



MÖNKIJÄ PUUTAVARAN LÄHI- KULJETUKSESSA

Juhani Ylönen

Opinnäytetyö
Elokuu 2015
Metsätalouden koulutus-
ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden koulutusohjelma

Ylönen, Juhani
Mönkijä puutavaran lähikuljetuksessa

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Elokuu 2015

Viime vuosina mönkijöiden määrä on kasvanut maassamme voimakkaasti. Eri lähteiden mukaan Suomessa on 60 000 – 80 000 mönkijää. Määrän lisääntymisen myötä niitä käytetään yhä enemmän omatoimisissa metsänhoitotöissä.

Jyväskylän ammattikorkeakoululla on käynnissä metsänhoidossa käytettäviin kevyisiin koneisiin liittyvä tutkimus- ja kehittämishanke. Hankkeessa selvitetään kevyiden koneiden ja niihin liitettävien lisälaitteiden nykyinen käyttö ja käyttökelpoisuus, käytön taloudellinen tehokkuus ja muut mahdolliset hyödyt metsänhoitotyön eri vaiheissa sekä julkaistaan tietoa tutkimustuloksista.

Tutkimushankkeeseen liittyen opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää yksikkökustannuksia mönkijällä suoritettavassa puutavaran lähikuljetuksessa. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena erilaisella kuljetuskalustolla erilaisissa olosuhteissa. Opinnäytetyön yhteydessä otettiin huomioon myös lähikuljetuskaluston käytettävyys ja kirjattiin mahdollisia parannusehdotuksia.

Tulosten perusteella lähikuljetus ei ole taloudellisesti kannattavaa jos sitä verrataan kuormatraktorilla suoritettua lähikuljetusta yksikkökustannuksiin. Kuormatraktorilla suoritettuun lähikuljetukseen verrattuna tuottavuus jäi myös pieneksi.

Yksikkökustannusten suuruudesta ja pienestä tuottavuudesta huolimatta mönkijällä suoritettu puutavaran lähikuljetus on joissakin tapauksissa kuitenkin perusteltua. Luontoarvot, paikalliset olosuhteet, pieni hakkuun kokonaiskertymä tai vähäinen pinta-alakertymä puoltavat mönkijällä suoritettua lähikuljetusta. Metsätöistä ja oman metsän hoitamisesta saatu hyvinvointi ja terveyshyödyt eivät ole taloudellisesti mitattavissa. Jos, ja kun mönkijä on hankittu jokainen hyödyllinen käyttötunti pienentää sen laskennallisia kiinteitä kustannuksia.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in forestry

Ylönen, Juhani
Timber forest transportation by ATV

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 2 pages
August 2015

Over the last few years the number of ATV's has increased in Finland. Depending on the source, the number is between 60 000 and 80 000. When the number has increased, the ATV's are used more and more in independent forestry works.

Jyväskylä University of Applied Sciences (JAMK) is carrying out a research and development project concerning lightweight machines in forestry. The goal of the project is to examine use and usability of lightweight machines and their equipment, the economic and productive efficiency and other possible benefits in forestry.

This thesis is related to that project, and its aim is to find out the forest transportation costs per unit: euros per solid cubic metre and euros per hour. The research was executed as a case study with different transport equipment and under different circumstances. During the research the usability of the ATV's and forest transportation considered. Possible benefits in use were recorded.

Based on the results of the research, forest transportation with ATV is not economical if it is compared with forest transportation used with forwarders. Unit costs per cubic meter are more expensive and productivity is much smaller. However, sometimes it is justified to do forest transportation by ATV. Nature values, local circumstances, small quantity of logging or small accumulation per area unit are factors that make forest transportation by ATV recommended. The well-being and health benefits of working and taking care your own forest cannot be evaluated economically. When and if an ATV is bought, every useful hour decreases its fixed costs.

People have different hobbies and those have some costs. Forest transportation by ATV is a not bad hobby, do it.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	MÖNKIJÄN KÄYTTÖ PUUTAVARAN LÄHIKULJETUKSESSA	7
2.1	Hakkuumäärät ja kustannukset	7
2.2	Kustannusten muodostuminen	8
2.3	Taustatietoa mönkijöistä	9
2.4	Mönkijät ja niihin soveltuvat metsäperävaunut	10
2.5	Mönkijälle soveltuvat lähikuljetuskohteet	12
2.6	Aiemmin suoritettujen tutkimusten ja testien tuloksia.....	13
3	TUTKIMUSJÄRJESTELYT	18
3.1	Puutavaran lähikuljetus tavallisella metsäperävaunulla.....	18
3.2	Tukkien lähikuljetus juontokärryllä.....	19
3.3	Kuitupuiden lähikuljetus hydrauliperävaunulla	21
4	LÄHIKULJETUKSEN TUTKIMUKSEN TULOKSET	23
4.1	Puutavaran lähikuljetus tavallisella metsäperävaunulla.....	23
4.2	Tukkien lähikuljetus juontokärryllä.....	27
4.3	Kuitupuun lähikuljetus hydrauliperävaunulla.....	30
5	TULOSTEN ANALYSOINTI	34
5.1	Yksikkökustannukset eri tutkimustapauksissa.....	34
5.2	Vertailu aiempiin tutkimuksiin	36
5.3	Tulosten luotettavuus	37
6	KANNATTAAKO PUUTAVARAN LÄHIKULJETUS MÖNKIJÄLLÄ?.....	38
6.1	Lähikuljetuksen yksikkökustannukset mönkijällä	38
6.2	Tutkimustapausten kokonaiskannattavuuden laskelmia	39
6.3	Jatkokehitysideoita.....	41
	LÄHTEET.....	43
	LIITTEET	45
	Liite 1. Kartta lumituhoalueen lähikuljetuskohteesta.....	45
	Liite 2. Kartta tonttihakuun lähikuljetuskohteesta.....	46

1 JOHDANTO

Eri lähteiden mukaan maassamme arvioidaan olevan 60 000 – 80 000 mönkijää. 30.6.2014 liikennekäytössä niitä oli 25 006 kappaletta. Osaa noista 25 000:sta käytetään harrastusluonteisesti tai ammattimaisesti metsänhoitotöissä, mutta ehkä vielä suurempaa osaa lopusta tuosta 50 000:sta. Mönkijää voidaan hyödyntää metsänhoidossa monin tavoin: siirtymisiin ja työvälineiden kuljettamiseen työkohteelle, metsänlannoitukseen, taimien kuljetukseen, tiestön huoltoon tai puutavaran lähikuljetukseen.

Metsänhoitoon soveltuvista kevyistä koneista on vähän tutkimustietoa. Ammattilehdissä on runsaasti artikkeleita erilaisista testeistä ja koeajoista. Internetin keskustelupalstoilla osallistujat esittävät mielipiteitään ainoina oikeina. Puolueetonta, tutkimuksiin perustuvaa tietoa on vaikea löytää. Konekannan kasvaessa ja metsänhoidon harrastuksena lisääntyessä kevyitä koneita tultaneen käyttämään tulevaisuudessa yhä enemmän. Kevyiden koneiden käyttö metsänhoitotöissä tulee kuitenkin olemaan marginaalista.

Jyväskylän ammattikorkeakoulu on käynnistänyt Kevyet koneet metsänhoidossa -tiedotus- ja tutkimushankkeen. Siinä selvitetään kevyiden koneiden ja niihin liitettävien lisälaitteiden käyttöä ja käyttökelpoisuutta, käytön taloudellista tehokkuutta ja muita mahdollisia hyötyjä metsänhoitotöissä. Yhtenä selvityskohteena on mönkijä ja siihen liitettävät metsänhoidossa käytettävät laitteet. Opinnäytetyö on osa tätä hanketta ja siinä keskitytään mönkijällä suoritettavaan puutavaran lähikuljetukseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää mönkijän ja siihen kytkettävän kaluston käytettävyyttä, tuottavuutta ja taloudellista kannattavuutta puutavaran lähikuljetuksessa erilaisilla kohteilla. Viimeisin löydetty tutkimus on vuodelta 2002. Siinäkin tutkimusaineisto oli varsin suppea. Työ tehtiin tapaustutkimuksena ja siihen valittiin kuljetettavalta puustoltaan ja maastopohjaltaan erilaisia kohteita. Kuljetuksen yhteydessä mitattiin lähikuljetukseen käytetty aika kuormittain, kahdessa tapauksessa työvaiheittain. Mitattujen aikojen perusteella laskettiin tehotunti- ja käyttötuntituottavuudet. Kustannuslaskennan avulla selvitettiin lähikuljetuksen kustannukset. Lopputuloksena saatiin laskettua kustannukset käyttötuntia ja kuljetettua yksikköä kohden. Kaikissa laskelmissa on käytetty arvonlisäverottomia hintoja, samoin tekstissä esiintyvissä hinta-arvioissa.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan ainoastaan teollisuuspuun lähikuljetusta. Kustannuksia ei selvitetty omaan käyttöön kerättyjen polttopuiden kuljetuksessa. Määrällisesti mitattuna energiakäyttöön tarkoitetun polttopuun kuljetus mönkijällä saattaa ylittää teollisuuspuun lähikuljetuksen.

Opinnäytetyön taulukot on laadittu Excel taulukkolaskennalla ja liitteinä olevat kartat ArcMap paikkatieto-ohjelmistolla.

2 MÖNKIJÄN KÄYTTÖ PUUTAVARAN LÄHIKULJETUKSESSA

2.1 Hakkuumäärät ja kustannukset

Vuonna 2013 markkinahakkuut yksityismetsistä olivat energiapuun mukaan lukien yhteensä noin 48,2 Mm³. Tukkipuuta määrästä oli noin 20,3 Mm³, kuitupuuta noin 24,4 Mm³ ja energiapuuta noin 3,5 Mm³. Yksityismetsien teollisuuspuun 44,7 Mm³:n hakkuumäärä sisälsi hankintakauppoja noin 6,5 Mm³. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 179-180.)

Hakkuukoneita oli vuoden 2013 aikana käytössä keskimäärin 1940 kpl ja kuormatraktoreita 1990 kpl. Koneellisen korjuun keskikustannus oli 11,52 €/m³ sisältäen hakkuun ja lähikuljetuksen. Kalleinta korjuu oli ensiharvennuksissa 17,87 €/m³, joiden osuus koneellisesti korjatusta puumäärästä oli 10 %. Muiden harvennuksien osuus oli 32 % ja päätehakkuiden 58 %. (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 176, 188.) Vuosittaisten hakkuumahdollisuuksien arvioinnin yhteydessä tuntikohtaisissa korjuun kustannuslaskelmissa on sovellettu seuraavia arvoja: hakkuu monitoimikoneella 90 €/h, metsäkuljetus kuormatraktorilla 65 €/h sekä metsurihakkuu 26,85 €/h sisältäen henkilösivukustannukset ja työvälinekorvauksen (Salminen, Hirvelä & Härkönen 2013, 205).

Eri lähteissä hakkuukoneiden ja kuormatraktoreiden tuntituottavuudeksi ilmoitetaan muutamasta kuutiometristä muutamaan kymmeneen kuutiometriin. Lähikuljetuksen tuottavuuteen vaikuttavia seikkoja ovat muun muassa puutavaran pituus ja järeyys, uranvarsitiheys, kuljetusmatka sekä maastopohja.

Metsureiden määrä on viimeisen vuosikymmenen aikana vähentynyt, ja metsurityönä hakataan korjuumäärästä noin neljä prosenttia. Metsurihakkuuta käytetään erityiskoh-teissa, erityispuiden hakkuissa tai joissakin vaikeissa maastoissa. Metsurihakkuussa puiden lähikuljetus suoritetaan pääsääntöisesti koneellisesti. (Korjuumenetelmät 2010.) Metsurityönä tehtyjen hakkuiden määrästä oli vaikea löytää ajantasaista ja luotettavaa tietoa. Mönkijällä suoritettujen lähikuljetusten kokonaismäärästä ei tietoa ole saatavilla. Hankintakauppojen kokonaismäärä on 6,5 Mm³. Oletetaan, että metsurihakkuun osuus hankintakaupoista on 10 % eli 650 000 m³. Valtaosa tuosta määrästä, esimerkiksi 90 %

kuljetetaan kuorma- tai maataloustraktoreilla, jää mönkijöillä kuljetetun puutavaran määräksi noin 50 000 m³ vuodessa. Kuljetetusta teollisuuspuun määrästä se olisi noin tuhannesosa eli yksi promille.

2.2 Kustannusten muodostuminen

Yritykset, kuten yksityisetkin käyttävät pääomaa eli investoivat saadakseen tuloja tulevaisuudessa. Martikaisten (2006) mukaan investoinnit voidaan luokitella ainakin seuraavin ehdoin: investoinnin suuruus, investoinnista saatavan hyödyn muoto, investointien kytkeytyminen toisiinsa sekä investointien tuottama kassavirtojen tyyppi ja ajoittuminen. Myös investoinnin kannattavuus voidaan luokitella eri menetelmillä kuten nettonykyarvomenetelmä, suhteellisen nykyarvon menetelmä, sisäisen korkokannan menetelmä, pääoman tuottoaste tai takaisinmaksuajan menetelmä. (Martikainen & Martikainen 2006, 24-36.)

Investoinnin pitoajalla, investointiajanjaksolla, tarkoitetaan sitä ajanjaksoa, jonka aikaisia tuottoja ja kustannuksia tarkastellaan. Pitoaika tarkoittaa esimerkiksi koneen fyysistä ikää eli ajanjaksoa, jona konetta voidaan käyttää. Koneen fyysistä ikää voidaan kuitenkin jatkaa jopa loputtomiin korjauksilla ja modernisoinnilla. Onkin parempi tarkastella koneen pitoaikaa teknistaloudellisen iän kannalta. Kyseessä on silloin ajanjakso, jonka kuluttua on odotettavissa, että markkinoille ilmestyy vanhan tuotantovälineen korvaava parempi investointikohde. Tekniseltä iältään vanhentunut investointikohde saattaa olla edelleen toimiva, mutta sitä ei ole taloudellista pitää. (Alhola & Lauslahti 2000, 165.)

Jäännösarvo on arvo, joka investoinnilla arvioidaan olevan pitoajan lopussa. Jäännösarvo arvioidaan usein nolllaksi, koska myyntitulo saadaan useiden vuosien kuluttua hankintahetkestä. Lisäksi saatavaa myyntituloa on vaikea arvioida ja se on yleensä hankintahintaan nähden pieni. Jäännösarvo voi olla myös negatiivinen, esimerkiksi ympäristöä saastuttavilla investoinneilla. (Alhola & Lauslahti 2000, 165-166.)

Laskentakorkokannan avulla pystytään vertailemaan eriaikaisten tulojen ja menojen suuruutta. Laskelmia tehtäessä voidaan siirtyä ajassa joko eteenpäin tai taaksepäin. In-

vestointilaskelmissa korkoa voidaan pitää pääoman käytöstä maksettavana kustannuksena. (Alhola & Lauslahti 2000, 166.)

Kiinteät kustannukset eivät riipu toiminta-asteen vaihteluista. Kiinteitä kustannuksia ovat muun muassa koneiden, laitteiden ja kaluston sitoman pääoman korot ja poistot, tilavuokrat, lämmitys ja puhtaanpito, sähkön perusmaksut sekä erilaiset hallinto-, edustus-, atk- ja toimistotarvikekustannukset. Kulujen muuttuessa toiminta-asteen mukaan kyseessä ovat muuttuvat kustannukset. Muuttuvia kustannuksia ovat esimerkiksi käytetyt raaka-aineet, tuotannon mukaan vaihtelevat palkat, energiankulutus sekä koneiden, laitteiden ja kaluston käyttökustannukset ja ylläpito. (Tenhunen 2013.)

Jotta opinnäytetyön tulokset olisivat suoraan verrattavissa Työtehoseuran (Kärhä 2002) tutkimukseen, kiinteiden kustannusten laskennassa on käytetty seuraavia arvoja: investoinnin arvonnlisäveroton hinta, jäännösarvo 20 % investoinnista, pitoaika 6 vuotta ja korko 5 %. Jäännösarvo on diskontattu nykyarvoon ja arvon aleneminen on jaettu tasa-poistoina pitoajalle. Korko on laskettu investoinnin vuosittaiselle menojäännökselle ja vuosittaiset korot on laskettu yhteen. Kiinteissä kustannuksissa on otettu huomioon mönkijän pakollinen vakuutusmaksu. Muuttuvia kustannuksia ovat kuljettajan palkkakustannukset, koneiden polttoainekustannukset ja huoltokustannukset sekä yhdistelmän siirroista aiheutuvat kustannukset.

2.3 Taustatietoa mönkijöistä

Mönkijä on ajoneuvo, joka soveltuu vapaa-ajan huvikäytön lisäksi monenlaiseen hyötykäyttöön. Sitä voi käyttää erilaisissa maastossa tehtävissä töissä: metsänhoidossa, sähköyhtiöiden tehtävissä, virkistysalueiden hoidossa tai vapaa-ajan palveluiden tuottamisessa. Suurin osa Suomessa myytävistä mönkijöistä, noin 90 prosenttia, hankitaan jonkin asteiseen hyötykäyttöön. Yksityisessä käytössä yleisimmät käyttötarkoitukset ovat auraus, tavaroiden ja riistan kuljettaminen sekä huoltotyöt. Ammattikäytössä mönkijöitä on eri yrityksissä ja organisaatioissa monenlaisissa tehtävissä, joissa on liikuttava vaikeakulkuisessa maastossa. (Faktaa mönkijöistä Suomessa 2012.)

Suomessa on liikenneonnettomuuksien tutkijalautakunnan arvion mukaan noin 60 000 – 80 000 mönkijää, joista noin 16 000 kappaletta on rekisteröityjä L-luokan mönkijöitä. Loput ovat rekisteröimättömiä maastoajoneuvoja, joita ei myöskään tarvitse katsastaa. (Faktaa mönkijöistä Suomessa 2012.) Mönkijät jakautuvat neljään luokkaan: maastoajoneuvo, nelipyörä (L7e), kevyt nelipyörä (mopoauto, L6e) ja traktori (T3-luokka). Käytön ja tyyppihyväksynnän perusteella mönkijät luokitellaan kahteen pääluokkaan. Maastomönkijä on maastoajoneuvo, jota saa käyttää tiealueella vain poikkeustapauksissa. Tieliikenteeseen rekisteröidyt mönkijät ovat keveitä nelipyöriä tai nelipyöriä. Liikenteessä saa liikkua myös T3-luokan traktoriksi hyväksytyllä mönkijällä. Vain maastokäyttöön tarkoitettuja mönkijöitä ei tarvitse rekisteröidä eikä katsastaa. Liikennevakuutus on pakollinen kaikilla mönkijöillä. (Faktaa mönkijöistä Suomessa 2012.)

Liikenneonnettomuuksien tutkijalautakunnat tutkivat vuonna 2012 yhteensä seitsemän (7) kuolemaan johtanutta mönkijäonnettomuutta. Onnettomuuksissa oli mukana vain 40 - 75 -vuotiaita miehiä. Mönkijöistä kuusi (6) oli maastoajoneuvoja ja yksi tieliikenteeseen tarkoitettu, se oli kuitenkin rekisteröimätön. Kuolemaan johtaneet onnettomuudet olivat kaatumisia tai tieltä suistumisen seurauksena ojassa tapahtuneita kaatumisia. Kuolinonnettomuuksien määrä on samaa suuruusluokkaa kuin kolmena aikaisempana vuonna (VALT mönkijäraportti 2012.)

2.4 Mönkijät ja niihin soveltuvat metsäperävaunut

Puutavaran lähikuljetukseen soveltuvien mönkijöiden verottomat hinnat vaihtelevat välillä 4 000 - 12 000 €. Mönkijöiden niin teknisissä kuin käyttöominaisuuksissakin on vaihteluja valmistajien sekä valmistajien eri mallien välillä. Puutavaran kuljetuksessa mönkijältä vaadittava tärkein ominaisuus on neliveto. Jos mönkijä on varustettu teloil- la, telat helpottavat liikkumista lumessa ja erittäin pehmeillä mailla. (Parviainen, Pellinen, Salminen & Sauranen 2014, 24.)

Puutavaran lähikuljetukseen tarkoitettu perävaunu on yleensä varustettu puutavarapan- koilla ja telipyörillä. Perävaunun ominaisuudet vaikuttavat lähikuljetuksen suorittami- seen. Huomioitavia ominaisuuksia ovat muun muassa kantavuus, mahdolliset jarrut, maavara ja lisävarusteet. Lisävarusteita ovat esimerkiksi hydraulikäyttöinen kuormain ja

vinssi, nostopuomi varustettuna sähkö- tai käsikäyttöisellä nostimella. Hydrauliperävaunun keskeisiä ominaisuuksia ovat kuormaimen nostokyky ja ulottuvuus, perävaunun vetävä teli sekä perävaunun hydraulinen pidentäminen tai telin siirto. Perävaunun kytkentämassaan vaikuttavat mönkijän tyyppi ja perävaunun ominaisuudet. (Parviainen, Pellinen, Salminen & Sauranen 2014, 25-26.)

Tapaustutkimusten ja käyttökokemusten perusteella hyvinkin pieniltä tuntuvilla perävaunun tai sen lisävarusteiden ominaisuuksilla on suuri merkitys käytettävyyteen. Käsinkin kuormattavan perävaunun tarpeellisia ominaisuuksia ovat vetoaisan tai rungon jatko mahdollisuus, etusermin ja telipyörästäön säätömahdollisuus sekä karikoiden taittomahdollisuus. Kauko-ohjattava akkukäyttöinen vinssin ja nostimen yhdistelmä on hyödyllinen raskaimpien puiden käsittelyssä. Halvimpien kärrijen hinta on alle 800 €, kalleimmat ovat varusteineen hinnaltaan lähes kaksinkertaisia.

Kuormaajalla varustettujen hydrauliperävaunujen ominaisuuksissa on valmistajien ja mallien välillä huomattavia eroja. Pääosin perävaunut ovat varustettu erillisellä hydrauliyksiköllä, joka sisältää hydraulipumppua pyörittävän voimakoneen, itse hydraulipumpun ja sen öljysäiliön sekä ohjausventtiilistön. Hydrauliyksikkö voi olla myös integroitu mönkijään, jolloin pumppu saa käyttövoiman mönkijän moottorista. Hydrauliyksikkö voi olla kiinteästi perävaunun yhteydessä tai se kiinnitetään mönkijän etutelineelle. Hydrauliiikan ohjausventtiilistö kiinnitetään yleensä takatelineelle. Minimissään kuormain ja tukijalat ovat hydraulikäyttöisiä. Paremmiin varustelluissa perävaunuissa on hydraulisesti jatkettava vetoaisa tai telin siirto ja hydraulinen kauko-ohjattava vinssi. Kuormaimen rakenteessa ja sijoittelussa on suuria eroja valmistajien välillä, samoin telivedon toteutuksessa. Yleisimmin käytetty vetotapa on hydraulitoiminen ja hydraulisesti kytkettävä telin rullaveto. Hydrauliperävaunujen verottomat hinnat vaihtelevat välillä 6 500 - 13 000 €.

Raskaiden pöllien lähikuljetukseen on tarjolla erilaisia vetolaitteita kuten juontokärriä, juontopulkkia ja -kelkkoja. Juontokärriä ovat suunniteltu pääasiassa yhden puun juontamiseen kerrallaan. Joissakin juontokärriissä on vinssivarustus. Juontolaitteiden hinnat vaihtelevat 300 €:sta noin 2 000 €:on.

2.5 Mönkijälle soveltuvat lähikuljetuskohteet

Mönkijälle maastollisesti soveltuvista lähikuljetuskohteista ei ole juuri lähdeaineistoa. Yleistä ohjeistusta mönkijän käytöstä on muun muassa Ympäristöministeriön 2006 julkaisemassa Työsuojelu moottorikelkan ja mönkijän käytössä -oppaassa sekä mönkijöiden valmistajien laatimissa ohjekirjoissa. Tasaisilla ja kestävillä maastopohjilla kuljetus on luonnollisesti helpointa. Kivikkoisilla ja louhikkoisilla pohjilla mönkijän käyttö lähikuljetukseen kesäaikaan on mahdotonta. Kallioisilla alueilla pienetkin, alle puolimetri- set, jyrkänteet estävät mönkijän käytön. Suoalueilla ja turvemaidella mönkijä voi edetä jopa paremmin kuin iso kuormatraktori, useista ajokerroista huolimatta se ei riko turvekerroksen pintaa pienemmän pintapaineen vuoksi. Maastopohjasta ja kasvavan puuston määrästä riippumatta ajourien suunnittelu etukäteen helpottaa kuljetusta.

Mönkijää käytetään lähikuljetuksessa ympäristön suojelemiseksi tai säilyttämiseksi mahdollisimman pienin vaurioin. Mönkijän työpariksi hakkuutyöhön sopii metsuri tai pienmetsäkone. Muita tyypillisiä kohteita ovat kokonaiskertymältään tai pinta- alakertymältään (m^3/ha) pienet hakkuut. Esimerkkejä kohteista ovat puistot, suojelualueet, rakennetut ja rakentamattomat tontit sekä kertymiltään pienet myrsky- ja lumituho- alueet. Nuorten kasvatusmetsien kunnostusten tai ensiharvennusten yhteydessä mönki- jän käyttö lähikuljetukseen saattaa joissakin tapauksissa olla perusteltua. Harvennus- ja päätehakuissa mönkijän käyttö lähikuljetukseen on taloudellisesti kannattamatonta koska käyttötuntituottavuus (m^3/h_{15}) on pieni, vaikka hakkuu olisi suoritettu metsuri- työnä.

Mönkijän perävaunussa kuljetettavan puutavaran keskimääräinen kuormakoko on noin yksi kiintokuutiometri. Yhdistelmän ominaisuuksien vuoksi parasta tuottavuutta ei saa- vuteta mahdollisimman isoilla kuormilla, vaan sujuvalla toiminnalla. Iso kuormatraktori etenee sujuvasti hakkuukoneen uralla, mönkijälle on suunniteltava ajourat hakkuutyön yhteydessä tai ennen yksittäisten puutavarakasojen keräämistä. Suunnittelulla varmistee- taan mönkijän esteetön eteneminen. Suunnittelussa pyritään myös siihen, ettei kuorma- tulla yhdistelmällä tarvitse peruuttaa. (Parviainen, Pellinen, Salminen & Sauranen 2014.)

2.6 Aiemmin suoritettujen tutkimusten ja testien tuloksia

Työtehoseuran tutkimus

Työtehoseuran metsäosasto toteutti vuosina 2001 - 2003 Nuoren metsän hoidon teknologia -tutkimushankkeen. Tutkimus oli osittain rahoitettu maa- ja metsätalousministeriön Kestävän metsätalouden rahoituslain (KEMERA) varoista. Koneet ja laitteet osaprojektissa tutkittiin energiapuun hakkuulaitetta Naarva-Koura 1600-40, Valtosen hakkuri-vaunua sekä kahta puutavaran lähikuljetukseen tarkoitettua konetta Metsä-Myyrä ja Polaris Diesel -mönkijä hydraulivetoisella perävaunulla. (Kärhä 2002, 6).

Metsä-Myyrä on Raimo Korhosen suunnittelema ja rakennuttama puutavaran lähikuljetukseen tarkoittama laite. Laitteen vetokoneena on Partner 5110 puutarhajyrsin. Vetokoneen ja teliperävaunun yhdistää kaikkiin suuntiin taipuva nivel. Ajaessa kuljettaja seisoo perävaunun etuosassa olevalla ajolavalla. Tutkimuksessa Metsä-Myyrällä ajettiin yhteensä 8 kuormaa, joista neljä korjattiin yhdistettynä hakkuuna ja lähikuljetuksena. (Kärhä 2002,56).

Tutkimuksessa testattu mönkijä oli Polaris Diesel 455, jossa oli hydraulivetoinen teliperävaunu. Wrap Matic Oy on kehittänyt mönkijään hydrauliiikan. Hydrauliiikkayksikkö on asennettu mönkijän takaosan tavaratilaan. Veto perävaunun telipyöriin välittyä kitkaurillien avulla. Hydrauliveto voidaan kytkeä päälle tarvittaessa. Tutkimuksessa ajettiin kaikkiaan seitsemän kuormaa, joista viisi yhdistettynä hakkuuna ja lähikuljetuksena. Molemmissa tapauksissa puutavara katkottiin kolmen metrin määrämittaan. (Kärhä 2002, 56-57).

Metsä-Myyrällä kuljetetut kuormat olivat kooltaan keskimäärin $0,61 \text{ m}^3$. Tuolloin kuormassa oli pölkkyjä 19 kpl ja kooltaan keskimäärin 33 dm^3 . Koska ajonopeus oli alhainen, tyhjänä ja kuormattuna ajaminen veivät valtaosan lähikuljetuksen tehoajasta. Suurin mitattu ajonopeus oli 45 metriä minuutissa, keskimääräinen ajonopeus oli 17 m/min. Metsä-Myyrällä tehdyn lähikuljetuksen tuottavuus oli $2,0 \text{ m}^3/\text{tehotunti}$ kuljetusmatkan ollessa 150 metriä ja uranvarsitiheyden $3,1 \text{ m}^3/100 \text{ m}$. (Kärhä 2002, 57).

Mönkijällä kuorman koko oli keskimäärin $1,33 \text{ m}^3$. Pölkkyjä oli keskimäärin 32 kpl ja keskitalavuus oli 42 dm^3 . Suurin kuljetettu kuorma oli $1,42 \text{ m}^3$. Suuremman ajonopeu-

den ansiosta tyhjänä ja kuormattuna ajoon meni suhteellisesti vähemmän aikaa kuin Metsä-Myyrällä. Kuljetustyön tehollisesta ajasta kuorman purkamiseen meni noin kolmasosa käytetystä ajasta. Loppuosa ajasta jakaantui tasaisesti tyhjänä ajon kuormattuna ajon ja kuormaus ajon kesken. Mönkijällä kuormattuna ajon keskinopeus oli 24 m/min. Tehotuntituottavuus lähikuljetuksessa oli 3,5 m³/h, kuljetusmatka ja uranvarsitiheys olivat vastaavat kuin Metsä-Myyrän testissä, 150 m ja 3,1 m³/100 m. (Kärhä 2002, 58). Tuloksia on vertailtu opinnäytetyön tuloksiin luvussa 5.2.

Koneviestin metsäperävaunujen testit

Koneviesti on Viestilehdet Oy:n julkaisu, muita yhtiön julkaisuja ovat Maaseudun Tulevaisuus ja Aarre. Viestilehdet Oy:n liikevaihto oli vuonna 2013 noin 28 M€ ja se työllistää satakunta viestintäalan työntekijää. Koneviesti ilmestyy 18 kertaa vuodessa, sillä on vuoden 2014 levikintarkastuksen mukaan noin 200 000 lukijaa ja lehden levikki on kansallisen mediatutkimuksen mukaan noin 32 000 kpl. Koneviestin artikkelit sisältävät tietoa järeistä työkoneista aina pieniin, monia kiinnostaviin laitteisiin. Lehdessä on tietoa, esittelyjä, testejä ja koeajoja edellä mainituista koneista ja laitteista. (Viestilehdet 2015.) Testien artikkelit on haettu Koneviestin sähköisestä arkistosta, joten sivunumerointia ei ole yksilöity.

Metsäperävaunutesti 2/2010

Koneviestin numerossa 2/2010 kokeiltiin kuormaajalla varustettuja metsäperävaunuja. Kokeilussa olivat Mecanil Oy:n maahantuoma Granman perävaunu kuormaajalla ja vedolla varustettuna, Vahva-Jussi samoin kuormaajalla ja vedolla varustettuna sekä kolmantena SR-Tuotteen Metsä-Tapio, jossa on kuormaaja mutta ei vetoa. (Nykänen 2010, 66-70.) Perävaunukokeiluissa ei tutkittu tuottavuutta eikä kustannuksia kuljetettuun yksikkömäärään tai aikaan suhteutettuna. Kokeiluissa keskityttiin metsäperävaunujen teknisiin ominaisuuksiin, käytettyyn tekniikkaan ja käytettävyyteen.

Kaikkiin perävaunujen kuormaajiin hydrauliiikkapaine tuotettiin erillisen polttomootorin pyörittämällä hydrauliikkapumpulla. Kokeilussa mitattiin kuormaajien nostovoima suoralla varrella, suurin nostovoima telin vierestä sekä käännön voima. Myös aisapainot punnittiin ja kuormatilat mitattiin. Kuormaajien käyttöominaisuuksia vertailtiin käytännön töissä. Kokeilussa oli kaksi tehtävää: toisessa haettiin tuulenskaatopuu ja toisessa ajettiin kuorma kolmimetristä koivukuitua metsästä. Kuormausnopeutta vertailtiin pur-

kamalla sama pölkky määrä kuormasta vaunun viereen. Vetureina kokeilussa olivat Granmanin perävaunun kanssa Arctic Cat 650 EU-traktori, Vahva-Jussia veti Polaris Sportsman 800 Nordic ja Metsä-Tapion vetokone oli Kawasaki 360 KF. (Nykänen 2010, 66-70.)

Koneviestin kokeilussa ykköseksi arvostettiin Vahva-Jussi. Vahva-Jussin suunnittelija ja myyjä suomalainen Finatv-Trading Oy, mutta se valmistetaan Virossa. Selvin ero syntyi kuormaimen kolmivipuhallinnasta, kouran avaaminen ja sulkeminen tehdään kolmannella vivulla. Kuormaajan liikeradat ja voiman jakautuminen kuormaustapahtumassa on suunniteltu hyvin. Ero muihin kuormaimiin oli selvä, joka ilmeni varsinkin tukkeja nosteltaessa. Ainoa heikkous ilmeni kääntötehossa, joka on kuormaajan ulottuvuuteen nähden heikohko. Aisapainoa on myös runsaanlaisesti. Kokeilussa olleen tuulienkaatotukin kuormauksessa Vahva-Jussi oli ylivoimainen. Toiminta oli suoraviivaista: kärry ajettiin rungon viereen, puut kuormattiin kyytiin ja matkaa jatkettiin. Myös kuitupuun kuormauksessa Vahva-Jussi sai parhaan ajan. (Nykänen 2010, 66-70.)

Multi-Mette

Joensuulainen Ihan Uus Oy valmistaa mönkijän perävaunua, jossa hydraulinen veto on toteutettu välittämällä voima ketjulla pyörien napoihin. Samaa tekniikkaa hyödyntäen on ideoitu uuden tyyppinen vinssi, joka saa voimansa teliakselilta. Edelliseen kokeiluun (2/2010) verrattuna poikkeava varuste on telin 70 cm:n mahdollistava hydraulinen siirto, jolla kärryn aisapainoa saadaan säädettyä. Vetotavaksi on valittu teknisesti vaativa rakenne. (Hakala 2010, 66-69.)

Kärryssä on teliveto, jossa hydrauliliikkamoottorien voima välitetään pyörille ketjuvedolla. Moottorit on kytketty voimansiirtoon vapaakytkimillä, jotka kytkevät vedon pois eteenpäin ajettaessa yli neljän (4) kilometrin tuntinopeudessa. Vapaakytkimien vuoksi veto ei toimi peruutettaessa ilman lisätoimenpiteitä. Peruutuksen ajaksi vapaakytkimet lukitaan ruuveilla. Ruuvien ollessa paikoillaan veto on molempiin suuntiin kiinteä, joten ruuvit on poistettava peruutuksen jälkeen. Vedon hallinta maastossa oli helppoa, ajettaessa hydrauliliikkamoottorit pyörivät koko ajan. Moottorit kytkeytyvät telien voimansiirtoon vasta, kun vauhti putoaa 3–4 km/h:n tienoille ja vapaakytkimet lukittuvat. Pysähdyttäessä on huomioitava että veto on päällä, jos hydrauliliikkapumppua ei ole kytket-

ty vapaakerroille. Muuten kärry jatkaa työntämistä, vaikka haluttaisiin pysähtyä. (Hakala 2010, 66-69.)

Kuormaimena yhdistelmässä on hammastankokäännöllä varustettu Multi-Mette 3.2, jonka ulottuvuus on 3,2 metriä. Kuormaimen nostovoima on riittävä, niin paljon kuin tyhjä kärry ja tukijalat mahdollistavat. Kärry on tasapainoinen ja vetää niin tyhjänä kuin kuormattunakin. Aisapainon säätäminen hydraulisella telinsiirrolla oli helppoa, koska telin yhteydessä siirtyvät myös kolme takimmaista pankkoa ja koko kuorma. Vinssin rakenne on hieman poikkeuksellinen. Se saa voimansa pyörän vetomoottorilta, vetopiste nostetaan käytön kannalta sopivalle korkeudelle erillisen tukipylvään ja juoksupyörän avulla. Vinssin käyttäminen vaatii paljon toimenpiteitä. (Hakala 2010, 66-69.)

Kokonaisuudessaan Multi-Metteä kuvailtiin testissä monipuoliseksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi jatkuvan kasvatuksen harrastaja pystyisi hyödyntämään perävaunun ominaisuuksia keräillessään yksittäisiä puita. Ominaisuuksiltaan Multi-Mette sopii kovaan käyttöön, mutta harrastusvälineeksi yhdistelmä on kallis. Perävaunun arvonlisäveroton hinta on noin 12 700 €. (Hakala 2010, 66-69.)

Avesta

Ruotsissa mönkijöiden metsävarusteet ovat olleet suositumpia kuin Suomessa. Kuormaajaperävaunuja valmistetaan siellä useita merkkejä. Joitakin niistä tuodaan Suomeen. Koneliike Olenius on aloittanut Avesta -merkin maahantuonnin vuonna 2009. Koneviestin koeajossa oli kuormaajalla ja vedolla varustettu malli 4.2 H. Kotimaisista perävaunuista poiketen siinä on sähköisesti säädettävä aisaohjaus. Myös hydraulikkatoimiset vinssi ja teliveto ovat sähköisesti kytkettävissä. (Nykänen 2011, 70-73.)

Yhdistelmän voimanlähteenä on Avestan oma hydraulikoneikko, jossa moottorina on Hondan 6,5 hv nelitahtimoottori. Hydraulikkapumpun tuotto on 9 l/min. Kuorman teossa jatkopuomin hyödyn huomasi käytännössä: metri lisää mahdollisti kuormaamisen huomattavasti laajemmalta alueelta. Jatkopuomista oli hyötyä myös kuorman purussa, se helpotti pitkien ja raskaiden pölkköjen siirtelyä ja pinoon asettelua. Testissä puita kuljetettiin palstalta 300 metrin matka peltoa ja tilustietä pitkin varastolle. Kuljetettavat tukit olivat lähes kaikki yli viisi metriä pitkiä. Puut jouduttiin laittamaan tyvipuoli edellä

kuormatilaan, mutta kuormista tuli siitä huolimatta takapainoisia. (Nykänen 2011, 70-73.)

Ilman vetoa mönkijä ei pystynyt lumessa kuljettamaan edes tyhjää perävaunua. Vedon avulla eteneminen oli hidasta, mutta kohtuullisen varmaa. Kuorma jopa paransi vetokykyä. Suurimmat ajetut kuormat olivat noin 2 m³, silloin kyydissä oli pelkästään tukkeja. Kolme metriä pitkää kuitupuita kuormaan mahtui 1,5 m³. Tuottavuus 300 m ajomatalla oli 5-6 m³ tunnissa. Keskimääräisellä 1,5 kuution kuormalla ehti ajaa neljä kuormaa tunnissa. Isoja tukkeja ajettaessa tuottavuus laski, koska nostokyky ei kunnolla riittänyt, jolloin kuorman teko ja purku hidastuivat. Polttoaineen kulutus oli tunnissa keskimäärin 3,4 litraa. Hydraulikoneikon polttoaineen kulutukseksi mitattiin 1,54 ja mönkijän 1,86 l/h. (Nykänen 2011, 70-73.)

KoneAgria 2013

Vuoden 2013 Jyväskylän KoneAgria -näyttelyn yhteydessä järjestettiin Pienmetsäkonepäivät 9.-12.10.2013. Tapahtumassa oli runsaasti yleisöä seuraamassa työnäytöksiä ja laite-esittelyjä. Tapahtuman tarkoituksena oli esitellä mönkijää hyötykäytössä. Näytöksissä oli esillä Nokka Oy:n uutuusvaunu kahtena versiona. Bombardier Recreational Products -yhtiön (BRP) Can-Am mönkijöihin valmistettu Forest Pro -malli, jossa on oma voimanlähde. Nokka -merkillä myydään vaatimattomampaa mallia, joka tarvitsee erillisen polttomoottorin ja hydraulikapumpun. (Nykänen 2013, 60-61.) Nokka voidaan kytkeä suoraan mönkijän hydrauliiikan ulostuloon, jos se kuuluu mönkijän varustukseen. ATV Expertiltä esittelyssä oli Ultratec Pro 800 -metsäperävaunu. Perävaunu on varustettu telillä ja metsärenkailla (Nykänen 2013, 60-61).

3 TUTKIMUSJÄRJESTELYT

3.1 Puutavaran lähikuljetus tavallisella metsäperävaunulla

Ensimmäisenä lähikuljetuksen tutkimuskohteena oli kahden – kolmen vuoden takainen lumituhoalue. Autionmäen koealue sijaitsi Keuruun Mäkikylällä, 200 metriä korkean mäen päällä. Alue oli pääosin mustikkatyypin (MT) metsää. Pääpuulaji oli kuusi, mäen korkeimmalla kohdalla pääpuulaji oli mänty. Puusto oli kehitysluokaltaan varttunutta kasvatusmetsää (03). Kuviolla oli suoritettu koneellinen harvennushakkuu, toinen harvennus, muutamia vuosia aiemmin. Pahin tuhoalue oli korkeimman kohdan männikössä, alueen puustosta oli tuhoutunut lähes puolet. Korjuukohteen pinta-ala oli 2,2 hehtaaria. Maapohjaltaan alue oli suhteellisen tasainen, lukuun ottamatta joitakin isoja pinta-kiviä. Lähikuljetus suoritettiin ajalla 10.-17.11.2014, tuolloin maaperä oli sula ja lähes lumeton.

Tuhojen korjaaminen oli viivästynyt, joten vaurioituneet puut korjattiin energiapuuksi. Lumituhoalueen puunkorjuusta vastasi Metsänhoitoyhdistys Keski-Suomi. Hakkuu tehtiin metsurityönä ja lähikuljetus metsäperävaunulla varustetulla mönkijällä. Mönkijä oli vuoden 2006 mallia oleva Polaris Sportsman 500 EFI, hankintavuosi 2007 ja käyttötunnit noin 250. Mönkijä oli varustettu normaalia karkeakuvioisemmilla renkailla, ketjuja ei käytetty. Perävaunu oli Ultratec Oy:n valmistama ATV-Expert Timber Pro 1500 telilinen metsäperävaunu. Viimeiseksi kuljetettiin järeimmät pöllit, jota varten perävaunuun kiinnitettiin lisävarusteena hankittava vaijerinostin. Vaijerinostimessa oli sähkövinssi, jonka voimanlähteenä oli erillinen akku. Vinssiä voitiin ohjata langattomasti kaukosäätimellä tai paikallisesti perävaunun etuosasta. Lähikuljetukseen käytetty yhdistelmä on kuvassa 1.



Kuva 1. Metsäperävaunu ja mönkijä (Kuva: Juhani Ylönen 2014)

Alueella oli koneellisen hakkuun jäljiltä ajouraverkosto. Kokoomaurina käytettiin koneellisen hakkuun uraverkosta, pahimmalle tuhoalueella jäänyt harva puusto ei haitannut kuljetusta. Uraverkostolla olleet kannot vaikeuttavat kuljetusta, samoin ajourilla olleet isot pintakivet. Autionmäen jyrkähköltä itärinteeltä perävaunua ei voinut kuormata täyteen. Kuormaa täydennettiin mäen päältä ja länsirinteeltä. Lähikuljetusmatka oli keskimäärin 450 metriä. Varastopaikka oli tien varressa välittömästi ajouran eteläpuolella. Kartta kohteesta on liitteenä 1.

3.2 Tukkien lähikuljetus juontokärryllä

Toinen ja kolmas tutkimus tehtiin samassa kohteessa. Kohteena oli Metsä Groupin hakkuusopimuksen yhteydessä kaava-alueella ollut rakennetun tontin hakkuuoikeus. Kohde sijaitsi Uuraisten Kangashäkissä, ja sen pinta-ala oli noin 4400 m², ja korjuu tapahtui koko tontin alalta. Hakkuutyötä, kuten lähikuljetustakin vaikeuttivat tontilla sijaitsevat

rakennukset, valotolpat ja sähkölinjat. Omat vaikeudet erityisesti hakkuutyöhön aiheuttivat naapuritontit ja niillä sijaitsevat rakennukset sekä kaavatiet. Maapohjaltaan alue oli tasaista hiekkakangasta ja ainoa puulaji oli mänty. Suurimmasta osasta kaadettuja runkoja tuli ainakin yksi tukki. Hakkuu tehtiin metsurityönä ajalla 5.-12.12.2014. ja tukkien lähikuljetus ajalla 15.-18.12.2014. Kuljetuksen aikaan lunta oli 5-10 cm, maaperä oli edelleen sula.

Tukkien lähikuljetuksessa käytettiin samaa mönkijää kuin edellisessä tutkimuksessa, juontolaitteena oli Ultratec Oy:n valmistama ATV-Expert Juontokärry. Lähikuljetuksessa käytetyn juontokärryn perusversio on kuvassa 2. Hakkuuta ei voitu tontilla olevien esteiden vuoksi suorittaa optimaalisesti lähikuljetusta ajatellen. Maastoltaan tontti sekä lähikuljetukseen käytetty kokoomaura olivat mönkijälle ihanteellisia. Tontin kaakkoisosan puut kuljetettiin kaavatietä pitkin varastolle. Varastopaikka sijaitsi kaavatien varrella, lähikuljetusmatka oli keskimäärin 200 metriä. Kartta kohteesta on liitteenä 2.



Kuva 2. Juontokärryn perusmalli (Kuva: Juhani Ylönen 2015)

3.3 Kuitupuiden lähikuljetus hydrauliperävaunulla

Kolmannessa tutkimuksen osassa kuljetettiin edellisen hakkuun kuitupuut. Kuitupuiden lähikuljetus suoritettiin 17.-19.1.2015. Mönkijä oli Polaris Sportsman 570 Forest. Mönkijään oli asennettu käsikäynnistimen paikalle hydraulipumppu sekä tarvittavat lisävarusteet ja liitännät perävaunua varten. Lisävarusteet ja liitännät oli sijoitettu takatavartelineeseen kiinnitettyyn varustelaatikkoon. Perävaununa oli Nokka Oy:n valmistama hydraulivaunu Nokka HD 1042. Perävaunun käyttövoima on tarkoitettu ensisijaisesti otettavaksi erillisestä mönkijän etutavartelineelle kiinnitettävästä hydrauliyksiköstä. Kuvassa 3 on kuva kuitupuiden lähikuljetukseen käytetystä yhdistelmästä.



Kuva 3. Polaris 570 mönkijä ja Nokka HD 1042 perävaunu (Kuva: Juhani Ylönen 2015)

Maasto ja kuljetusreitti olivat vastaavat kuin tukkien juontamisessa. Keskimääräinen kuljetusmatka oli noin 220 metriä. Tukkien kuljetuksen jälkeen lumipeite oli kasvanut yli 30 cm:iin, mutta maapohja ei edelleenkään ollut jäänyt. Alkuperäisenä suunnitelmana oli, että tonttihakkuun kuitupuiden lähikuljetus olisi ollut harjoittelua varsinaiseen

tapaustutkimukseen. Rungas lumi esti alkuperäisen suunnitelman toteuttamisen. Noin puolet kuljetetusta kuitupuun kokonaismäärästä otettiin mukaan tutkimukseen.

4 LÄHIKULJETUKSEN TUTKIMUKSEN TULOKSET

4.1 Puutavaran lähikuljetus tavallisella metsäperävaunulla

Puutavaran kuljetus aloitettiin ilman perävaunun jatkoaisaa. Tasapainoisen kuorman tekemiseksi puutavaran pituus ei tuolloin saisi ylittää kolmea metriä. Kuljetettavan puutavaran keskipituus oli 3,75 metriä, pisimmät puut olivat noin viisimetrisiä. Tämän vuoksi kuormat tulivat takapainoisiksi, eli perävaunun aisa nosti mönkijän perää ylöspäin. Perävaunu tulisi kuormata tasapainoiseksi, jotta yhdistelmän ajo-ominaisuudet säilyisivät hyvinä. Kuormien takapainoisuus heikensi mönkijän takapyörien pitoa. Aisan jatkeen asennuksen ja etusermin säädön jälkeen kuormat saatiin tasapainoiseksi. Ongelmaksi muodostui etusermin ja vaijerinostimen tornin paikan säätäminen. Aisan jatke esti sermin ja tornin paikan portaattoman säätämisen ja ne jouduttiin kiristämään liian eteen. Liiallisen aisapainon välttämiseksi aisan jatkeen lisäämisen jälkeen kaikkia puita ei voinut kuormata etusermiin kiinni, mikä vaikeutti kuormaamisen ongelma näkyy kuvassa 4.



Kuva 4. Perävaunu kuormattuna (Kuva: Juhani Ylönen 2014)

Lähikuljetuksen alussa käytetyt putkikarikat olivat pitkiä, ja ne vaikeuttivat kuormausta ja kuorman purkamista. Putkikarikat olivat vapaasti kannakkeissaan, ja tyhjänä ajaessa niitä tippui useasti. Jatkoaisan asennuksen yhteydessä vaihdettiin taittavat karikat, jotka oli mahdollista kiinnittää kannakkeisiin. Taittavat karikat helpottivat kuormausta ja kuorman purkamista, koska puiden nostokorkeus pieneni huomattavasti. Lisäksi niiden kiinnitysmahdollisuus esti tippumiset tyhjänä ajettaessa. Suoritettujen muutosten jälkeen lähikuljetus tienvarsivarastolle sujui hyvin.

Metsurihakkuun yhteydessä ei huomioitu mönkijällä suoritettavaa kuljetusta. Osa metsäkasvista sijaitsi poikittain ajouralla tai ne olivat kaukana urasta. Suunnitelmallinen hakkuu mönkijällä suoritettavaa kuljetusta varten olisi nopeuttanut kuormaukseen käytettävää aikaa. Joitakin kantoja jouduttiin lyhentämään ennakoita tai kuljetuksen yhteydessä mönkijän tai kärryn tartuttua niihin kiinni, nekin lisäsivät osaltaan kuormaamiseen käytettyä aikaa.

Perävaunulla ilman vaijerinostinta ajettiin yhteensä 40 kuormaa. Lähikuljetuksessa mitattiin sekuntikellolla seuraavat ajat: tyhjänä ajo varastopaikalta hakkuualueelle, kuormausaika siirtoajoihin, kuormattuna ajo varastolle ja kuorman purkamiseen käytetty aika. Lyhin tyhjänä ajoaika oli 3:37 min ja pisin 12:16 min, tuolloin yksi karikoista oli pudonnut lähelle varastopaikkaa. Kuormausaika siirtoajoihin vaihteli 8:52:sta 17:03:een, Kuormattuna ajoaika oli tasaisesti kolmen ja kuuden minuutin välillä. Yhdellä kuormalla aika oli lähes 13 minuuttia, tuolloin joko kärry tai mönkijä on tarttunut kiinni kantoihin. Purkamiseen käytetty aika vaihteli noin 8 minuutista 16 minuuttiin. Kuorman purkamiseen käytettyyn aikaan vaikutti eniten kuorman koko. Kuorman purkamista olisi hieman nopeuttanut, jos varastopinosta olisi tehty matalampi.

Ajetulla 40 kuormalla varastopaikalta hakkuulle aikaa käytettiin keskimäärin 6:05. Kuormausaika siirtoajoihin oli keskimäärin 12:19 min, kuormattuna ajo 4:14 min ja kuorman purkamiseen käytetty aika 11:23 min. Yhden kuorman kuljettamiseen käytettiin aikaa keskimäärin noin 34 minuuttia. Kuljetuksessa ei pyritty maksimoimaan kuorman kokoa, vaan pyrittiin minimoimaan kuormauksen aikaista siirtoajoa. Tämän vuoksi kuljetettujen kuormien koossa oli eroja. Kuljetettu puutavaramäärä mitattiin pinomitalla tienvarsivarastolla. Puutavaran määräksi saatiin 37,54 m³, josta yhden kuorman keskimääräiseksi tilavuudeksi 0,94 m³. Taulukossa 1 on eritelty kuljetukseen käytetty aika

kuormittain sekä laskettu keskimääräinen kuorman koko. Kuvassa 5 on näkymä tienvar-sivara-stolta ennen vaijerinostimen avulla suoritettujen järeimpien pöllien kuljetusta.

TAULUKKO 1. Lähikuljetukseen käytetyt ajat metsäperävaunulla ilman vaijerinostinta

Tavallisella metsäperävaunulla kuljetettu puutavara					
Kuorma nro	Ajo tyhjänä	Kuormaus	Ajo kuormattuna	Purku	Kokonais-aika
1	0:10:32	0:10:40	0:03:41	0:07:43	0:32:36
2	0:09:24	0:10:55	0:04:16	0:08:14	0:32:49
3	0:06:33	0:08:52	0:03:29	0:08:39	0:27:33
4	0:04:29	0:10:34	0:03:45	0:10:11	0:28:59
5	0:08:28	0:11:12	0:02:59	0:10:11	0:32:50
6	0:03:37	0:17:03	0:04:40	0:11:38	0:36:58
7	0:04:36	0:10:00	0:03:52	0:10:43	0:29:11
8	0:06:42	0:12:03	0:04:16	0:11:07	0:34:08
9	0:04:44	0:11:43	0:03:02	0:07:53	0:27:22
10	0:04:27	0:16:48	0:04:40	0:11:08	0:37:03
11	0:12:16	0:12:18	0:03:10	0:12:17	0:40:01
12	0:04:38	0:11:27	0:02:37	0:11:59	0:30:41
13	0:07:06	0:14:12	0:12:57	0:09:30	0:43:45
14	0:04:00	0:09:50	0:03:23	0:12:45	0:29:58
15	0:05:57	0:15:49	0:04:18	0:12:43	0:38:47
16	0:05:07	0:12:46	0:03:46	0:13:08	0:34:47
17	0:04:43	0:10:29	0:03:18	0:09:57	0:28:27
18	0:06:32	0:12:10	0:03:10	0:10:02	0:31:54
19	0:04:59	0:11:36	0:03:59	0:13:19	0:33:53
20	0:06:13	0:12:51	0:03:02	0:13:15	0:35:21
21	0:05:15	0:10:59	0:02:49	0:13:11	0:32:14
22	0:03:40	0:14:43	0:02:49	0:15:54	0:37:06
23	0:04:56	0:15:44	0:03:04	0:09:35	0:33:19
24	0:07:16	0:11:22	0:04:12	0:09:59	0:32:49
25	0:07:48	0:10:43	0:04:15	0:08:22	0:31:08
26	0:04:24	0:13:14	0:03:39	0:10:28	0:31:45
27	0:03:39	0:12:52	0:02:49	0:11:49	0:31:09
28	0:04:58	0:13:04	0:03:36	0:10:43	0:32:21
29	0:06:58	0:10:25	0:04:12	0:13:52	0:35:27
30	0:05:30	0:09:37	0:03:20	0:12:14	0:30:41
31	0:07:34	0:13:45	0:03:01	0:13:40	0:38:00
32	0:07:04	0:14:05	0:05:38	0:12:24	0:39:11
33	0:06:40	0:10:52	0:05:38	0:11:59	0:35:09
34	0:06:35	0:12:35	0:04:45	0:11:20	0:35:15
35	0:07:03	0:13:32	0:06:45	0:11:16	0:38:36
36	0:05:25	0:12:05	0:05:35	0:12:59	0:36:04
37	0:05:54	0:13:47	0:06:54	0:15:11	0:41:46
38	0:07:46	0:13:31	0:03:56	0:14:47	0:40:00
39	0:05:14	0:13:11	0:04:45	0:10:00	0:33:10
40	0:04:48	0:09:34	0:05:20	0:08:58	0:28:40
Yht. h:m:s	4:03:30	8:12:58	2:49:22	7:35:03	22:40:53
Ka. h:m:s	0:06:05	0:12:19	0:04:14	0:11:23	0:34:01
Kuormat yhteensä m3					37,54
Kuorman keskiarvo m3					0,94
Tehotuntituottavuus m3/h					1,65
Käyttötuntituottavuus m3/h					1,44

Vaijerinostimen kiinnittämisen jälkeen kuljetettiin järeimmät pöllit. Vinssin langaton ohjaus ei toiminut kunnolla tutkimuksen aikana, mikä hidasti kuormausta. Vinssin kelausnopeus etenkin vaijeria purettaessa ulos on erittäin hidas. Jos vinssattava puu on muutamaa metriä kauempana, vinssin lukitus kannattaa vapauttaa ja kuljettaa tukkisakset vinssattavan puun luokse. Ennen vinssauksen aloittamista täytyy vinssi käydä lukitsemassa perävaunun etuosassa. Puuta vinssattaessa kelausnopeus on sopiva ja puun kulua voi ohjata vaijerista.

Vaijerinostin pienentää työn kuormittavuutta kuormauksessa ja purkamisessa. Järeät pöllit kuljetettiin pääosin vajailla kuormilla, näin välttyttiin siirtoajoilta osittain kuormattuna. Etenkin takarinteessä eteneminen oli vaikeaa vajaillakin kuormilla. Edelliseen verrattuna mitattiin lisäksi kuormauksen yhteydessä käytetty siirtoajojen aika. Vinssausaikaan sisältyy pöllien kuormaus. Huomattavaa on, että kuorman tekemiseen kulunut aika - vinssaus ja siirtoajo - oli yli puolet kokonaisajasta. Edellisessä kuormausaika siirtoajoinen oli noin kolmannes käytetystä ajasta. Kuljetettuja kuormia yli yhteensä 7 kpl ja kuorman keskikoko oli 0,68 m³ ja pölkkyjen keskikoko 90 dm³. Taulukossa 2 on eritelty lähikuljetukseen käytetyt ajat.

TAULUKKO 2. Lähikuljetukseen käytetyt ajat vaijerinostinta käytettäessä

Metsäperävaunu vaijerinostimella varustettuna								
Kuorma	Ajo tyhjänä	Vinssaus	Siirtoajo	Kuormattuna ajo	Purku	Kokonaisaika	Pöllien lkm/kpl	Pvm
41	0:05:13	0:23:32	0:04:27	0:03:34	0:10:00	0:46:46	6	18.11.2014
42	0:05:41	0:19:15	0:11:59	0:04:30	0:13:16	0:54:41	8	18.11.2014
43	0:06:27	0:31:26	0:12:06	0:03:36	0:15:01	1:08:36	7	18.11.2014
44	0:06:14	0:20:03	0:02:53	0:03:06	0:12:56	0:45:12	8	18.11.2014
42	0:03:46	0:28:24	0:06:05	0:03:46	0:11:47	0:53:48	9	18.11.2014
46	0:04:37	0:11:05	0:07:24	0:01:27	0:07:02	0:31:35	5	18.11.2014
47	0:05:38	0:17:52	0:13:15	0:06:34	0:15:40	0:58:59	10	18.11.2014
Yht.	0:37:36	2:31:37	0:58:09	0:26:33	1:25:42	5:59:37	53	
Ka.	0:05:22	0:21:40	0:08:18	0:03:48	0:12:15	0:51:22	7,57	
Kuormat yhteensä m3								4,78
Kuorman keskiarvo m3								0,68
Tehotuntituottavuus m3/h								0,80
Käyttötuntituottavuus m3/h								0,69

Tehotuntituottavuudeksi perävaunulla ilman vaijerinostinta keskimääräisellä 450 metrin lähikuljetusmatkalla saatiin $1,65 \text{ m}^3$ ja vaijerinostimen kanssa $0,8 \text{ m}^3$. Käyttötuntituottavuudeksi saatiin vastaavasti $1,44 \text{ m}^3/\text{h}$ ja $0,69 \text{ m}^3/\text{h}$.



Kuva 5. Metsäperävaunulla kuljetettua puutavaraa (Kuva: Juhani Ylönen 2014)

4.2 Tukkien lähikuljetus juontokärryllä

Perusmallissa juontokärry viedään juonnettavan tukin toisen pään yläpuolelle, juontoketju laitetaan tukin ympärille ja kiinnitetään nostoliukuun. Liikkeelle lähdettäessä tukin pää nousee ilmaan nostoliukua pitkin. Tarvittaessa tukki voidaan lukita juontoketjulla lovipankkoon. Perusmalli mahdollistaa kullakin ajokerralla käytännössä vain yhden tukin kuljettamisen. Työasennot ovat huonoja juontoketjua kiinnitettäessä ja irrotettaessa. Juontokärryyn tehtiin muutostyö heti ensimmäisen kokeilun jälkeen. Lovipankon taakse, sivutukien päälle, kiinnitettiin käsikäyttöinen vinssi ja vinssin vetoliinaan tukkisakset. Vinssin ja saksien avulla tukin pää saatiin nostettua ylös, jonka jälkeen se oli helppo kiinnittää juontoketjulla lovipankkoon. Juontokärryyn tehdyt muutokset näkyvät

kuvassa 6. Vinssi mahdollisti useamman tukin kuljettamisen samalla kertaa ja tarvittaessa sillä voitiin vinssata tukki juontokärryn luokse.



Kuva 6. Juontokärry muutostöiden jälkeen (Kuva: Juhani Ylönen 2015)

Tukkien juontaminen kärryllä sujui muutostyön jälkeen hyvin. Puita ei pystytty kaatamaan oikeaan suuntaan kuljetukseen nähden, joten suurin osa tukeista kuljetettiin yksittäin. Mönkijällä ei päässyt poikittain ajosuuntaan nähden kaadettujen pölliin ylitse. Juontokärry on kevyt, joten sen peruuttaminen pitempiä matkoja metsässä oli vaikeaa. Kärry oli nopeampi irrottaa mönkijän vetokoukusta ja siirtää käsin juonnettavan tukin luokse. Kuormaa purettaessa juontoketju löysättiin vinssillä ja se irrotettiin lovipankosta. Varastopaikalla ensimmäinen tukkipino tehtiin poikittain ajosuuntaan nähden, se hidasti kuormien purkamista. Kaksi pinoa tehtiin ajosuunnan kanssa samansuuntaisiksi, jolloin tukkien pinoaminen helpottui. Tienvarsivaraston tukkipinot ovat kuvassa 7. Etualalla olevassa pinossa ovat ensiksi ajettut tukit.



Kuva 7. Tukkipinot tienvarsivarastolla (Kuva: Juhani Ylönen 2015)

Juontokertoja oli yhteensä 75 ja juonnettuja tukkeja 114 kappaletta. Kuljetuksessa mitattiin sekuntikellolla ainoastaan kuhunkin juontokertaan kulunut kokonaisaika. Kuljettujen tukkien määrää yhdellä ajokerralla ei kirjattu. Tyhjänä ja kuormattuna ajoon kului enimmillään parisen minuuttia. Eniten aikaa (21:45 min) kului ensimmäiseen juontokertaan, ennen kärryyn tehtyjä muutoksia. Lyhimmillään aika oli alle seitsemän minuuttia ja keskiarvo oli 12:09 min.

Versowood Oy:n Hankasalmen sahan mittausyhteenvedon mukaan tukkipöllejä oli 114 kpl. Kokonaistilavuus oli $20,38 \text{ m}^3$, keskijäreys 179 dm^3 ja A-laadun tyvien keskijäreys oli 256 dm^3 . Kaksi tukkia oli luokiteltu rautapuuksi ja niiden keskijäreys oli 303 dm^3 . (Yhteenvedo 2015.) Edellisen perusteella suurimmat tukit ovat olleet noin 400 dm^3 . Yhdellä juontokerralla kuljettiin keskimäärin $0,28 \text{ m}^3$. Taulukossa 3 on tukkien lähikuljetukseen käytetty aika kuormittain. Juontokärryllä suoritettun lähikuljetuksen tehollinen kokonaisaika oli noin 15 tuntia. Tehotuntituottavuudeksi 200 metrin lähikuljetusmatkalla saatiin $1,36 \text{ m}^3/\text{h}$ ja käyttötuntituottavuudeksi $1,18 \text{ m}^3/\text{h}$.

TAULUKKO 3. Tukkien lähikuljetukseen käytetyt ajat juontokärryllä

Tukkien lähikuljetus juontokärryllä					
Kuorma nro	Käytetty aika	Kuorma nro	Käytetty aika	Kuorma nro	Käytetty aika
1	0:21:45	26	0:14:04	51	0:08:03
2	0:13:40	27	0:07:55	52	0:12:19
3	0:16:09	28	0:15:24	53	0:12:15
4	0:14:07	29	0:08:02	54	0:23:16
5	0:18:27	30	0:16:00	55	0:07:20
6	0:19:56	31	0:10:13	56	0:08:11
7	0:16:10	32	0:10:16	57	0:11:50
8	0:15:26	33	0:10:20	58	0:10:44
9	0:13:18	34	0:10:13	59	0:10:11
10	0:14:21	35	0:12:18	60	0:21:36
11	0:14:24	36	0:09:40	61	0:09:53
12	0:12:05	37	0:10:53	62	0:08:47
13	0:20:05	38	0:09:51	63	0:09:49
14	0:09:02	39	0:10:16	64	0:09:46
15	0:17:08	40	0:12:17	65	0:11:13
16	0:09:14	41	0:10:37	66	0:08:52
17	0:15:16	42	0:14:44	67	0:14:42
18	0:08:17	43	0:09:08	68	0:07:20
19	0:14:05	44	0:10:50	69	0:06:45
20	0:08:49	45	0:08:36	70	0:10:26
21	0:16:30	46	0:08:53	71	0:14:06
22	0:16:22	47	0:07:50	72	0:13:37
23	0:10:13	48	0:09:32	73	0:11:24
24	0:10:04	49	0:10:51	74	0:12:34
25	0:09:47	50	0:10:44		
Yhteensä					14:59:06
Keskiarvo					0:12:09
Yhteensä m³					20,38
Keskiarvo m³					0,28
Tehotuntuottavuus m³					1,36
Käyttötuntuottavuus m³					1,18

4.3 Kuitupuun lähikuljetus hydrauliperävaunulla

Hydrauliperävaunulla suoritettussa kuitupuun lähikuljetuksessa ilmeni erilaisia vaikeuksia. Mönkijään kiinteästi asennettu hydrauliyksikkö tuotti omat ongelmansa. Mönkijän moottorin kierrosluvun säätö kuormaimen käytön aikana tapahtui kaasukahvaan kiinni-

tetyllä ruuvissäädöllä. Kierrosluvun säätö oli vaikeaa työkäsineet kädessä. Kaasun käytön toinen ongelma oli perävaunun veto tyhjäkäynnillä. Jos veto oli ajettaessa päällä ja moottorin kierrosluku laskettiin tyhjäkäynnille, mönkijän moottori sammui. Kuormaimen ohjaukseen käytettävä venttiilipöytä jouduttiin kiinnittämään varustelaatikon päälle. Ohjausvivut tulivat korkealle, mikä huononsi työasentoa kuormainta käytettäessä. Riittävän tehon saamiseksi kuormaimeen mönkijän moottorin kierrosluku piti säätää korkeaksi. Sen vuoksi työympäristö korkealla kierrosluvulla oli meluisa. Tyhjänä ajettaessa, vaikka vetoaisa oli lyhimmillään ja kuormaaaja mahdollisimman edessä, yhdistelmä kääntyi huonosti.

Hakkuutyö oli tehty maaperän ollessa lumeton ja sula. Hakkuun jälkeen metsäkasojen puut olivat jäätyneet kiinni maaperään ja toisiinsa. Kuvassa 8 näkyy kasojen päällä oleva märkä ja osittain jäätynyt lumikerros, joka jouduttiin lapioimaan pois. Metsäkasojen jäätyneen vuoksi kuormaimen käyttö oli ongelmallista. Nostoyritykset etenkin kauempaa olisivat kaataneet perävaunun, tai kuormaimen teho ei riittänyt pitkällä puomilla. Kaatumisriski oli suuri etenkin kuormauksen alussa perävaunun ollessa tyhjillään. Paksu lumikerros esti ajamisen aivan kasojen viereen joten puut piti kuormata jo ajetuilta urilta. Urien ulkopuolella eteneminen oli työlästä ja hidasta.



Kuva 8. Lumen peittämiä kuitupuukasoja (Kuva: Juhani Ylönen 2015)

Perävaunun kuormatilan mitta pankkoja vasten, karikoiden alaosa oli 60 x 35 cm ja karikoiden yläosa 100 x 30 cm. Kuitupuut oli katkottu kolmen metrin määrämitta. Yhden kuorman kehystilavuus oli 1,53 m³, josta kiintotilavuudeksi saatiin noin 1 m³. Osaa kuljetetuista kuormista ei otettu laskentaan mukaan ilmenneiden ongelmien tai vajaiden kuormien vuoksi. Laskentaan otettiin 14 kuljetettua kuormaa. Neljäntoista kuutiometrin kuljettamiseen kului tehollista aikaa lähes 12 tuntia, keskiarvon ollessa noin 51 minuuttia. Tehotuntituottavuudeksi saatiin noin 1,18 m³/h ja käyttötuntituottavuudeksi 1,03 m³/h. Erittely on esitetty taulukossa 4. Paino-otantamittauksen mittaustodistuksen mukaan kuljetettuja kuitupuita oli kaikkiaan 19,5 m³ (Mittaustosite 2015). Kuvassa 9 on näkymä kuitupuiden varastopaikalta.

TAULUKKO 4. Kuitupuiden kuljetukseen käytetyt ajat ja tuottavuus

Kuitupuiden lähikuljetus hydrauliperävaunulla					
Kuorma nro	Käytetty aika	Kuorma nro	Käytetty aika	Kuorma nro	Käytetty aika
1	0:53:45	6	0:46:40	11	0:38:00
2	0:50:00	7	1:05:30	12	0:38:30
3	0:57:00	8	0:47:40	13	0:37:00
4	1:02:30	9	0:53:30	14	1:05:30
5	0:48:20	10	0:48:00		
Yhteensä					11:51:55
Keskiarvo					0:50:51
Yhteensä m³					14
Keskiarvo m³					1,00
Tehotuntituottavuus m³					1,18
Käyttötuntituottavuus m³					1,03



Kuva 9. Näkymä kuitupuiden tienvarsivarastolta (Kuva: Juhani Ylönen 2015)

5 TULOSTEN ANALYSOINTI

5.1 Yksikkökustannukset eri tutkimustapauksissa

Tuloksissa tehotuntuottavuudeksi käsin kuormattavalla perävaunulla ilman vaijerinostinta keskimääräisellä 450 metrin lähikuljetusmatkalla saatiin 1,65 m³, vastaava käyttötuntuottavuus oli 1,44 m³/h. 37,5 m³:n kuljettamiseen käytettiin tehollista aikaa 22,7 tuntia, josta käyttötunteja saadaan 26,1 tuntia. Yksikkökustannuksia vaijerinostinvarustuksella ei laskettu pienen otannan ja kuljetuksessa ilmenneiden ongelmien vuoksi.

Kiinteitä kustannuksia olivat mönkijän hankintahinta, joksi arvioitiin 8 000 €, perävaunun hinta 1000 € ja pakollinen liikennevakuutus 230 €. Muuttuviin kustannuksiin laskettiin palkkakustannus 27 €/h (Salminen ym. 2013) sisältäen palkkauksen sivukulut, mönkijän polttoaine 3 €/h ja huoltokustannukset 1 €/h. Yhden siirron hinnaksi arvioitiin 50 € ja siirtoväliksi 30 tuntia. Kaikki hinnat ovat arvonlisäverottomia hintoja. Kustannuslaskelmat tehtiin teoriaosuuden luvun 2.2 viimeisen kappaleen mukaisesti. Taulukossa 5 on esitetty kuljetetun puutavaran yksikkökustannukset €/h ja €/m³ suhteutettuna käyttötuntimäärään. Oletuksena on, ettei mönkijää käytetä vuoden aikana muuhun työhön. Jos esimerkiksi yhdistelmällä kuljetetaan puutavaraa 300 käyttötuntia, kuljetetun puutavaran yksikkökustannus on tuolloin 39,26 €/h ja 26,69 €/m³. Tuolloin kuljetetun puutavaran kokonaismäärä olisi 432 m³.

TAULUKKO 5. Manuaaliperävaunulla kuljetetun puutavaran yksikkökustannukset kun käyttötuntuottavuus on 1,44 m³/h

Käyttö tunnit	Muuttuvat kustannukset	Kiinteät kustannukset	Kustannukset yhteensä	Yksikkö- kustannus / h	Yksikkö- kustannus / m ³	Kuljetettu määrä / m ³
100	3 300,00 €	1 976,81 €	5 276,81 €	52,77 €	41,37 €	144
300	9 800,00 €	1 976,81 €	11 776,81 €	39,26 €	28,91 €	432
500	16 350,00 €	1 976,81 €	18 326,81 €	36,65 €	26,42 €	720

Juontokärryllä tehotuntuottavuudeksi tukkipuiden 200 metrin lähikuljetusmatkalla saatiin 1,36 m³/h ja käyttötuntuottavuudeksi 1,18 m³/h. 20 m³:n kuljettamiseen tehollista aikaa käytettiin noin 15 tehotuntia, joka vastaa 17,25 käyttötuntia. Muuttuvien ja kiinteiden kustannusten osalta käytettiin samoja lähtöarvoja kuin edellisen kohdan perä-

vaunun osalta. Yksikkökustannus vuosittaisella 300 käyttötunnilla 35,28 €/m³ eli noin 6 € suurempi kuin käsin kuormattavalla perävaunulla. Tuntikohtainen yksikkökustannus vastaavat edellistä, mutta tuottavuus juontokärryllä on noin 80 m³ pienempi, 354 m³. On myös otettava huomioon että kuljetusmatka oli lyhyempi, mikä edelleen pienentää tuottavuutta edelliseen verrattuna. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6. Juontokärryllä suoritetun lähikuljetuksen yksikkökustannukset kun käyttötuntituottavuus on 1,18 m³/h

Käyttö tunnit	Muuttuvat kustannukset	Kiinteät kustannukset	Kustannukset yhteensä	Yksikkökustannus / h	Yksikkökustannus / m ³	Kuljetettu määrä / m ³
100	3 300,00 €	1 976,81 €	5 276,81 €	52,77 €	50,49 €	118
300	9 800,00 €	1 976,81 €	11 776,81 €	39,26 €	35,28 €	354
500	16 350,00 €	1 976,81 €	18 326,81 €	36,65 €	32,24 €	590

Hydraulikäyttöisellä perävaunulla tapaustutkimuksessa tehotuntituottavuudeksi saatiin noin 1,18 m³/h ja käyttötuntituottavuudeksi 1,03 m³/h. Noin 14 m³:n kuitupuun kuljetamiseen kului aikaa noin 14 tuntia. Muuttuviin kustannuksiin laskettiin palkkakustannus 27 €/h sisältäen palkkauksen sivukulut, mönkijän polttoaine 4,5 €/h ja huoltokustannukset 1,1 €/h. Lisääntyneet polttoaine- ja huoltokustannukset aiheutti perävaunu. Kiinteitä kustannuksia olivat mönkijän hankintahinta, joksi arvioitiin 8 000 €, perävaunun hinta 11 000 € ja pakollinen liikennevakuutus 230 €. Manuaaliseen perävaunuun verrattuna 300 käyttötunnilla yksikköhinta €/m³ oli noin 4 € suurempi. Tulokset on esitetty taulukossa 7.

TAULUKKO 7. Hydrauliperävaunulla suoritetun lähikuljetuksen yksikkökustannukset kun käyttötuntituottavuus on 1,03 m³/h

Käyttö tunnit	Muuttuvat kustannukset	Kiinteät kustannukset	Kustannukset yhteensä	Yksikkökustannus / h	Yksikkökustannus / m ³	Kuljetettu määrä / m ³
100	3 460,00 €	3 917,71 €	7 377,71 €	73,78 €	85,11 €	104
300	10 280,00 €	3 917,71 €	14 197,71 €	47,33 €	50,34 €	312
500	17 150,00 €	3 917,71 €	21 067,71 €	42,14 €	43,38 €	520

5.2 Vertailu aiempiin tutkimuksiin

Työtehoseuran vuonna 2001 tekemässä tuottavuus- ja kustannustutkimuksessa lähikuljetuksen tehotuntituottavuudeksi saatiin mönkijällä $3,5 \text{ m}^3/\text{h}$ 150 metrin kuljetusmatkalla ajouranvarsitiheyden ollessa $3,1 \text{ m}^3/100 \text{ m}$, josta edelleen käyttötuntituottavuudeksi $3 \text{ m}^3/\text{h}$. Mönkijän ja perävaunun hankintahinta oli yhteensä 13 650 €. Jäännösarvona käytettiin 20 % hankintahinnasta, pitoaikana kuutta (6 v) vuotta ja korkoprosenttina viittä (5 %). Palkkakustannus oli 7,73 €/h ja palkan sivukulut 69,25 %. Kustannuksia kertyi lisäksi vakuutuksista, poltto- ja voiteluaineista, korjauksista ja huolloista sekä kaluston siirrosta. Tuolloin 400 - 500 tunnin käyttötuntimäärällä yksikkökustannus oli noin 7 €/m³. Vastaavat lähikuljetuksen kustannukset metsäteollisuuden ja metsähallituksen työmailla olivat tuolloin keskimäärin 3,8 €/m³. (Kärhä 2002, 61).

Prolongoimalla tuo 7 €:n yksikkökustannus 13 vuoden takaa 3 %:n korolla kertoimeksi saadaan 1,47, josta yksikkökustannuksen nykyarvoksi saadaan noin 10,3 €/m³. Kuluttajahintaindeksin 2000 arvo oli vuonna 2001 102,6 ja vuonna 2014 127,3 (Kuluttajahintaindeksi 2000). Kuluttajahintaindeksin muutos kyseisellä välillä on 24,7. Kuluttajahintaindeksillä korjatulla arvolla yksikkökustannukseksi saadaan noin 12,8 €/m³. Tuntikustannukseksi vuoden 2001 arvoilla saadaan noin 26 €. Nykyarvoon muutettuna ja kuluttajahintaindeksin muutos huomioiden tuntikustannus on noin 48 €. Kustannus käyttötunnilta on noin 8 € suurempi, koska mönkijäyhdistelmän hankintahinta on tuolloin ollut 4 650 € suurempi. Jos hankinta hinta olisi ollut vastaava 9 000 €, yksikkökustannus tunnilta on noin 42 €. Nykyarvoon muutettuna ja kuluttajahintaindeksi huomioiden yksikkökustannus tunnilta oli ensimmäisessä tutkimustapauksessa noin 7 % pienempi, 39,26 €.

Koneviestin testissä (Nykänen 2011) keskimääräisenä kuormakokona oli $1,5 \text{ m}^3$ ja suurimmat kuormat jopa 2 m^3 . Tuottavuudeksi saatiin 5 – 6 m³ tunnissa. Arvot pitänevät paikkansa, mutta yksikkönä tulisi olla pinokuutiometri (p-m³). Todellinen tuottavuus lienee ollut enintään 3,5 – 4 m³ tunnissa.

5.3 Tulosten luotettavuus

Jokaisessa lähikuljetuskohteessa on omat yksilölliset tekijät. Käytetty kalusto, uranvar-sitiheys, kuljetusmatka tai eri työvaiheisiin käytetty aika voidaan vakioda tai mitata. Tuloksiin vaikuttavat osaltaan myös muuttuvat tekijät, kuten maaston ja maapohjan ominaisuudet, sääolosuhteet sekä kuljetuksen suorittaja. Manuaaliperävaunulla suorite-tun tutkimuksen tuloksia voi pitää luotettavina. Kuljetettujen kuormien ja puutavaran määrä oli otannaltaan riittävä. Samoin juontokärryllä suoritettun lähikuljetuksen tulokset ovat luotettavia.

Hydrauliperävaunulla suoritettussa tutkimuksessa tuottavuuteen heikentävästi vaikutta-via tekijöitä oli useita. Eniten tuottavuutta heikensi lumitilanne. Paksu lumikerros hidas-ti tai jopa esti mönkijän etenemisen haluttuun kuormauspisteeseen. Kasat olivat osittain lumen peitossa ja puut jäätyneet toisiinsa ja maahan kiinni. Mönkijään integroitu hyd-rauliyksikkö aiheutti ongelmia. Jos perävaunun telissä oli veto päällä kun mönkijä las-kettiin tyhjäkäynnille, se sammui. Kuljettajan vähäinen kokemus hidasti kuormaimen käyttöä. Kevyet koneet metsänhoidossa -hankkeen yhteydessä suoritetuissa testeissä hydrauliperävaunun tuottavuus oli noin 3m³/h. Jos heikentäviä tekijöitä kompensoidaan ja tuottavuus on 3m³ käyttötunnissa, yksikkökustannus 300 vuosittaisella käyttötunnilla on enää 17,45 €/m³. Taulukossa 8 on esitetty yksikkökustannukset ja tuottavuus kom-pensoidulla arvolla.

TAULUKKO 8. Hydrauliperävaunun kompensoidut yksikkökustannukset kun tuotta-vuus on 3 m³/h

Käyttö tunnit	Muuttuvat kustannukset	Kiinteät kustannukset	Kustannukset yhteensä	Yksikkö-kustannus / h	Yksikkö-kustannus / m ³	Kuljetettu määrä / m ³
100	3 460,00 €	3 917,71 €	7 377,71 €	73,78 €	29,51 €	300
300	10 280,00 €	3 917,71 €	14 197,71 €	47,33 €	17,45 €	900
500	17 150,00 €	3 917,71 €	21 067,71 €	42,14 €	15,04 €	1500

Taulukon 8 tuloksia tuottavuuden ja yksikkökustannusten osalta voidaan pitää keskimääräisinä. Hyvissä olosuhteissa ja lyhyellä kuljetusmatkalla tuottavuus on suurempi. Pitkillä kuljetusmatkoilla tai huonoilla maastopohjilla ei 3 m³:n käyttötuntituottavuutta saavuteta.

6 KANNATTAAKO PUUTAVARAN LÄHIKULJETUS MÖNKIJÄLLÄ?

6.1 Lähikuljetuksen yksikkökustannukset mönkijällä

Tarkasteltaessa yksikkökustannuksia tutkimuksessa saaduilla tuottavuuksilla, mönkijällä suoritettu lähikuljetus ei ole kannattavaa verrattuna kuormatraktoriin. Mönkijällä kuljetun puumäärän ja tuottavuuden kasvaessa lähestytään koneketjun yksikkökustannuksia.

Käsin kuormattavalla perävaunulla ja juontokärryllä 300 tunnin vuosittaisella käyttötuntimäärällä yksikkökustannus tunnilta on noin 40 €. Osa kuljetettavasta puutavarasta on todennäköisesti tukkeja, joten keskimääräisenä tuottavuutena voidaan pitää noin 1,5 m³/h. Ensimmäisen tutkimustapauksen pitkä kuljetusmatka ja maasto-olosuhteet alensivat tuottavuutta. Kuljetettu puutavaramäärä on tuolloin noin 450 m³ vuodessa.

Hydrauliperävaunulla varustetun mönkijän käyttötuntituottavuuden ollessa 3 m³ ja vuosittaisen kuljetukseen käytetyn ajan ollessa 300 tuntia yksikkökustannukset ovat noin 45 €/h. Tuolloin vuosittain kuljetettu puumäärä on noin 900 m³. Jotta mönkijällä ja hydrauliperävaunulla suoritettu lähikuljetus olisi taloudellisesti kannattavaa, tuntiveloituksen olisi oltava noin 45 €. Laskelmissa kuormatraktorilla suoritettujen lähikuljetusten tuntihintana on käytetty 65 € (Salminen, Hirvelä & Härkönen 2013, 205). Hydrauliperävaunulla varustetulla mönkijällä suoritettuun 900 m³:n lähikuljetukseen kuluisi 300 tuntia. Jos kuormatraktorin tuottavuus olisi esimerkiksi 9 m³/h eli kolminkertainen, aikaa kuluisi 100 tuntia. Mönkijällä suoritettu lähikuljetus maksaisi noin 13 500 € ja kuormatraktorilla 6 500 €.

Metsurihakkuuna ja mönkijällä kuljetettavan puutavaran määrän kasvattamista hillitsee pieni tuottavuus. Omatoimisesti toteutetun metsurihakkuun ja mönkijällä suoritettujen lähikuljetusten yhtenä minimimääränä voitaisiin pitää manuaali- ja juontokärryllä noin 100 tuntia vuodessa ja hydrauliperävaunulla 300 tuntia vuodessa. Metsurityönä toteutettuun 900 m³:n hakkuutyöhön keskimääräisellä 2 m³:n tuntituottavuudella kuluu 450 tuntia ja lähikuljetukseen 3m³:n tuottavuudella 300 tuntia, yhteensä 750 tuntia. 40 tunnin viikkotyöajalla korjuuseen kuluisi aikaa noin 19 viikkoa. Silloin myös puunkorjuu-

seen käytetty kokonaisaika ja kustannukset suhteessa koneelliseen puunkorjuuseen pyysisivät siedettävänä. Metsurihakkuuta ja lähikuljetusta mönkijällä puoltavat edellisissä tapauksissa myös yksittäisinä korjuukohteina pienten hakkuiden koneellisen korjuun suhteessa isot yksikkökustannukset. Kokonais- ja pinta-alakertymänsä pienet puumäärät eivät ostajia kiinnosta, hankinta- tai käteiskauppana ne saadaan paremmin kaupaksi.

Talouden ja tuottavuuden kannalta tarkasteltuna puutavaran lähikuljetus ei mönkijällä ole kannattavaa. Luontoarvot ja paikalliset olosuhteet huomioon ottaen, mönkijällä suoritettu lähikuljetus on joissakin tapauksissa perusteltua. Esimerkiksi tapausten 2 ja 3 puutavaran kuljetus ei olisi onnistunut muulla kalustolla ilman erityisjärjestelyitä. Metsurityönä tehty hakkuu ja mönkijällä suoritettu lähikuljetus ei ole metsänhoidollisena harrastuksena huono. Jos mönkijä on hankittu, tulee sitä käyttää hyödyksi mahdollisuuksien mukaan kaikissa metsänhoitotöissä. Jokainen hyödyllinen käyttötunti pienentää mönkijään kohdistuvia vuosittaisia kiinteitä kustannuksia.

Metsätöistä ja oman metsän hoitamisesta saatu hyvinvointi ja terveyshyödyt eivät ole taloudellisesti mitattavissa. Mönkijä osaltaan edistää myös metsän hyvinvointia, hoitotoimen

6.2 Tutkimustapausten kokonaiskannattavuuden laskelmia

Jos opinnäytetyön ensimmäisen tutkimustapauksen noin 40 m³:n hakkuut olisi tehty koneetjulla, kustannuksissa lähestytään metsurihakkuun ja mönkijällä suoritettun lähikuljetuksen kustannuksia. Ensimmäisessä tapauksessa hakattu ja kuljetettu kokonaispuumäärä oli 42,3 m³. Hakkuuseen ja kuljetukseen käytettiin yhteensä aikaa noin 55 tuntia, josta kuljetuksen osuus oli noin 30 tuntia. Noin 300 käyttötunnilla mönkijällä suoritettun lähikuljetuksen yksikköhinta on noin 39 € tunnilta ja metsurihakkuun sivukuuluineen noin 27 €. Ostopalveluna kokonaiskustannukseksi muodostuu noin 1800 €. Tien varressa 30 €:n kuutiohinnalla puiden arvo on noin 1270 €. Omana työnä hakkuun ja lähikuljetuksen tuntipalkaksi mönkijän kiinteät ja muuttuvat kustannukset vähennettynä jää noin 17 €. Moottorisahan kustannuksia ei ole huomioitu.

Koneketjun siirtokustannukset Metsäkonetaksi -hankkeen kustannuksilla olisivat noin 470 €. Hehtaarikohtainen kertymä oli noin 20 m³. Pienen pinta-alakohtaisen kertymän vuoksi ja siirtymät hakkuualueelle mukaan lukien hakkuukoneen tuottavuudeksi voidaan arvioida noin 8 m³/h. Tuolloin hakkuutyöhön kuluisi aikaa noin 5 tuntia. Lähikuljetus olisi järkevintä suorittaa neljässä noin 10 m³:n kuormassa. Lähikuljetukseen kuluisi arviolta 3 tuntia. Hakkuukoneen 90 €:n ja kuormatraktorin 65 €:n tuntihinnoilla kustannukset olisivat 645 €, tuntihintoihin sisältyvät siirrot.

Yhdistetyissä tapauksissa 2 ja 3 metsurihakkuun kustannus oli 750 €. Lähikuljetuksen kustannukset olivat juontokärryllä noin 750 € ja hydrauliperävaunulla 800 €, yhteensä 1550 €. Hakkuun ja lähikuljetuksen kustannukset mönkijän 300 vuosittaisella käyttötunnilla ovat yhteensä 2300 €. Mäntytukin 50 ja mäntykuidun 30 €:n kuutiohinnoilla puutavaraerän arvo olisi 1600 €. Oma työnä tehdystä hakkuusta ja lähikuljetuksesta tuntipalkaksi jää mönkijän kustannukset vähennettynä noin 15,60 €. Jos lähikuljetuksen keskimääräinen tuottavuus hydrauliperävaunulla kaikissa tapauksissa olisi 3 m³/h, oma työnä tehtynä laskennalliset tuntikorvaukset kasvavat huomattavasti. Taulukossa 9 on esitetty tutkimustapausten kannattavuuslaskelmat sekä kannattavuus hydrauliperävaunun oletetulla 3 m³:n tuottavuudella.

TAULUKKO 9. Tutkimustapausten laskennallinen kannattavuus kun mönkijän tuntikustannukset on vähennetty

Tapaukset	Tuottavuus m ³ /h	Lähikuljetus / h	Hakkuutyö / h	Puutavaraerän arvo	Kust. ostopalvelu	Nettotulos ostopalvelu	Kustannus koneketju	Nettotulos koneketju	Tuntipalkka omatyö
1	1,44	30	25	1 270,00 €	1 852,80 €	-582,80 €	645,00 €	625,00 €	17,31 €
2 + 3	1,18 + 1,04	37	30	1 600,00 €	2 424,02 €	-824,02 €			15,62 €
1	3	15	25	1 270,00 €	1 384,95 €	-114,95 €	645,00 €	625,00 €	24,75 €
2 + 3	3	13	30	1 600,00 €	1 425,29 €	325,00 €			31,57 €

Todennäköisesti puunkorjuun taloudellisesti kannattavin vaihtoehto tutkimustapauksissa olisi ollut tehdä hakkuu metsurityönä ja lähikuljetus hydrauliperävaunulla varustetulla maataloustraktorilla. Maataloustraktorin tuntiveloitus vaihtelee 50 – 60 euroon tunnilta.

Kaikki opinnäytetyössä aiemmin olevat laskelmat on tehty investoinnin 6 vuoden pitoajalla, 20 %:n jäännösarvolla ja 5 %:n laskennallisella korolla sekä 27 €:n palkkakustannuksella. Laskentakorolla ja pitoajalla yhdessä ja erikseen on merkittävä vaikutus

mönkijällä suoritettavan puutavaran lähikuljetuksen yksikkökustannuksiin. Taulukossa 10 on esitetty kuinka yksikkökustannukset muuttuvat laskentakoron ja pitoajan muuttuessa.

TAULUKKO 10. Laskentakoron ja pitoajan vaikutus yksikkökustannuksiin

Pito-aika	Kustannus	Laskentakorko				
		2 %	4 %	5 %	8 %	10 %
2 v	€/m ³	16,75 €	17,62 €	18,06 €	19,41 €	20,33 €
	€/h	50,47 €	53,22 €	54,58 €	58,63 €	61,30 €
4 v	€/m ³	13,42 €	15,26 €	16,23 €	19,29 €	21,48 €
	€/h	39,80 €	44,47 €	46,78 €	53,59 €	58,05 €
6 v	€/m ³	12,93 €	15,87 €	17,45 €	22,66 €	26,56 €
	€/h	37,55 €	44,11 €	47,33 €	56,78 €	62,93 €
8 v	€/m ³	13,19 €	17,35 €	19,65 €	27,53 €	33,71 €
	€/h	37,40 €	45,79 €	49,89 €	61,88 €	69,66 €
10 v	€/m ³	13,77 €	19,28 €	22,42 €	33,61 €	42,79 €
	€/h	37,82 €	47,76 €	52,59 €	66,66 €	75,75 €

6.3 Jatkokehitysideoita

Mielenkiintoista olisi selvittää mönkijällä suoritettujen lähikuljetusten tuottavuutta ja yksikkökustannuksia lumiolosuhteissa. Jyväskylän ammattikorkeakoulun projektin yhteydessä suoritettujen lumitestien yhteydessä teloilla varustettujen mönkijän vetovoima oli huomattavasti suurempi. Suurempi vetovoima perustuu parempaan pitoon, jolla voidaan kompensoida hydrauliperävaunun vetovoimaa. Telipyöriin tai niiden tilalle kiinnitetään lumella helposti liukuvat jalakset. Perävaunun tai reenin kuormatilaa on mahdollista kasvattaa telamönkijän levyiseksi. Ajonopeuden kasvattaminen on mahdollista niin tyhjänä kuin kuormattuna ja lähikuljetus on mahdollista myös huonoilla maastopohjilla. Tuottavuutta huonontavana seikkana on mahdollinen puutavarakasojen peittyminen lumeen.

Hydraulitoimiset kauko-ohjattavat mönkijän hydrauliiikkaan integroidut vinssit edessä ja takana parantaisivat mönkijän käyttöominaisuuksia. Nykyiset sähkökäyttöiset vinssit ovat hitaita ja kuormittavat mönkijän pientä akkua jos erillistä akkua ei käytetä. Vinssihin liittyen juontolaitteiden ja -kärrien ominaisuuksissa on vielä kehittämistä.

Liiketalouden opintojen opinnäytetyönä voitaisiin selvittää metsäpalveluyrittäjän kevyen koneketjun kannattavuutta työllistymismahdollisuuksia. Koneketju sisältäisi ainakin mönkijän telavarustuksella, hydrauliperävaunun, lannoitusperävaunun, mönkijäyhdistelmän ja taimien kuljettamiseen sopivan perävaunun ja vetoauton. Yrittäjän palveluita olisivat esimerkiksi puutavaran lähikuljetus, metsänlannoitus, taimien kuljetus välivaraustolta istutustyömaille autolla ja taimien kuljetus sekä jakelu istutusalueelle mönkijällä. Tarvittavan käyttökelpoisen kaluston hankinta sitoisi pääomaa verollisena 70 000 – 80 000 €. Asiakkaina voisivat olla metsäteollisuusyritykset, metsänhoitoyhdistykset ja yksityiset metsänomistajat.

LÄHTEET

Alhola, K. & Lauslahti, S. 2000. Laskentatoimi ja kannattavuuden hallinta. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Faktaa mönkijöistä Suomessa 2012. Teknisen kaupan ja palveluiden yhdistyksen Maastoajoneuvojaoston julkaisu. Luettu 5.3.2014. <http://tekninen.fi/ajankohtaista/tiedotteet>.

Hakala, T. 2010. Multi-Mette SLT-5 4wd –kuormainperävaunu: kuormaa, vetää ja vinsaa. Koneviesti 10/2010, 66-69. Helsinki: Viestilehdet.

Korjuumenetelmät 2010. Luettu 12.3.2015. <http://www.farmit.net/metsa/puukauppa>.

Kuluttajahintaindeksi 2000. Luettu 8.5.2015. <http://www.tilastokeskus.fi/til/khi>.

Kärhä, K. (toim.) 2002. Nuoren metsän hoitotyön pienteknologia. Työtehoseuran julkaisuja 387. Helsinki: Tammer-Paino Oy.

Metsätilastollinen vuosikirja 2014. Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipaikka 2014. Tammerprint Oy.

Martkainen, T., & Martikainen, M. 2006. Rahoituksen perusteet. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Mittaustosite 2015. Paino-otantamittaus 11.2.2015. Metsä Group.

Nykänen, J. 2010. Kuormaajalla varustetut metsäperävaunut testissä: puu liikkumaan! Koneviesti 2/2010, 66-70. Helsinki: Viestilehdet

Nykänen, J. 2011. Avesta 4.2 H Metsäperävaunu kaikilla herkuilla. Koneviesti 7/2011, 70-73. Helsinki: Viestilehdet.

Nykänen, J. 2013. Kevyillä koneilla metsänhoitoon. Koneviesti 6/2013, 60-61. Helsinki: Viestilehdet.

Parviainen, M., Pellinen, R., Salminen, M. & Sauranen, T 2014. Kevyet koneet metsänhoidossa: Opas metsänomistajille, Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylä: Kirjapaino Kari.

Salminen, O., Hirvelä, H. & Härkönen, K. 2013. Valtakunnan metsien 10. inventointiin perustuvat ainespuun alueelliset hakkuumahdollisuusarviot. Metsätieteen aikakauskirja 2/2013. Luettu 12.3.2015. <http://www.metla.fi/aikakauskirja>.

Tenhunen, M-L., Johdon laskentatoimen koulu 2/10. Julkaistu 12.3.2013. Luettu 15.4.2015. <http://tilisanomat.fi/content/johdon-laskentatoimen-peruskasitteet-menetelmat-ja-teknikat>.

VALT mönkijäraportti 2012. Mönkijäonnettomuuksien teemaraportti. Vakuutusyhtiöiden liikenneturvallisuustoimikunta VALT. Luettu 5.3.2015. <http://www.lvk.fi/Tilastot>.

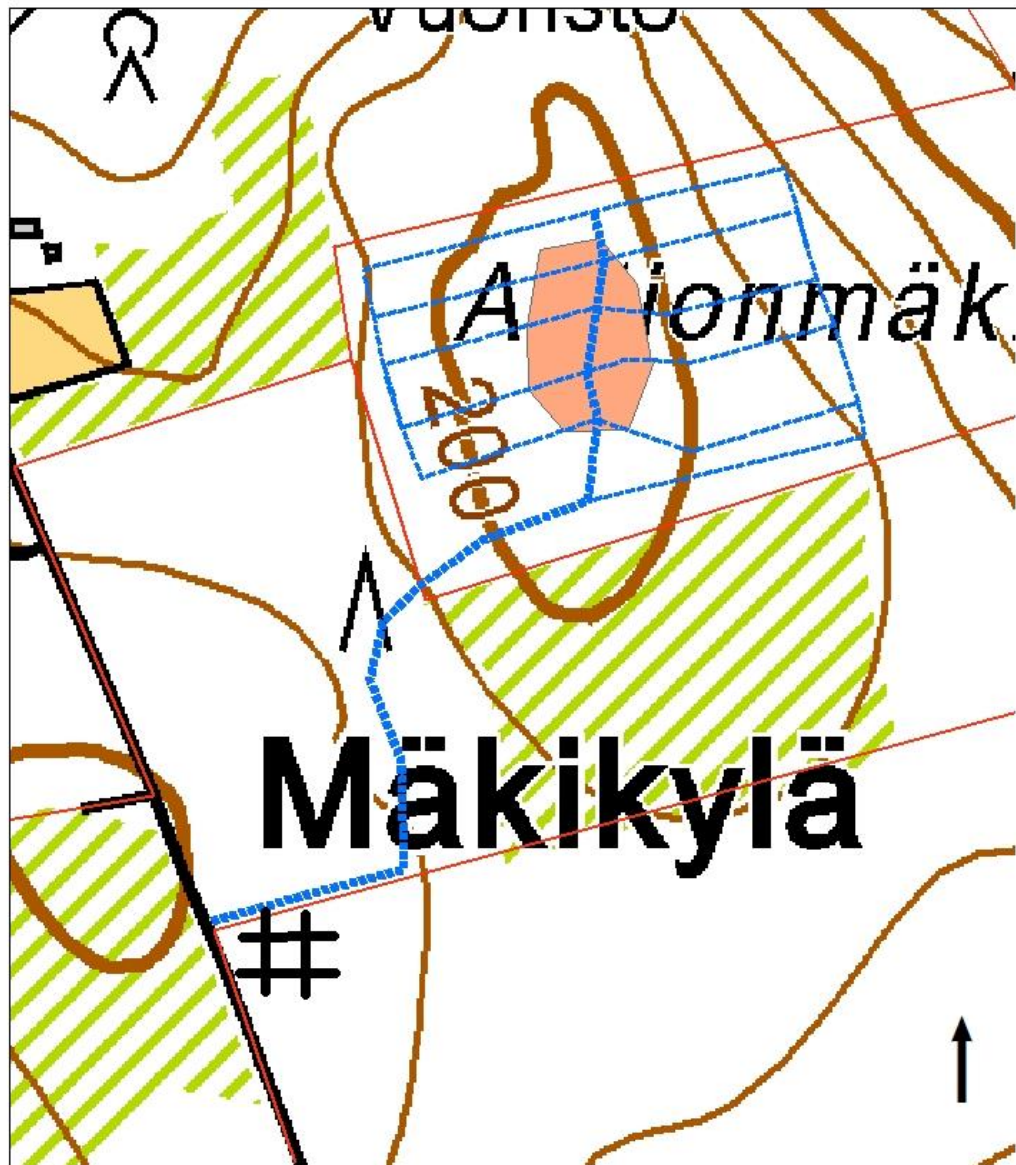
Viestilehdet 2015. Luettu 27.2.2014. <http://www.viestilehdet.fi/>.

Yhteenveto 2015. Tukkerittelyn yhteenveto 11.2.2015. Versowood Oy, Hankasalmen saha.

LIITTEET

Liite 1. Kartta lumituhoalueen lähikuljetuskohteesta

Keuruun Mäkikylän lumituhoalue



Selitteet

- - - Kokoomaura
- - - Ajurat
- Varasto
- Pahin tuhoalue
- Tilarajat

Liite 2. Kartta tonttihakuun lähikuljetuskohteesta

Tonttihakkuu Kangashäkki



Selite

-  Tonttihakkuu
-  Tilarajat
-  Ajoura
-  Varastopaikka

1:2 000