksi koneimerkki, joten ei ollut tarvetta kilpailla toisia vastaan. Koneenkuljettajille myös korostettiin, että tarkoituksena on pääasiassa vertailla menetelmiä eikä selvittää tuotostasoa. Näin ollen voi olla, että tässäkin tutkimusosiossa käytetty käyttötuntituottavuuden korjauskerroin 1,36 – sama kuin peruskoesarjassa – oli tämäntyyppiseen kokeeseen liian suuri.

5 PÄÄTELMÄT

Pika oli koneena niin kookas, ettei se oikein pääse oikeuksiinsa vielä pienellä rungon keskikoolla. Pika oli levein ja raskain nyt tutkituista koneista. Moision korjuukoura soveltui kokonsa puolesta taas paremmin pienempien runkojen käsittelyyn kuin kaksi muuta tutkimuksessa ollutta korjuukouraa. Moision kouran pieni poikkipinta-ala näkyi myös hitaampana purkamisena. Rungon kooltaan paras käyttöalue riippuu siten kouran koosta aivan kuten hakkuukoneellakin. Korjuristakin saattaisi olla mahdollista kehittää yleiskone perinteisen ketjun tapaan.

Kuljettajien tuotosvertailussa näkyi koekoneelle vieraan kuljettajan varovaisuus, koska hän oli hitaampi jopa tyhjänä- ja kuormattuna-ajossa. Näin ollen suorien johtopäätösten tekeminen tästä kuljettajavertailusta voi olla harhaanjohtavaa.

Moision koneella oli selvästi pienemmät vienti- ja puunsiirtoajat pyörivä-ohjaamoisilla korjureilla, koska se valmisti työmenetelmästä johtuen puutavarannosturin puomin alla. Pieni kuormatila aiheutti puolestaan Moision koneella selvän ajoajanmenekin kasvun.

Tutkimuskoealoista osa raivattiin. Tämä tehtiin vertailtavuuden säilyttämiseksi ja yhden muuttujan poistamiseksi tutkimuksesta. Ennakkoraivauksesta huolimatta kuljettajat poistivat alikasvosta aikatutkimuksessa. Tämä toteutunut raivausaika sisällytettiin tehoaikaan, eikä sitä enää huomioitu seurantakertoimessa. Todennäköisesti raivauksen merkitys tuottavuuteen jäi näin liian pieneksi.

Kustannuslaskelmissa käyttöasteena käytettiin hakkuukoneen käyttöastetta eli 80 %. Käyttöaste voi nousta korkeammaksikin, kun koneet vakiintuvat. Tällä hetkellä käytössä olevien korjureiden käyttöaste on saattanut vielä jäädä alle 80 prosentinkin koneiden prototyypilounteesta johtuen.

Työmenetelmässä, jossa ensin avataan ajoura ja takaisin tullessa hakataan välialue ja kuormataan (menetelmä 2), pyritään yhdistämään hakkuu- ja kuormaustyövaiheita toisiinsa. Voisi sanoa, että tässä menetelmässä toimitaan ”aitona korjurina”. Laajemman työmenetelmäkokeen tuloksen mukaan kahden nykyisin käytettävän työmenetelmän välillä ei kuitenkaan näyttänyt olevan merkittävää eroa.

Liiketyömäärään perustuvassa työmenetelmätarkastelussa havaittiin menetelmällä 2 liiketyömäärän olevan pienempi kuin menetelmällä 1. Turhaa kaadetun puun siirtoa yli ajouran tulisi välttää. Siirtotarve riippuu tietysti havutuksen tarpeellisuudesta.

Korjuujälki on korjurilla mahdollista saada vähintään yhtä hyväksi kuin perinteisellä hakkuukoneen ja kuormatraktorin muodostamalla ketjulla. Tätä edesauttaa taakan pystyynkääntömahdollisuus tiheällä ensiharvennuksella. Taakan pystyynkääntöominaisuutta voisi soveltaa tavalliseen puutavarakouraanakin. Vauriopuu voidaan korjurityöskentelyssä poistaa vielä metsäkuljetuksen yhteydessä, jos puustopääoma sen sallii.

Ajomatkan määrä korjurilla riippuu leimikon muodosta ja puustosta. Korjurille epäedullisella leimikolla ajomatka saattaa tulla miltei yhtä suureksi kuin ketjulla. Selvästi vähemmän ajoa korjurilla tulee taas esimerkiksi siemenpuuhakkuulla.

Tässä tutkimuksessa korjurin korjuujälki oli Metlan analyysien mukaan jäävän puuston tilajärjestykseltä hieman epätasainen. Kaikilla koneilla oli havaittavissa voimakkaampi harvennus ajouran lähellä kuin nosturin ääriulottuvuudella. Korjuujälkitulokset raportoitiin Metla omassa tutkimusosuudessaan.

Korjurilla jää puutavaraa vähemmän metsään, koska lumi ei peitä puita ja sama kuljettaja valmistaa ja kuormaa puutavaran. Vaikka suuri määrä puutavaralajeja vaikeuttaa korjurin kuorman purkamista, niin toisaalta esimerkiksi värimerkkausta ei tarvita niin paljon, koska sama kuljettaja erottaa juuri valmistamansa tavaralajit paremmin toisistaan kuin toinen kuljettaja. Eräs etu on myös se, että talvella valoisan ajan ollessa lyhyt voidaan hakata valoisalla ja tehdä metsäkuljetus pimeällä. Oma merkityksensä kuljettajan vireytykseen ja jaksamiseen on myös korjurityön vaihtelevuudella. Pelkkä hakkuu vaatii jatkuvaa tarkkaavaisuutta ja on hyvin intensiivistä. Pieniäkään lepotaukoja ei ole. Korjurilla kuorman vienti tuo vaihtelua stressaavaan hakkuutyöhön.

Tutkimustulosten perusteella korjurit vaikuttavat varsin kilpailukykyisiltä perinteiseen korjuuketjuun verrattuna, joten niiden kehittämistä kannattaa jatkaa ja kokemuksia niiden käytöstä kartuttaa. Todennäköisesti kehitys kannattaa kohdistaa nimenomaan pyöriväohjaamoihin alustakone- ja nosturikoneisiin. Taksojen osalta kannattaa noudattaa kohtuullisuuden periaatetta, ettei hyvää kehitystä tukahdutettaisi alkuunsa.

KIRJALLISUUS

- Andersson, G.** 1989. Kombinationsmaskin skördare-skotare – en ny maskingeneration? Skogsarbeten, Resultat nr 17. 3 s.
- Brunberg, T.** 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. SkogForsk, Redogörelse nr 7. 22 s.
- "– 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. SkogForsk, Redogörelse nr 8. 18 s.
- Hallonborg, U.** 1998. Drivarens möjligheter. SkogForsk, Redogörelse nr 5. 8 s.
- 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.
- Metsätilastollinen vuosikirja 1999. Metsäntutkimuslaitos. 352 s.
- Sirén, M.** 1998. Hakkuukonetyö, sen korjuujälki ja puustovaurioiden enustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 694. 179 s.
- Strömgren, A.** 1999. Drivare, Produktivitet och ekonomi i gallring och slutavverkning. Studentuppsatser nr 23. Sveriges lantbruksuniversitet. 27 s.

S & A Nisula Oy:n korjurin tekniset tiedot

Peruskone Valmet 838 Combi

Oma paino	12 700 kg
Leveys	2 600 mm
Kuormatilan poikkipinta-ala	4,1 m ²
Moottori	
tyyppi	Valmet 411 CS
teho	75 kW
Voimansiirto	momentinmuunnin
Hydraulijärjestelmä	
työpumppu	2 säätövätilavuuksista pumppua
kapasiteetti	71 ja 45 l/min
paine	22,5 ja 16 MPa
Kuormain	
tyyppi	Nisula
nostomomentti	100 kNm
ulottuvuus	10,0 m
Ohjaamo	
kääntökulma	450°
kallistuskulma	±10°

Korjuukoura (pieni)

Paino	340 kg
Läpimitta, maksimi	400 mm
Syöttönopeus	4 m/s
Pumpun kapasiteettivaatimus	71 l/min
Syöttörullia	2 kpl

Korjuukoura (iso)

Paino	520 kg
Läpimitta, maksimi	480 mm
Syöttönopeus	5 m/s
Pumpun kapasiteettivaatimus	100 l/min
Syöttörullia	2 kpl

Velj. Moisio Oy:n korjurin tekniset tiedot

Peruskone Valmet 840

Oma paino		10 600 kg
Leveys		2 740 mm
Kuormatilan poikkipinta-ala		2,8 m ²
Moottori		
	tyyppi	Valmet 420 DW
	teho	86 kW
Voimansiirto		hydrostaattis-mekaaninen
Hydraulijärjestelmä		
	työpumppu	vakiopaine
	kapasiteetti	160 l/min
	paine	17,5 MPa
Kuormain		
	tyyppi	Loglift 70
	nostomomentti	70 kNm
	ulottuvuus	10,1 m
Ohjaamo		
	kääntökulma	0°
	kallistuskulma	istuin kallistuu ±15°

Korjuukoura Moipu 400

Paino	450 kg
Läpimitta, maksimi	450 mm
Syöttönopeus	0 – 5 m/s
Pumpun kapasiteettivaatimus	160 l/min
Syöttörullia	2 kpl

S. Pinomäki Ky:n yhdistelmäkoneen tekniset tiedot**Peruskone Pika 828 Combi-Trac Senior**

Oma paino		13 900 kg
Leveys		2 900 mm
Kuormatilan poikkipinta-ala		3,3 m ²
Moottori		
	tyyppi	Perkins 1006-60T
	teho	113 kW
Voimansiirto		hydrostaattis-mekaaninen
Hydraulijärjestelmä		
	työpumppu	kuormantunteva mäntäpumppu
	kapasiteetti	300 l/min
	paine	20 MPa
Kuormain		
	tyyppi	Marttiini M100SP/M 12PL
	nostomomentti	100 kNm
	ulottuvuus	9,6 m
Ohjaamo		
	kääntökulma	450°
	kallistuskulma	±14° kaikkiin suuntiin

Korjuukoura Pika 400

Paino	540 kg
Läpimitta, maksimi	500 mm
Syöttönopeus	4 m/s
Pumpun kapasiteettivaatimus	180 l/min
Syöttörullia	3 kpl

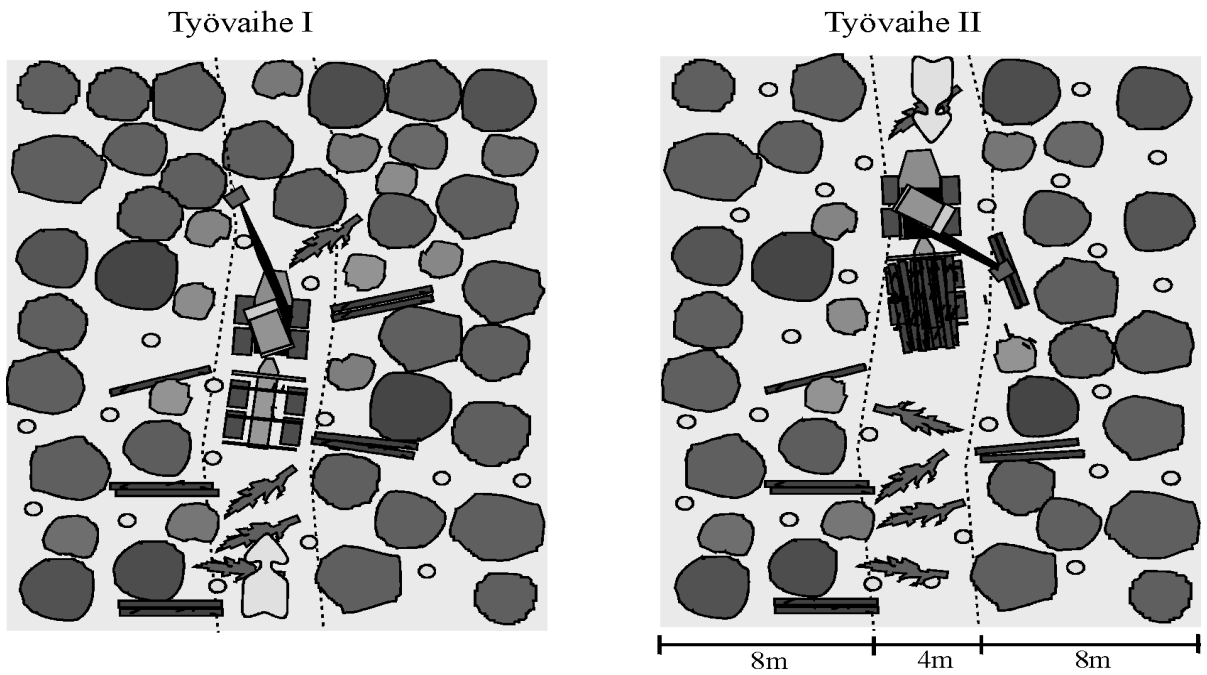
TILATIETOJEN KERUUKOODIT

Hakkuussa:

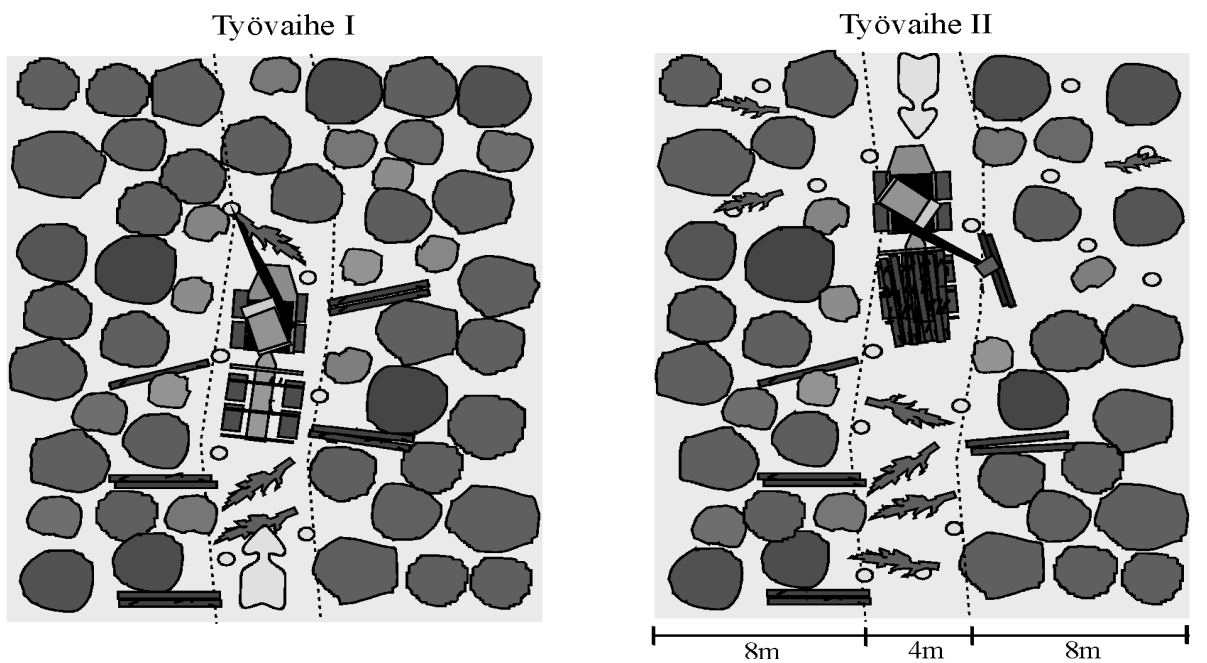
- Siirtyminen:** Siirtymismatka, m (sama kuin aikatutkimuksessa)
- Työpiste:** Juokseva numerointi (sama kuin aikatutkimuksessa)
- Ottokulma:** Puun ottokulma sektorein 1 – 7. Moisio: 1 = kuormatilan takana, muut: 1 = ohjaamon edessä
- Koura puulle:** Kouran kulkema matka viennissä puulle, m
- Työtila:** Työtila sen vyöhykkeen leveytenä, jossa koura siirretään kaadettavalle puulle: 1 = alle 2 m, 2 = 2 – 3 m, 3 = 3 – 4 m, 4 = yli 4 m
- Puut:** Puiden lukumäärä vyöhykkeellä, jotka ovat alueella vyöhykkeen rajapuut + 1 m sivuille jatkuen 5 m kaadettavan puun taakse
- Siirto puunkanssa:** Matka, jota puuta siirretään, ennen kuin se on kokonaan valmistettu, m
- Käsittelypaikka:** Puun käsittelypaikka: 1 = käsittely ottopuolella (oikea), 2 = käsittely ottopuolella (vasen), 3 = käsittely vastapuolella (otto vasemmalta), 4 = käsittely vastapuolella (otto oikealta), 5 = urapuun teko oikealle, 6 = urapuun teko vasemmalle
- Valmistetut pölkyt:** Rungosta valmistettujen pölkkyjen lukumäärä
- Kouran vienti koneelle:** Kun kouraa ei viedä uudelle puulle samalla puolella uraa, vaan se tuodaan koneen eteen tai taakse joko siirtymistä tai työn suunnittelua varten tai uran toisella puolella työskentelyä varten (edellyttää kouran pysäyttämisen), m
- Järjestely:** Kouran siirtomatka pölkkyjä tai hakkuutähteitä järjestettäessä, m

Raivaus:	Kouran siirtomatka raivatessa, m
Muut:	Kouran siirtomatka muissa kuin edellä mainituissa liikkeissä, m
Metsäkuljetuksessa:	
Siirtyminen:	Siirtymismatka, m (sama kuin aikatutkimuksessa)
Työpiste:	Juokseva numerointi (sama kuin aikatutkimuksessa)
Taakan ottokulma:	Puun ottokulma sektorein 1 – 7. Moisio: 1 = kuormatilan takana, muut: 1 = ohjaamon edessä
Koura taakalle:	Kouran kulkema matka viennissä taakalle, m
Työtila:	Työtila sen vyöhykkeen leveytenä, jossa koura siirretään taakalle seuraavin koodein: 1 = alle 2 m, 2 = 2 – 3 m, 3 = 3 – 4 m, 4 = yli 4 m
Taakka pystyssä:	Taakan kääntäminen pystyyn: 0 = ei pystyssä, 1 = pystyssä taakkaa siirrettäessä, 2 = pystyssä taakkaa tasattaessa, 3 = pystyssä sekä taakkaa siirrettäessä että tasattaessa
Siirto taakan kanssa:	
	Matka, joka taakkaa siirretään kuormatilaan, m
Kouran vienti koneelle:	
	Kun kouraa ei viedä uudelle taakalle samalla puolella uraa, vaan se tuodaan koneen eteen tai taakse joko siirtymistä tai työn suunnittelua varten tai uran toisella puolella työskentelyä varten, m
Järjestely:	Kouran siirtomatka pölkkyjä tai hakkuutähteitä järjestettäessä, m
Raivaus:	Kouran siirtomatka raivatessa, m
Muut:	Kouran siirtomatka muissa kuin edellä mainituissa liikkeissä, m.

Menetelmä 1 Pyörivävöohjaamoinen



Menetelmä 2 Pyörivävöohjaamoinen



Menetelmä 2 Kuormatraktorialustainen

