

Jani Laine

# **Puutavarakuljetusten kehittäminen**

Opinnäytetyö

Syksy 2012

Seinäjoen ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka

Auto- ja työkonetekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jani Laine

Työn nimi: Puutavarakuljetusten kehittäminen

Ohjaaja: Ari Saunamäki

Vuosi: 2012

Sivumäärä: 48

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Tämä opinnäytetyö on tehty kuljetusliike Heikki Laineen puutavarakuljetuksiin perustuen. Yritys kuljettaa puutavaraa Metsä Groupin sahoille ja tuotantolaitoksille. Kuljetusten kehittämiseksi ja tehostamiseksi on tarvetta varsinkin nykypäivän kustannuspaineiden alla. Tavoitteena on päästä parempaan kannattavuuteen.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kannattavuutta siirtoauton hyödyntämisessä Laineen puutavarakuljetuksissa. Lisäksi tavoitteena oli selvittää tulevaisuudessa mahdollisesti toteutettavien kokonaispainojen noston mukana tuomia vaikutuksia Laineen ja koko Kyrönmaan puutavarakuljetuksissa.

Työssä tutkittiin siirtoauton hyödyntämistä eri reiteillä ja puutavaralajeittain. Lisäksi selvitettiin siirtoauton käytöstä aiheutuvat kustannukset ja verrattiin niitä nykyisen kaluston kuormakohtaisiin kustannuksiin. Kokonaispainojen nostoa tutkittiin tämän hetken kuljetettavien puutavaralajien ja kuljetussuoritteiden mukaan. Tutkimuksien tukena käytettiin jo valmiita tutkimuksia ja pohdittiin niistä saatujen tulosten soveltamista Laineen kuljetuksiin. Työssä tutkittiin myös reittien suunnittelun merkitystä kuljetustehokkuuteen.

Tutkimuksen tuloksena saatiin selvitettyä kuljetusten suunnittelun ja organisoinnin merkitys tehokkuuteen. Siirtoauton kannattavuus Laineen kuljetuksissa saatiin selvitettyä ja kokonaispainojen noston vaikutuksille saatiin määritettyä niin kuormamäärien aleneminen kuin mahdollinen vuosisuoritteiden kasvu.

Tulokset olivat pääosin odotusten mukaisia. Kokonaispainojen noston todellinen vaikutus kuljetuksiin oli aiemmin tutkittua tulosta huomattavasti alhaisempi, mutta kuitenkin muutos olisi pelkästään positiiviseen suuntaan.

Avainsanat: puutavara, logistiikka, kuljetus, kantavuus

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Automotive and Work Machine Engineering

Author: Jani Laine

Title of thesis: Developing of timber logistics

Supervisor: Ari Saunamäki

Year: 2012

Number of pages: 48

Number of appendices: 2

---

This thesis was done based on the timber logistics of Heikki Laine's transport company. The main mission is to deliver timber for Metsä Group sawmills and production plants. Developing and intensifying are needed especially in the current cost pressure. The aim is to achieve a higher profitability.

The purpose of this thesis was to investigate the profitability of a transport truck used in Laine's timber transport. The objective was also to determine the effect of increasing the total weights nationwide in the future for the timber logistics of Laine and the whole Kyrönmaa.

The thesis investigated exploiting the transport truck in different routes and by timber assortment. In addition the costs of the transport truck were determined and compared with the current equipment. Increasing the total weights was investigated with the transported timber assortments and total haulage nowadays. Existing investigations were used as a support of the studies adapting the results that have been obtained out of them to Laine's transports. In the thesis the significance of planning the routes was also studied compared to the transport effectiveness.

The significance of planning and organizing the effectiveness of the transports was analyzed as a result of the study. The profitability of the transport truck was analyzed successfully. The decline of the load numbers and possible growth of the year performance were determined. The effects of the increasing total weights were lower than reported before.

Keywords: timber, logistics, transport, carrying capacity

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ .....	4
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO .....	6
1 JOHDANTO .....	7
1.1 Kuljetusliike Heikki Laine.....	8
1.2 Metsä Group .....	8
2 RAAKAPUUN AUTOKULJETUKSET .....	10
2.1 Kuljetuskalusto .....	11
2.2 Kuorman käsittely.....	12
2.3 Kuorman sitominen .....	13
2.4 Kuljetusten ohjaus.....	13
2.5 Taloustietoa kuljetuksista .....	13
3 LOGISTIIKKA JA KULJETUKSET.....	15
3.1 Maantiekuljetukset .....	15
3.2 Liikenneinfrastruktuuri, lait ja asetukset .....	16
3.3 Kuljetusten ohjaus ja organisointi.....	16
3.4 Logistiikan kehittäminen.....	17
3.4.1 Kuljetusoptimointi.....	18
3.4.2 Logistisen tehokkuuden mittaaminen.....	19
3.5 Kuljetusten kustannushallinta.....	20
3.5.1 Ajoneuvokohtaiset tuotot ja kustannukset.....	22
4 PUUTAVARAKALUSTON KEHITTÄMINEN.....	23
4.1 Nykyinen kalusto .....	23
4.2 Kevyt siirtoauto.....	24
4.2.1 Mahdolliset toimituskohteet.....	25
4.2.2 Lastauspaikat.....	26
4.2.3 Puutavaran saatavuus .....	27
4.2.4 Kalusto.....	28
4.2.5 Polttoaineenkulutus.....	29

4.2.6	Kuorman tekemisen kustannukset .....	29
4.2.7	Kustannuslaskelma .....	30
4.3	Kokonaispainon kasvattaminen .....	32
4.3.1	Yhdistelmävaihtoehdot .....	33
4.3.2	Kuormatilan hyödyntäminen .....	35
4.3.3	En trave till -tutkimus .....	37
4.3.4	Yhdistelmien hyödyntäminen Laineen kuljetuksissa .....	38
5	TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
5.1	Kevyt siirtoauto .....	43
5.2	Kokonaispainon kasvattaminen .....	44
	LÄHTEET .....	46
	LIITTEET .....	48

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Puutavaran pääasiallinen sijainti Kyrönmaalla. ....	27
Taulukko 1. Puutavaran kaukokuljetukset ja yksikkökustannukset kotimaassa 2011. (Strandström 2012b, [Viitattu 17.7.2012].) .....	11
Taulukko 2. Puutavaran toimituskohteet siirtoautolle. ....	25
Taulukko 3. Kuljetettava puutavara ja kuljetuksista kertyvä liikevaihto. ....	28
Taulukko 4. Puutavarakaluston hankintahinnat ja omapainot. ....	28
Taulukko 5. Polttoainesäästöt. ....	29
Taulukko 6. Ajoneuvojen kustannusvertailu. ....	31
Taulukko 7. Mahdolliset puutavarayhdistelmät. (Korpilahti & Koskinen 2012, [Viitattu 31.7.2012].) .....	33
Taulukko 8. Yhdistelmien tunnuslukuja. (Korpilahti & Koskinen 2012.) .....	34
Taulukko 9. Kuormatilan hyödyntäminen 60 t. (Korpilahti & Koskinen 2012.) .....	35
Taulukko 10. Kuormatilan hyödyntäminen 70 t. (Korpilahti & Koskinen 2012.) .....	36
Taulukko 11. Kuormatilan hyödyntäminen 80 t. (Korpilahti & Koskinen 2012.) .....	36
Taulukko 12. Kuljetetut puutavaramäärät vuonna 2011. ....	39
Taulukko 13. Kuormamäärien vertailu. ....	41
Taulukko 14. Mahdolliset vuosisuoritemäärät puutavaralajeittain. ....	41
Taulukko 15. Yksikkökustannusten prosentuaalisen muutoksen vertailu. ....	42

# 1 JOHDANTO

Polttoaineen jatkuva hinnannousu on aiheuttanut painetta autokuljetusten tehostamiselle puualalla, joka on hyvin kilpailtu ala. Vuosittaiset kilometrimääräiset ajo-suoritteet ovat suuria, joten pienilläkin muutoksilla on mahdollisuus saada aikaan suuria säästöjä vuositasolla. Teknisillä ratkaisuilla on mahdollisuus saada hyötykuormaa suuremmaksi ja tätä myötä myös kuormakohtaista katetta suuremmaksi. Ongelmana on, että auton keventyessä myös toimintavarmuus saattaa heikentyä. Lisäksi pienen ja kevyen nosturin hankkiminen hyötykuorman kasvattamiseksi ei ole aina se paras ratkaisu, jos lastaamiseen kuluva aika kaksinkertaistuu. Kevyt-auto ilman kuormainta ja hydrauliiikkaa sekä muuta perinteiseen puutavara-autoon kuuluvaa lisävarustetta, on kevein mahdollinen yhdistelmä. Lisäksi se on hankintahinnaltaan edullisin puutavaran siirtoajoon, mutta onko se kannattavin, kun sen kuormaamiseen tarvitaan toinen työntekijä ja kokonaan toinen yhdistelmä?

Raakapuun autokuljetuksissa kuljetuksen lisäksi tärkeässä osassa ovat kuorman lastaaminen ja purkaminen ajoneuvon omalla kuormaimella. Kuljetuksissa joudutaan usein kuljettamaan omaa kuormainta purkamisen välttämättömyyden takia tai sen jouduttamisen takia. Kuormain vähentää yleensä hyötykuormaa jopa yli 3000 kg. Kuormaimella puretaan rautatievaunuun, välivarastoon sekä tehtaan purkupaikalle tarvittaessa. Nykypäivänä varastopaikkojen koon pienentyessä ja hakkuiden siirtyessä suurista avohakkuista pienempiin harvennuksiin kuorma joudutaan keräilemään yhä useammalta varastolta. Reittien suunnittelu on siis yhä tärkeämpää.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia puutavarakuljetusten kehittämiseksi kuljetusliike Heikki Laineessa. Tarkoitus on tutkia teknisten ratkaisujen, työn suunnittelun ja logistiikan organisoinnin merkitystä kannattavuuteen. Tarkoituksena on saada tehostettua kuljetuksia kasvavien kustannuspaineiden alla. Tavoitteena on myös tutkia kehittämisen mahdollisuuksia uusien innovatiivisten ideoiden kautta ja tutkia, mitä markkinoilla tällä hetkellä on tai on tulossa. Teknisiä ratkaisuja puutavara-autoihin on olemassa monenlaisia, mutta lähtökohtana täytyy olla suoriteaikojen pieneneminen ja hyötykuorman suurentuminen, jotka eivät kuitenkaan aina kulje käsi kädessä.

Tutkimustyön laatijan henkilökohtaisena tavoitteena on lisätä yrityksen kannattavuutta ja selvittää mihin suuntaan yritystä olisi kannattavinta kehittää. Kirjoittaja on toiminut perheyrityksessä lapsesta saakka korjaamo- ja huoltotehtävissä sekä yhdistelmäkortin saatuaan autonkuljettajana ja kuljetusten organisoijana. Kirjoittajan on tarkoitus tulevaisuudessa ottaa vastuu yrityksen pyörittämisestä sukupolvenvaihdoksen kautta.

### **1.1 Kuljetusliike Heikki Laine**

Tällä hetkellä yritys kuljettaa kolmella ajoneuvoyhdistelmällä raakapuuta Metsä Groupin sopimusyrittäjänä sen sahoille ja sellutehtaille. Heikki Laine on toiminut Metsä Groupin sopimusyrittäjänä vuodesta 1972 lähtien. Autoilun hän aloitti vuonna 1969 Wilhelm Schaumannin sopimusyrittäjänä. Kuljetusmatkat ovat väliltä 50–290 km. Puutavaraa kuljetetaan tällä hetkellä pääsääntöisesti Kyrönmaan alueella. Vakituista työvoimaa on 2 henkilöä kuljetusten kausiluonteisuuden vuoksi. Lisäksi omaa työvoimaa on 2 henkilöä. Talvikaudella, joka on sesonkiaikaa, työllistetään lisäksi 6 henkilöä, jotka ajavat pelkästään kuormia oman vakituisen työn lisäksi. Heikki Laineella on puukuljetusten lisäksi myös maataloutta ja maatalousurakointia. (Laine 2012.)

### **1.2 Metsä Group**

Metsä Groupin emoyhtiönä toimii Metsäliitto osuuskunta, jonka omistaa yhteensä 125000 suomalaista metsänomistajaa. Metsä Groupin liikevaihto oli vuonna 2011 5,3 miljardia euroa. Metsä Group koostuu viidestä yhtiöstä, jotka ovat: Metsäliitto puunhankinta, Metsä wood, Metsä fibre, Metsä board ja Metsä tissue. Tissue, board ja fibre ovat osuuskunnan tytäri- ja osakkuusyhtiöitä. Metsä Group keskittyy viiteen ydintoimintoon: pehmo- ja ruuanlaittopapereihin, kartonkiin, selluun, puutuotteisiin sekä puunhankintaan ja metsäpalveluihin. Metsäliitto osuuskunnan pe-



rustehtävänä on suomalaisen puun hankinta, markkinointi ja jalostaminen omilla tuotantolaitoksillaan. Tuotantolaitoksia sijaitsee Kemistä Lohjalle, kaikkiaan Suomessa Metsä woodilla on 7 sahaa, Metsä fibrellä 4 sellutehdasta sekä Metsä boardilla 7 paperi- ja kartonkitehdasta. Metsä tissue keskittyy pehmo- ja ruuanlaittopapereiden valmistukseen. Tuotantolaitoksia sijaitsee ympäri Eurooppaa. (Metsä Group, [Viitattu 12.7.2012].)

## 2 RAAKAPUUN AUTOKULJETUKSET

Raakapuun kuljetuksissa autokuljetukset ovat merkittävässä osassa. Jopa noin 76 % vuonna 2011 tehtaille kuljetetusta puutavarasta kuljetettiin autolla. Puutavaran kaukokuljetuksista 99,9 % suoritettiin kuorma-autolla, mikä selittyy sillä, että kaukokuljetus aloitetaan lähes aina autokuljetuksella ja kuljetusta jatketaan joko rautatie- tai vesitiekuljetuksella. Rautatiekuljetuksen osuus oli vuonna 2011 noin 21 % ja vesitiekuljetuksen 3 %. Puutavaraa kuljetettiin autolla yhteensä noin 43,7 milj. kiintokuutiometriä, josta suoraan tehtaalle asti noin 33 milj. kuutiometriä. Taulukossa 1. on esitetty tarkemmin kuljetusten jakautuminen. (Strandström 2012a, [Viitattu 15.7.2012].)

Autokuljetusten yleisyys selittyy sillä, että Suomeen on muodostettu kattava tieverkko harvan asutuksen ja maatalouden vuoksi. Lisäksi autokuljetusta on kehitetty koko ajan muun muassa kokonaispainoja nostamalla ja kalustoa parantamalla. Kokonaispainoja on nostettu 60-luvun 30 tonnista 90-luvun 60 tonniin. Autokuljetuksen joustavuus on myös suuri kilpailutekijä puunkuljetuksissa. Puutavara pystytään kuljettamaan suoraan tuotantolaitoksille suhteellisen pienessä ajassa ja laitojen tarpeiden mukaan. Puutavara-autoja on ympärivuotisessa käytössä noin 1300 ja talven sesonkiaikana jopa 1700 kappaletta. (Rantala 2008, 414–415.)

Yksityiset kuljetusalan yrittäjät omistavat puutavara-autot. Heidän asiakkaitaan ovat Metsähallitus ja metsäteollisuusyritykset. Metsäteollisuuden yrityksillä on vain muutamia omia autoja. (Puutavaran autokuljetus 1997, 4.)

Kuljetuksen urakointisopimus perustuu yleensä kuljetusyrittäjän ja urakanantajan keskinäiseen sopimukseen. Sopimuksen pituus on 1–3 vuotta. Kuljetussuorituksen maksu perustuu ajettuun matkaan kilometreinä ja kuljetettuihin tonneihin. Kuljetustehtävät organisoidaan urakanantajan puolesta ja reititetään autolle. Metsäteollisuuden kehittämistavoitteena on viime vuosina ollut siirtää kuljetustehtävien suunnittelua yhä enemmän kuljetusyrittäjille. Tämä mahdollistaa yritysten paremman kilpailukykyyn ja kasvun. (Rantala 2008, 415.)

Keskimääräiset kuljetusmatkat autolla olivat 95 km ja kuljetusmatka suoraan tehtaalle 111 km. (Taulukko 1.) Puutavaran autokuljetusten kuljetusmatkat ovat siis suhteellisen lyhyitä verrattuna muihin kuljetusmuotoihin.

Taulukko 1. Puutavaran kaukokuljetukset ja yksikkökustannukset kotimaassa 2011. (Strandström 2012b, [Viitattu 17.7.2012].)

	Kotimainen puu				
	1 000 m <sup>3</sup>	%	km	snt/m <sup>3</sup> km	€/m <sup>3</sup>
Kaukokuljetus yhteensä	43 704		162	5,2	8,37
Autokuljetus yhteensä	43 681	99,9	95	7,2	6,82
<b>Autokuljetus tehtaalle</b>	<b>33 016</b>	<b>75,8</b>	<b>111</b>	<b>6,7</b>	<b>7,46</b>
<b>Rautatiekuljetusketju</b>	<b>9 213</b>	<b>21,2</b>	<b>321</b>	<b>3,5</b>	<b>11,30</b>
Autokuljetus asemalle	9 493	21,8	45	10,7	4,84
Rautatiekuljetus	9 213	21,2	276	2,3	6,42
<b>Vesitiekuljetusketju</b>	<b>1 299</b>	<b>3,0</b>	<b>310</b>	<b>3,7</b>	<b>11,33</b>
<b>Uittokuljetusketju</b>	<b>715</b>	<b>1,6</b>	<b>362</b>	<b>3,3</b>	<b>11,89</b>
Autokuljetus uittoon	715	1,6	62	8,0	4,94
Uitto	715	1,6	300	2,2	6,67
<b>Aluskuljetusketju</b>	<b>584</b>	<b>1,3</b>	<b>246</b>	<b>4,3</b>	<b>10,68</b>
Autokuljetus alukseen	440	1,0	46	10,5	4,82
Aluskuljetus	584	1,3	201	3,5	7,05

## 2.1 Kuljetuskalusto

Pääasiallinen kuljetuskalusto koostuu 7-akselisista täysperävaunuyhdistelmistä. Tyypillisimmät vetoautot ovat 3-akselisia ja perävaunut 4-akselisia. Yhdistelmään kuuluu useimmiten vetoautoon liitettävä puutavarakuormain, jolla puutavara lastataan yhdistelmään ja useimmiten myös puretaan. Ajoneuvoissa on tiedonsiirtolaitteisto, joka käsittää GPS-paikannuksen ja ajoneuvotietokoneen. (Puutavaran autokuljetus 1997, 5.) Metsäyhtiöiden kuljetuksen ohjaus ja varastonhallinta tapahtuu ajoneuvotietokoneen välityksellä.

Ajoneuvoyhdistelmän suurin sallittu pituus on 1.8.1997 lähtien ollut 25,25 m ja korkeus 4,20 m. Suurin sallittu leveys on ollut 1.1.2007 lähtien 2,55 m, mutta yhdistelmän pituuden jäädessä alle 22 m:n, sallitaan 2,60 m:n leveys. Kokonaismassaltaan yhdistelmät ovat 60 t. (A 4.12.1992/1257.) Puutavarayhdistelmän yleisin pituus onkin vielä 22 m, koska 5 cm leveyden lisäys suurentaa kuormatilaa, millä on merkittävä vaikutus varsinkin kesäaikaan ajettaessa kuivaa puutavaraa. Lisäksi pituuden ollessa 22 m on helpompi operoida maasto-olosuhteissa.

Autojen keski-ikä on noin 5 vuotta ja sen ikäisten tai sitä uudempien autojen osuus on 65 % puutavara-autokannasta. (Rantala 2008, 415.)

Kokonaismassan ollessa 60 tonnia saadaan perinteiseen yhdistelmään hyötykuormaa 41–42 tonnia, joka vastaa 45–50 kiintokuutiometriä puutavaraa. Tämä edellyttää kuitenkin kuormaimen poisjättämistä. Kuormain vähentää hyötykuormaa painonsa verran, noin 3 tonnia. Ajoneuvon kantavuus vaikuttaa eniten kuorman kokoon, ei niinkään mitat. Pidennetty kuormatila helpottaa kuitenkin kuorman las-  
taamista, koska tällöin voidaan kuormata kuorma väljemmin. (Puutavaran autokuljetusopas 1997, 6.)

## **2.2 Kuorman käsittely**

Puutavara kuormataan ajoneuvoihin metsävarastolla lähes aina vetoautoon liitetyllä kuormaimella. Kuormain on mahdollista jättää pois kuljetuksen ajaksi, mutta sitä tarvitaan usein myös kuorman purkamiseen päätevarastolla. Tehdasalueella kuormat puretaan yleisimmin tehtaan kurottajilla tai muilla purkamiseen tarkoitetuilla purkukoneilla. Rautatieasemilla vaunuun tai varastoon sekä välivarastoihin puretaan omalla kuormaimella. Kuormaimia on hytillisiä ja hytittömiä. Hytillinen kuormain parantaa työskentelyolosuhteita, mutta vähentää kuitenkin hieman hyötykuormaa painollaan. Kuormaimelle on suoritettava määräaikaistarkastus kerran vuodessa. Tarkastuksen voi suorittaa kuormaimen rakentamiseen ja käyttöön pe-

rehtynyt teknikko. Tarkastaminen on luvanvaraista. (Puutavaran autokuljetus 1997, 15.)

### 2.3 Kuorman sitominen

Kuorma on sidottava muun liikenteen turvallisuuden takia jo ennen kuljetuksen aloittamista. Sidottaessa on varmistauduttava, ettei puutavaraa kuljetuksen aikana putoa kuormasta. Sallitun kuormatilan ulkopuolelle ei saa jäädä oksia tai puutavaraa. Sidonnan tiukkuus tulee tarkastaa tarpeen mukaan matkan aikana. (Puutavaran autokuljetus 1997, 21.) Lainausta asetuksesta autojen käytöstä tiellä:

*Kuljetettaessa puu- tai muuta vastaavaa pitkää tavaraa se on sidottava ajoneuvon alustaan tai kuormakoriin vähintään yhdellä sidoksella. Jos kuljetettavan tavaran nimellispituus on suurempi kuin kolme metriä, on käytettävä vähintään kahta sidosta. Jos kuljetettava esine tai tavaraniippu on tuettu sivutolppia vasten, sen tulee nojata vähintään kahteen saman sivun pystytolppaan. (A 4.12.1992/1257.)*

### 2.4 Kuljetusten ohjaus

Kuljetuksen ohjauksella tarkoitetaan järjestelmiä, joilla puutavaraerille määritetään kuljetussuorite, kuljetuksen ajankohta ja kuljetusyksikkö. Ohjaamiseen käytetään atk-pohjaisia ohjelmistoja, jotka sisältävät matemaattisia optimointimalleja, kartta-järjestelmän satelliittipaikannuksineen ja langattoman tiedonsiirtoyhteyden. Ohjausjärjestelmillä pyritään muun muassa optimoimaan kaluston käyttöaste, varastojen määrä, kierto ja sijainti sekä työnjohtokustannukset. (Puutavaran autokuljetus 1997, 24.)

### 2.5 Taloustietoa kuljetuksista

Puutavara-auton vuotuinen kuljetusmäärä on 35 000–40 000 kiintokuutiometriä. Tämä vastaa liikevaihdollisesti 200 000–250 000€:a. (Rantala 2008, 415.) Tehtaalle toimitetun kotimaisen puutavaran kaukokuljetuksen yksikkökustannus vuonna 2011 oli keskimäärin 8,37 €/m<sup>3</sup>. (Taulukko 1.) Puutavaran kaukokuljetuksen arvo

koko Suomessa oli noin 366 milj. €, josta autokuljetuksen osuus 298 milj. € ja rautatiekuljetuksen noin 59 milj. €. (Strandström 2012a, [Viitattu 15.7.2012].) Autokuljetus on siis ylivoimaisesti suurin kuljetusmuoto myös rahallisesti mitattuna, noin 80 % kaukokuljetuksen kustannuksista. Junassa puu kulkee halvemmallalla, mutta kuljetusketju tarvitsee autokuljetuksen varastolta vaunuun. Näin ollen rautatiekuljetusketju tulee kalliimmaksi kuin autokuljetus suoraan tehtaalle yksikkökustannuksiltaan.

### 3 LOGISTIIKKA JA KULJETUKSET

Kaij E. Karrus määrittelee logistiikan seuraavasti:

*Logistiikka on materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen, hankinnan, tuotannon, jakelun ja kierrätyksen, huolto- ja tukipalvelujen, varastointi-, kuljetus- ja muiden lisäarvopalvelujen sekä asiakaspalvelun ja -suhteiden kokonaisvaltaista johtamista ja kehittämistä. (Karrus 2003, 13.)*

Nykyään logistiikka käsitteenä yhdistää yrityksen useita toimintoja, kuten tuotannon, jakelun ja markkinoinnin yhdessä toimivaksi kokonaisuudeksi. Logistiikka muodostaa oleellisen osan yrityksen arvoketjusta. Arvoketju koostuu niiden toimintojen ketjusta, joilla yritys tuottaa itselleen lisäarvoa ja kilpailee toimialallaan muiden asiakkaille arvoa tuottavien yritysten kanssa. Oman logistiikan kehittämisen kanssa yhtä tärkeää on myös tehdä yhteistyötä sekä toimittajien että asiakkaiden suuntaan. Mikäli tämä yhteistyö unohtuu, sillä on suuria vaikutuksia kustannuksiin ja palvelutasoon, joita pidetään keskeisimpinä logistiikan seurantakohteina. Tieto ja tiedonvälitys ovat yhä tärkeämmässä roolissa kehitettäessä täsmälogistiikkaa eli määrän, laadun ja ajan suhteen oikein ja tehokkaasti toimivia logistisia ratkaisuja. (Karrus 2003, 14–15, 18.)

#### 3.1 Maantiekuljetukset

Maantiekuljetus on peruskuljetusmuodoista joustavin johtuen siitä, että maanteitä pitkin voidaan siirtää suuria määriä tavaraa päästä päähän -kuljetuksina sekä suorittaa keruu- ja jakelutoimintaa. Kuljetuksia voidaan jakaa säännöllisiin reittikuljetuksiin, runko- ja siirtokuljetuksiin, keruu- ja jakelukuljetuksiin, paluukuljetuksiin sekä satunnaisiin kuljetuksiin. Jokaista kuljetustapaa ohjataan hieman eri logiikoilla, joten ei ole yhtä oikeaa tapaa arvioida tai suunnitella kuljetuksia. Kuljetuksiin kohdistuvat erityisvaatimukset johtuvat tieverkostosta ja sen rajoituksista, kaluston koko- ja painorajoituksista sekä kuljetuskapasiteetin ja kysynnän rakenteesta. Lisäksi kilpailevat kuljetusmuodot asettavat omia tehokkuuskynnyksiään. Myös käytävissä olevat eri kantavuusluokan kalustoyhdistelmät jakavat kuljetustehtäviä eri välineille ja yrityksille. (Karrus 2003, 114.)

### **3.2 Liikenneinfrastruktuuri, lait ja asetukset**

Liikenneinfrastruktuurin tavoitteena on sekä mahdollistaa että tehostaa liikennöintiä ja kuljetuksia. Lait ja asetukset ovat oleellinen osa kuljetusjärjestelmien toimintaolosuhteita ja perusrakennetta eli liikenneinfrastruktuuria. Tämän näkyvimpinä osina ovat tiet, satamat ja lentokentät. Nämä mahdollistavat tehokkaat kuljetusreitit ja kuljetusvaihtoehdot. Lait ja asetukset ohjaavat ja tarvittaessa rajaavat liikenteen ja kuljetusten toimintatapoja. Ne heijastavat myös kuljetuspolitiikan senhetkisiä pääsuuntauksia ja trendejä. Kuljetusalaa ohjaavat Suomessa hyvin voimakkaasti ammattiliikenteen luvanvaraisuus, tekniset ja liikennettä rajoittavat määräykset sekä verotus ja tukirakenteet, jolloin ne myös vaikuttavat vahvasti kaluston rakenteeseen, käyttöasteeseen ja sitä myötä myös toiminnan taloudelliseen kannattavuuteen. Autoliikenteen maksujen ollessa ensisijaisesti kiinteitä kustannuksia, esimerkiksi veroja tai käyttömaksuja, autoilija päätyy usein erilaisiin teknisiin tai taloudellisiin ratkaisuihin toisin kuin jos ne olisivat muuttuvia kustannuksia. (Karrus 2003, 121.)

### **3.3 Kuljetusten ohjaus ja organisointi**

Maantieliikenteessä kuljetustenohjauksen tärkeimpänä tehtävänä on reitti- ja kuormasuunnittelu. Arkikielessä käytetään yleisesti nimeä ajojärjestely. Kuljetusten ohjauksella varmistetaan tavaran toimittamiselle paras mahdollinen aika-, paikka- ja kustannushyöty. Asiakasta ei niinkään kiinnosta, mitä reittiä tavara kulkee määränpäähän vaan se, että toimitus on ajallaan oikeassa paikassa. Kuljetusyriykselle paras reitti aiheuttaa vähiten kustannuksia. Se voi olla joko pituudeltaan tai ajallisesti lyhyin reitti. Suuret keräily- ja jakelualueet tuovat haasteita reittisuunnittelulle, koska samansuuntaisten keräilyreittien ei pitäisi ristettyä tarpeettomasti. Tyhjänä ajon määrää pyritään vähentämään ohjaamalla kuljetuksia siten, että kuormia otettaisiin meno-paluukuljetuksina suuntaan ja toiseen. Tämä asettaa kalustolle vaatimuksia, koska harvoin pystytään tuomaan samankaltaista tavaraa paluukuljetuksena. Paluukuljetuksen mahdollisuus aiheuttaa myös kuormaimen kuljettamisen, joka taas vähentää hyötykuormaa molempiin suuntiin. (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2011, 191–193.)



Kuljetuksen organisointi on ollut pitkään vanhanaikaista, mutta näkemys logistiikan organisoinnista on kehittynyt viime aikoina paljon. Ennen organisointi perustui tiukkaan tehtävä- ja roolijakoon, mutta nykyään pohditaan enemmän tiimejä ja op-pivaa organisaatiota. Organisointi on kuitenkin tapaus-, tilanne- ja jopa kulttuuri-kohtaista, joten ei voida soveltaa mitään yksittäistä organisointimallia. Organisoim-nin tavoitteena on saada yrityksen resurssit toimimaan tavoitteiden mukaisesti. Organisointi helpottaa suunnittelua, ohjausta ja valvontaa, kun on määritelty henki-löille tai ryhmille omat vastuut, toiminta-alueet ja velvollisuudet. Organisaation toi-mintaan vaikuttavat kuitenkin suuresti muun muassa henkilöiden ominaisuudet ja ongelmanratkaisutyyli. Tyypillisiä kehittämisen kohteita ovat joustavuuden kehittäminen, ennusteiden parantaminen ja epävarmuuksien poistaminen. Tarkoitus on kyetä tuottamaan aiempaa enemmän tulosta vähemmällä resursseilla ja aiempaa nopeammin. (Karrus 2003, 346–347,354.)

### **3.4 Logistiikan kehittäminen**

Logistiikkaa voidaan kehittää monelta eri kantilta. Puutavarakuljetuksissa reittien suunnittelu on ehkä tärkein kehityksen kohde kustannustehokkuuden parantajana. Kuljetuskalustoa voidaan optimoida eri kuljetuksiin hyödyllisemmin tai kehittää kalustoa kuljetuksiin paremmin soveltuvaksi. Hyötykuormaa suurentamalla ja kuor-makohtaisia ajomatkoja pienentämällä voidaan lisätä kustannustehokkuutta. Kuitenkin kuljetusten oikeanlainen hinnoittelu on ehtona toimivalle kuljetusyritykselle alusta alkaen.

Seuraava suurempi askel kehittämisen suhteen lienee kokonaispainojen korotta-minen. Asiaa on tutkittu jo muutaman vuoden ajan Ruotsissa ja Suomessakin on jo julkaistu tutkimukset asian suhteen. Myöhemmin käsiteltävässä En trave till - tutkimuksessa Ruotsissa kokeiltiin muutaman vuoden ajan suuremman kokonais-painon yhdistelmiä ja tulokset olivat positiivisia. Vetoauton ja koko yhdistelmän turvallisuus ja tehokkuus on parantunut niin paljon, että kokonaispainojen nosto olisi mahdollista. Suomessa lähtökohdat kokonaispainojen nostolle olisivat saman-laiset, mutta tarkoitus olisi pysyä EU:n sallimissa mitoissa. Kokonaispainojen nosto

lisäisi autokuljetusten kilpailukykyä ja parantaisi liikenneturvallisuutta siten, että liikenteen määrä pienentyisi.

Kuljetuksia kehitettäessä siirtoautokuljetuksiin reittien suunnittelua tarvitaan yhä enemmän, että kaksi erilaista yhdistelmää saadaan liikkumaan sujuvasti ketjuna. Odotusaikojen ja liian pitkien siirtymien minimoimiseksi on tärkeää, mistä kuorma noudetaan ja mihin asti se tuodaan lastattavaksi.

### 3.4.1 Kuljetusoptimointi

Kuljetusongelmia voidaan ratkoa matemaattisilla ratkaisumenetelmillä. Yleisesti tavoitteena on aina kuljetusten kokonaiskustannusten minimointi. Ongelmia voidaan tarkastella sekä suunnittelun että operatiivisen ohjauksen näkökulmista. Tunnettaessa tuotantomäärät ja kysynät sekä eri kuljetusvaihtoehtojen kustannukset pyritään minimoimaan kuljetusten kokonaiskustannus. Tämä edellyttää kuitenkin kuljetusten tapahtuvan suorina tuotannosta kulutusasteisiin. Kuljetusongelmissa lähtötietoina ovat kuljetuskaluston määrä ja laatu, lähtö- ja pääteasteet sekä reittipisteiden tuotanto ja kulutus.

Reittisuunnittelussa pyritään mahdollisimman lyhyeen kokonaisajomatkaan, kun tunnetaan tuotannon ja kulutuksen myötä eri paikkoihin toimitettavat tavaramäärät ja käytettävissä oleva ajoneuvokapasiteetti. Kuljetussuunnitelma sisältää kapasiteetin käyttösuunnitelman tietylle aikavälille. Suunnitelmassa otetaan huomioon ajoneuvo- ja tavaramäärät sekä aikataulut. Kuljetuskaluston allokointi kuljetuksiin voidaan suorittaa niin kutsutulla pyyhkäisy menetelmällä. Tämä edellyttää kuitenkin kaluston samankaltaisuutta ja jakeluerien on oltava suhteellisen lähellä toisiaan. Menetelmässä otetaan jokin jakelukeskuksesta lähtevä säde ja pyöritetään sädetä kartalla myötä- tai vastapäivään niin kauan kunnes reittipisteistä on kertynyt täysi kuorma, jolloin ensimmäinen reitti on valmis. Loput reitit määritetään samalla tavalla, kunnes säde on pyörähtänyt koko kierroksen ja kaikki erät on reititetty. Reittikuvio muistuttaa lopuksi repaleista terälehtikuviota. Menetelmä on nopea ja yksinkertainen, mutta ei kannattava pitkällä etäisyyksillä, koska siitä aiheutuu pitkiä välimatkoja. Menetelmää voidaan kuitenkin soveltaa helposti muun muassa jaka-

malla kalustolle omat alueensa ja allokoimalla pienempi alue uudelleen. (Karrus 2003, 124–126.)

### 3.4.2 Logistisen tehokkuuden mittaaminen

Logistiikassa keskeisenä tavoitteena on tehokkuus, jota arvioidaan määrä- ja aikamittareilla. Kustannukset ja laatu tulee myös ottaa aina huomioon. Logistisen tarkastelun kohteita voivat olla esimerkiksi kuljetukset ja työpanokset suhteessa tuloksiin. Mittareita on syytä käyttää useita, koska mitattavia kohteita on yleensä monia. Kiristynvä kilpailu edellyttää yhä enemmän suoraan tehokkuuteen liittyvien mittareiden entistä aktiivisempaa käyttöä. Tehokkuutta haetaan joko luomalla uusia toimintamalleja tai kehittämällä vanhoja toimintamalleja entistä kustannustehokkaimmiksi. (Karrus 2003, 169–170.)

Mittareiden tehtävänä on selventää yrityksen logistiikan tilaa ja antaa mahdollisimman kattava kuva sen tehokkuudesta. Mitta-arvoja voidaan hyödyntää vertailtaessa saman alan yrityksiä omaan yritykseen tai verrattaessa alan parhaisiin ja keskimääräisiin arvoihin. Karrus (2003) pitää tärkeimpänä mittarien käyttökohteena yrityksen toiminnan tehokkuuden kehittymisen seuranta. Oikein valitut mittarit auttavat löytämään ja ratkomaan ongelmakohtia sekä osoittamaan tehtyjen muutosten toimivuutta. (Karrus 2003, 170.)

Kuljetusyritykselle tärkeässä osassa on polttoaineenkulutus. Mittarina voidaan käyttää esimerkiksi kulutusta tonnikipometriä kohden. Tällöin pystytään arvioimaan toiminnan tehokkuuden kehittymistä, koska myös kuormatilan täyttöaste vaikuttaa suuresti kulutuksen arvoon. Yksikkö tonnikipometri tulee kuljetussuoritteesta, joka on ajatun matkan ja kuljetetun tavarän tulo. Se kuvaa kuljetuksissa tehtävää kokonaistyömäärää. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 58.)

Helpoin tapa seurata logistiikan mittareita lienee nykypäivänä taulukkolaskenta. Excel-pohjaisiin taulukoihin on helppo poimia ja siirtää tietoa yrityksen operatiivisista järjestelmistä. Tietoa kannattaakin käsitellä alusta pitäen konekielisenä, jolloin tiedon siirtäminen helpottuu. Tuloksia kannattaa esittää myös graafisesti, jolloin tulosten tulkitseminen helpottuu ja saa yleensä selkeämmän kuvan logistiikan

kehitymisestä pidemmällä aikavälillä. Logistiikan mittareita kannattaa käyttää vuositasolla, jolloin minimoidaan sesonkivaikutukset ja havaintojen suuri varianssi. (Karrus 2003, 185,187.)

### 3.5 Kuljetusten kustannushallinta

Liiketoimintaa on mahdoton ylläpitää ilman kustannuksia. Kustannukset tulee tuntea, jotta päästään selville toiminnan kannattavuudesta ja taloudellisuudesta. Liiketoiminnassa tavoitellaan aina mahdollisimman hyvää kannattavuutta ja taloudellisuutta. Kannattavuus määritellään omasta toiminnasta aiheutuvien tuottojen ja kustannusten avulla. Hyviä kannattavuuden mittareita ovat muun muassa liikevaihdosta laskettu kate- tai voittoprosentti tai sijoitetun pääoman tuotto prosentti. Taloudellisuus taas määritellään tuotannon tekijöiden tehokkaana hyödyntämisenä ja mahdollisimman alhaisina käytön kustannuksina. Laskentatilanteessa on tärkeää ymmärtää mitkä kustannukset ovat käsittelyn kannalta olennaisia. Kustannusten ja tuottojen käsittelyssä tärkeässä roolissa on aiheuttamisperiaate. Kullekin suunnittelun ja tarkkailun kohteena olevalle asialle on kohdistettava ainoastaan ne kustannukset ja tuotot, jotka se tulee aiheuttamaan. (Neillimo & Uusi-Rauva 2005, 46–47.)

Kuljetusliikkeen vuotuiset kustannukset muodostuvat kiinteistä ja muuttuvista kustannuksista, joista viimeinen riippuu täysin kaluston käyttömäärästä. Kustannuksia tarkastellaan vuoden mittaisella ajanjaksolla. Kustannuksia ovat

- hankintahinnan ja jäännösarvon osuus
- polttoainekustannus
- rengaskulut
- työvoimakulut
- huollot ja korjaukset
- verot ym. maksut

Kuljetusten hinnoittelun perusteena ovat kulujen peittäminen ja riittävä korko sekä kate kalustoon sijoitetulle pääomalle. Kuljetustehtävissä kuljetuksen lähtökustannus muodostuu kuorman lastaamisesta, purkamisesta ja kuljetuksen suunnittelus-

ta. Kuljetuksen hinnoitteluvaihtoehtoina voivat olla kiinteä, porrastettu ja toimipistehinnoittelu. Lisäksi kuljetus voidaan hinnoitella aiheutuvien kustannusten mukaan eli käytännössä tuntiveloituksella. Hinnoittelussa lähdetään liikkeelle omakustannushinnan määrittämisestä. Omakustannushinta muodostuu omakustannusarvon ja tuottovaatimuksen summasta. Omakustannusarvo lasketaan investoinnin ja käyttöajan ajosuoritteen suhteena. Kun tähän lisätään vielä sijoitetun pääoman tuotto prosentteina, saadaan omakustannushinta. Yksikkönä on yleensä €/km. Omakustannushinta voidaan muuntaa kuljetusyksikköä kohden, jolloin siihen vaikuttavat muun muassa kuormausaste ja kuljetus- sekä paluumatka. Yksikkönä tällöin voi olla esimerkiksi €/m<sup>3</sup>. Erilliskustannusten ja ohjematetuton summasta muodostuu ohjemaksu. Tällöin lasketaan kaikki kustannukset ja katetuotto investoinnin elinajalle yhteen ja tulos jaetaan elinajan ajosuoritteella, yksikkönä €/km. Kuljetusmaksumuotoina yleisiä ovat aikamaksu, kilometrimaksu, yhdistetty ja yksikkömaksu. Aikamaksua kannattaa käyttää kun keskinopeudet jäävät pieneksi ja seisonta-ajan osuus on suuri. Kilometrimaksua käytetään pitkillä ajomatkoilla ja yhdistettyä maksua, kun ei etukäteen tiedetä kuormaus- tai seisonta-astetta. (Karrus 2003, 126–127.)

Kustannukset voidaan määritellä kokonaiskustannuksina tai yksikkökustannuksina, kohdistettuna yksittäiselle suoritteelle tai tuotteelle. Kokonaiskustannukset määräytyvät muuttuvien ja kiinteiden kustannusten summasta. Yksikkökustannukset ovat suoritelmäärästä riippuvaisia. Yksikkökustannus saadaan jakamalla kokonaiskustannus suoritelmäärällä. (Neilimo & Uusi-Rauva 2005, 52–53.)

Puutavarakuljetuksissa ehkä parhain keino selvittää kannattavuutta, on laskea yksikkökustannuksia. Erilaisella kalustolla voidaan kuljettaa puutavaraa suurempia määriä ja pienemmällä polttoaineenkulutuksella, joka vaikuttaa suuresti esimerkiksi kuljetetun puutavaratonnin kustannukseen. Suoritelmäärät ovat suhteellisen suuria, jolloin muuttuvat kustannukset määräävät yksikkökustannuksen. Yksikkö voisi olla esimerkiksi €/kuorma tai €/m<sup>3</sup>. Autokuljetuksissa kiinteät kustannukset voivat koostua pääosin vakuutuksista, veroista ja kaluston hankintamenoista. Muuttuvia kustannuksia voivat olla esimerkiksi polttoaineet, renkaat ja henkilöstökulut. Polttoainekustannus lienee suurin yksittäinen kuljetusliikkeen kustannus vuositasona.

### 3.5.1 Ajoneuvokohtaiset tuotot ja kustannukset

Kuljetusyrityksen taloudellisen menestymisen kannalta on tärkeää, että yrityskokonaisuus on mahdollisimman kustannustehokas. Kustannustehokkuus on kuitenkin aina lähtöisin yksittäisten ajoneuvojen tehokkuudesta ja taloudellisuudesta. Mitä pienemmästä kuljetusyrityksestä on kyse, sitä tärkeämpää yksittäisen ajoneuvon tehokkuus on. Ajoneuvon taloudellinen tulos muodostuu tuottojen ja kustannusten erotuksesta tietyllä aikavälillä. Kuljetustapahtumakohtainen tulos saattaa olla näennäisesti hyvä, mutta tarkasteltaessa pidempää aikaväliä, tulos voi jäädä jopa heikoksi. Tähän vaikuttavat monet seikat, kuten paluukuorman puuttuminen ja sesonkiajat. Vuoden tarkastelujakso antaa yleensä parhaan kuvan ajoneuvokohtaisesta tuloksesta, koska silloin otetaan viimeistään huomioon kaluston arvonaleneminen ja kuluminen. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 90.)

Ajoneuvokohtaisiin kustannuksiin voidaan vaikuttaa pitkävaikutteisesti strategisella tasolla, operatiivisin päätösin tai käytännön työssä. Strategisella tasolla päätetään kalustohankinnoista. Operatiivisiin päätöksiin voivat kuulua esimerkiksi reittisuunnittelu ja kuljetustehtävien aiheuttamien lisäkustannusten analysointi. Käytännön työssä voidaan vaikuttaa esimerkiksi kuljettajan taloudelliseen ajotapaan. Ajoneuvon kokonaiskustannukset koostuvat kiinteistä, muuttuvista ja työkustannuksista. Muuttuvia kustannuksia syntyy vain ajoneuvoa käytettäessä. Kustannusten määrä on ajoneuvokohtaisesti vaihtelevaa ja se voi johtua eri tekijöistä. Kuljetusyritys pystyy vaikuttamaan joko suoraan tai välillisesti jokaiseen kustannuslajiin seuraamalla ja analysoimalla kustannuksia sekä kehittämällä niiden hallintaa auttavia menetelmiä. Kustannusten hallintaa voidaan tukea esimerkiksi kalustovalinnassa, kun kiinnitetään huomiota ajoneuvon ja sen varustuksen tarkoituksenmukaiseen soveltuvuuteen kuljetustehtävässä. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 90–92.)

## 4 PUUTAVARAKALUSTON KEHITTÄMINEN

### 4.1 Nykyinen kalusto

Tällä hetkellä Laineen kaikki kolme puutavara-autoa ovat samanlaisia 7-akselisia vetoauton ja varsinaisen perävaunun yhdistelmiä. Vetoauto on 3-akselinen ja perävaunu 4-akselinen. Kokonaismassa vetoautossa on 26 tonnia ja perävaunussa 38 tonnia. Yhdistelmän suurin sallittu kokonaismassa on kuitenkin Suomen lain mukaan 60 tonnia. Omamassa on 19,5 t, joten hyötykuorman osuudeksi saadaan 40,5 tonnia. Vetoautoissa on perään asennettavat puutavarakuormaimet, jotka ovat mahdollista irrottaa pois kuorman kuljettamisen ajaksi. Yhdistelmän pituus on yli 22 m, joten leveys on rajoitettu 2,55 metriin. Jokainen auto hakee kuorman itse metsävarastolta ja kuljettaa sen tehtaille.

Vetoautoina ovat Scania 6x4 läpivetävällä telillä varustetut puutavara-autot. Läpivetävät autot soveltuvat hyvin vaativiin metsäpään ajoihin, mutta vähentävät hie-  
man hyötykuormaa ylimääräisellä painollaan. Omamassaa autolla on noin 12 t.

Perävaunut ovat jatkettavia Jyki-merkkisiä puutavaravaunuja. Jatkettavuus perustuu vaunun helppoon käsiteltävyyteen metsäpäässä. Perävaunuissa on kaksi nousevaa akselia kääntyvyyden ja ohjautumisen helpottamiseksi. Omamassaa vaunulla on 7,5 t.

Puutavarakuormaimet ovat Loglift-merkkisiä. Kuormaimista kaksi on hytillistä ja yksi hytitön. Hytillisillä kuormaimilla lastataan enemmän vaunuja ja siirretään puutavaraa terminaaleihin. Kuormaimissa on vaa'at, joten kuorman paino saadaan tarkasti optimoitua ja kantavuus käytettyä hyväksi. Kuormaimen omamassa on 3,5 t.

## 4.2 Kevyt siirtoauto

Kevyt siirtoauto on raakapuun maantiekuljetuksiin räätälöity kuormaimeton puutavara-auto. Siirtoauto rakennetaan mahdollisimman kevyeksi mahdollisimman suuren kantavuuden toivossa. Siirtoauto kuormataan erilliskuormaimella tai kokonaan toisella puutavara-autolla. Auton kantavuus voi olla parhaimmillaan jopa 17,5 tonnia, joka on normaaliin puutavara-autoon verrattuna noin 3 tonnia enemmän. Siirtoautojen käyttö on koko ajan lisääntymässä polttoainekulujen kasvun myötä. Siirtoautoja käytetään yleisimmin pitkillä ajomatkoilla. (Jokela 2011a, [Viitattu 28.8.2012].)

Siirtoauton omamassa voi parhaimmillaan olla alle 8500 kg. Suurin osa liikenteessä olevista puutavara-autoista painaa noin 12500 kg, jolloin painoero on suurimmillaan 4500 kg. Lisäksi normaaleissa puutavara-autoissa kuljetetaan nosturia aika ajoin mukana, jolloin painoero voi olla jopa 8000 kg. Painoero tehdään suurimmalta osin autokaupassa. Alustavaihtoehtojen erot voivat olla yli 3000 kg. Autojen lisävarustukset tuovat ylimääräistä painoa. Metsäpään ajoissa tarvitaan läpivetävä napaperäinen alusta, jossa on kaksinkertainen runko, kun taas siirtoauto voi olla akseliperäinen nostotelialusta yksinkertaisella rungolla. (Jokela 2011b, [Viitattu 28.8.2012].)

Etuja siirtoauton käytössä ovat suuren kantavuuden lisäksi polttoainetaloudellisuus ja kaluston edullisempi hankintahinta normaaliin kalustoon verrattuna. Kuljettajia on helpompi saada, koska riittää vain maantien ajotaito. Huolto- ja korjauskustannukset saattavat olla alhaisemmat, koska yhdistelmässä on paljon vähemmän tekniikkaa kuin normaalissa puutavarayhdistelmässä. Lisäkuluja taas syntyy toisen yhdistelmän käyttämisestä kuormausvälineenä. Siihen tarvitaan toinen kuljettaja, joka hoitaa kuorman metsästä siirtoauton lastauspaikalle. Odotusaikoja tulee molempien autojen kuljettajille todennäköisesti paljon enemmän nykyiseen malliin verrattuna. Metsäyhtiöt ovat pyrkineet pienentämään odotusaikoja viime aikoina paljon, minkä seurauksena tehtaalla kuluva aika on saatu minimaalisen pieneksi.

Siirtoauton kannattavuutta käsitellään tässä työssä siten, että vain vetoauto kuormataan toisesta puutavara-autosta ja perävaunu vaihdetaan siirtoauton perään.



Tämä on mahdollista, koska perävaunut ovat samanlaisia. Siirtoauton ja puutavara-auton kannattavuutta tarkastellaan kustannuserojen kautta.

#### 4.2.1 Mahdolliset toimituskohteet

Puutavaran siirtoautolla voidaan kuljettaa puutavaraa lähes jokaiseen toimituskohteeseen. Ainoastaan tiettyinä vuorokauden aikoina tietyissä toimituskohteissa on oltava kuormain mukana kuorman oman purkamisen takia. Laineen kuljetuksissa on pohdittu, että olisi syytä keskittyä kuljettamaan siirtoautolla ensisijaisesti kaikkein pisimpiä kuljetusmatkoja. Lisäksi puutavara pitäisi olla sellaista, mistä kuorman tekeminen onnistuu kaikkein nopeimmin eikä vie kuormaavalta ajoneuvolta mahdollisimman paljon aikaa. Kuljetukset voidaan määritellä prioriteettijärjestykseen ensisijaisesta toimituskohteesta lähtien. Ensisijaisuuteen vaikuttavat muun muassa ajomatka ja puutavaran saatavuus. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2.) on esitetty toimituskohteet siirtoauton kannalta tärkeimmistä toimituskohteista alkaen prioriteettijärjestyksessä.

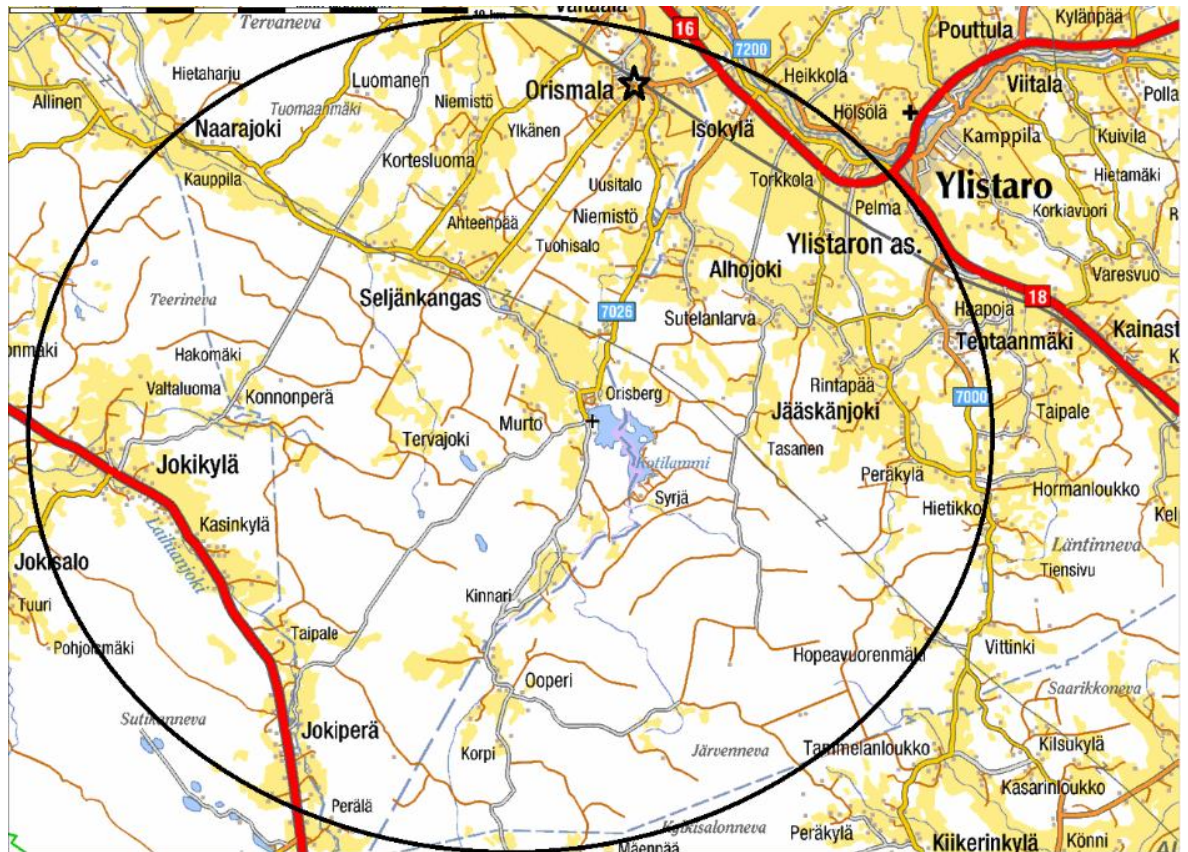
Taulukko 2. Puutavaran toimituskohteet siirtoautolle.

Tuotantolaitos	Kuljetusmatka (km)
Metsä fibre Rauma	273
Metsä wood Suolahti	214
Metsä fibre Äänekoski	206
Metsä wood Vilppula	182
Metsä wood Merikarvia	181
Metsä board Kaskinen	121

Taulukossa matkat on laskettu siten, että siirtoauton lähtöpisteenä toimii Orisman asema (Kuvio 1.) Isossakyrössä. Käytännössä siirtoautolla keskityttäisiin kuljettamaan puutavaraa pääsääntöisesti Raumalle ja Äänekoskelle. Suolahteen kuljettava puutavara on hyvin vähäistä ja epäsäännöllistä. Merikarvialle ja Kaskisiin taas on liian lyhyt matka, joten on parempi keskittyä vain kuljettamaan tämän hetken kalustolla useampi kuorma vuorossa niille tehtaalle. Vilppulan puutavara kuljetetaan pääsääntöisesti meno-paluu kuljetuksina, jolloin se ei ole sopiva reitti siirtoautolle.

#### 4.2.2 Lastauspaikat

Kuorman siirtämiseen autosta toiseen tarvitaan pysäköintialue tai muu leveämpi alue. Kuorman siirtäminen ei onnistu yleisellä tiellä ja linja-autopysäkkiä ei moi- seen saa käyttääkään. Lisäksi lastauspaikka olisi hyvä järjestää niin, että kuljetta- jien vuoronvaihto onnistuisi mahdollisimman helposti ja siirtoauton voisi jättää vaikka ilman kuljettajaa parkkialueelle odotusaikojen minimoimiseksi. Mahdollisia kuormauspaikkoja Kyrönmaalla on muutamia. Näitä ovat muun muassa: Isonkyrön parkki- ja lastausalue, Seon piha-alue, Karoliinin parkkialue ja Orismalan junalas- tausasema. Puutavaraa ei olisi kovin järkevää kuljettaa tehtaasta poispäin siirtoau- ton kuormasta varten, vaan aina tehdasta kohden, jolloin saadaan kuluja pienen- nettyä. Mikäli kuorman tekevä yhdistelmä joutuu kuljettamaan puutavaraa pitkiä matkoja, se vie paljon aikaa ja yhdistelmä ei ehdi muuta tehdä kuin syöttää siirto- autoa. Itse kuorman tekemiseen ei kulu aikaa kuin 20 min, mutta kuorman siirtä- minen 40 kilometrin päähän vie aikaa jo 3 tuntia per kierros. Siirtoautolle voidaan määrittää lähtöpiste, missä kuorman vaihtaminen onnistuu ja kuorman tekevällä autolla olisi mahdollisimman lyhyt ajomatka. Pääsääntöisesti kuormat tehtäisiin yrityksen omien henkilöiden voimin kahdella yhdistelmällä. Suurin osa Kyrönmaan puutavarasta sijaitsee Orisbergin alueella, jolloin Orismalan asema olisi mahdolti- sista lastauspaikoista kaikkein lähin. Puutavaran sijainti ja siirtoauton mahdollinen lastauspaikka on esitetty kuviossa 1.



Kuvio 1. Puutavaran pääasiainen sijainti Kyrönmaalla.

#### 4.2.3 Puutavaran saatavuus

Siirtoautolla kuljetettavaa puutavaramäärää voidaan arvioida vuosittaisten kuljetusmäärien avulla. Siirtoautolla kuljetettaisiin pääasiassa havu- ja koivukuitua. Taulukossa 3 on esitetty vuoden 2011 kuljetusmääriä ja laskettu niistä kuljetuksista kertyvä liikevaihto Raumalle ja Äänekoskelle. Kuljetuksen taksana laskuissa on käytetty Raumalle 18,52 €/t ja Äänekoskelle 15,54 €/t. Kuormamäärät on laskettu käyttäen siirtoauton kantavuutena 45:tä tonnia.

Taulukko 3. Kuljetettava puutavara ja kuljetuksista kertyvä liikevaihto.

Tuotantolaitos	Kuljetusmatka (km)	Puutavaramäärä (m <sup>3</sup> )	Kuljetetut tonnit (t)	Kuormia (kpl)	Liikevaihto (€)
Metsä fibre Rautama	273	10890	8712	194	161346
Metsä fibre Äänekoski	206	5252	4202	93	65293
Yht.		16142	12914	287	226639

#### 4.2.4 Kalusto

Siirtoautoyhdistelmään tarvittava kalusto koostuisi 6x2-tyyppisestä kuorma-autoalustasta ja puutavarapäällirakenteista. Lisäksi tarvitaan vetoauton perään perävaunu. Kaikki yhdistelmän osat olisi syytä olla mahdollisimman keveitä, että saataisiin mahdollisimman suuri kantavuus käyttöön. Vetoautosta ja päällirakenteista kysyttiin tarjoukset. Koska yrityksen kalusto koostuu nykyisin Scania- ja Alucarin päällirakenteista, tarjoukset kysyttiin kyseisiltä yrityksiltä (Liite 1 ja 2). Vetoauto olisi täysilmajousitettu Scania R480 päiväohjaamolla. Päällirakenteisiin kuuluisivat vain välttämättömimmät varusteet. Taulukossa 4. on esitetty siirtoautokaluston hankintahinnat ja omapainot. Lisäksi taulukossa on vertailun vuoksi otettu esille myös perinteisen puutavarayhdistelmän hinnat ja painot.

Taulukko 4. Puutavarakaluston hankintahinnat ja omapainot.

	Siirtoauto		Perinteinen puutavarayhdistelmä	
	Hankintahinta (€)	Paino (kg)	Hankintahinta (€)	Paino (kg)
Vetoauto	109000	8050	120000	9120
Päällirakenteet	16500	980	32000	2100
Perävaunu	60000	7500	60000	7500
Kuormain	0	0	64000	3500
Yht.	185500	16530	276000	22220

Kuten taulukosta huomataan, siirtoauton hankintahinta näyttäisi olevan 90500 € edullisempi perinteiseen yhdistelmään verrattuna. Edullisuus johtuu enimmäkseen siitä, ettei kuormainta tarvitse hankkia ollenkaan. Vetoauton hankintahinta on 11 000 € edullisempi ja merkittäväntä kuitenkin on, että päällirakenteiden hankinta-

hinta on melkein puolet perinteisen puutavara-auton rakenteiden hinnasta. Tämä selittyy sillä, ettei siirtoautossa tarvita hydrauliiikkaa ja telinkevennintä ollenkaan. Painoeroa yhdistelmillä olisi noin 5700 kg, mikäli perinteisessä yhdistelmässä olisi kuormain mukana ja 2200 kg ilman kuormainta.

#### 4.2.5 Polttoaineenkulutus

Maantieajossa polttoaineen keskikulutus on paljon pienempi kuin metsäpään ajoissa. Lisäksi kuorman lastaaminen kasvattaa keskikulutusta. Nykyisellä kalustolla keskikulutus on n. 53 l/100 km. Scanian R480-vetoautolla on mahdollista päästä jopa 40 l/100 km keskikulutukseen maantieajossa. Siirtoautolla ajettaisiin pelkkää maantieajoa, jolloin kulutus olisi tätä luokkaa. Oletetaan, että ylimääräisiä kilometrejä tulee yhtä paljon niin kuorman tekevälle autolle kuin siirtoautollekin. Ylimääräisiä kilometrejä aiheutuu päivän alussa ja lopussa, kun ajetaan auto varikolle ja varikolta takaisin kuormauspaikalle. Ylimääräiset kilometrit ovat maantieajoa ja ne menevät molemmilla autoilla kutakuinkin samalla keskikulutuksella. Taulukossa 5. on esitetty lasketut polttoainesäästöt kuormaa kohden Rauman ja Äänekosken tehtaille. Polttoaineen hintana laskuissa on käytetty 1.50 €/a.

Taulukko 5. Polttoainesäästöt.

Tuotantolaitos	Kuljetusmatka (km)	Polttoainetta/kuorma (l)	Polttoainesäästö/kuorma (l)	Polttoainesäästö/kuorma (€)
Metsä fibre Rauma	273	218	71	106
Metsä fibre Äänekoski	206	165	54	80

#### 4.2.6 Kuorman tekemisen kustannukset

Siirtoauton kuormaaminen pitäisi järjestää siten, että siihen kuluu mahdollisimman vähän aikaa. Kuormat tulisi hakea mahdollisimman läheltä lastauspaikkaa. Tämä ei ole läheskään aina mahdollista, vaan kuormalle saattaa helposti tulla useita kymmeniä kilometrejä ennen kuin se on siirtoauton kyydissä. Orismalan lastauspaikan (Kuvio 1.) tapauksessa siirtomatka voi olla enimmillään jopa 24 km. Keski-

vertomatka ympyrän keskelle on 12 km. Tällä matkalla kuorman tekevältä ajoneuvolta kuluu aikaa vähintään 2 tuntia, että kuorma on siirretty siirtoautoon ja se on valmiina lähtöön. Tämä edellyttää sitä, että siirtoauto on oikeaan aikaan lastauspaikalla ja koko kuorma saadaan yhdestä varastosta. Todellisuudessa siirtoauton kuljettajan odotusajat hipovat todennäköisesti sitä aikaa, millä kuljettaja hakisi kuorman itse metsästä suoraan auton kyytiin. Tehokkaassa ajossa puutavara-auton tuntitaksa on noin 80 €/h. Siirtoauton lastaamisen tuntiveloituksena voidaan pitää samaa taksaa, koska puutavara-auto voisi olla samaan aikaan kuljettamassa puutavaraa tehokkaasti suoraan tehtaalle. Kuorman lastaamisen kustannus on siis vähintään 160 €.

#### **4.2.7 Kustannuslaskelma**

Kustannuslaskelmassa (Taulukko 6.) on vertailtu ajoneuvojen kustannuksia kuljetettaessa puutavaraa Metsä fibre Rauman tehtaalle. Raumalle on kaikkein pisin kuljetusmatka, jolloin sen pitäisi olla kannattavin vaihtoehto siirtoautolle. Siirtoauton lastauspaikkana toimii Orismalan rautatieaseman puutavaran lastausalue. Laskelmassa on hyödynnetty edellä käsiteltyjä kustannuksia. Puutavaran kuljetusmatkana on käytetty keskimäärin 12:ta km asemalle, mikä aiheuttaa perinteisen ajoneuvon kuljetusmatkan alenemisen samalla määrällä, kun puutavara kuljetetaan tehtaasta pois päin. Laskelmassa ei ole otettu huomioon kaikkia mahdollisia ajoneuvojen kustannuksia, kuten veroja, vakuutuksia, työvoimakuluja, huoltoja ja korjauksia sekä rengaskustannuksia. Laskelmassa oletetaan näiden olevan samansuuruisia kummallakin ajoneuvolla kuljetettaessa puutavaraa Rauman tehtaalle. Lisäksi perävaunun osuutta ei ole otettu huomioon, koska samaa vaunua käytetään molempien ajoneuvojen perässä. Laskelmassa on keskitytty olennaisesti ajoneuvojen välillä eroaviin kustannuksiin. On siis syytä tarkastella vain kustannuseroa.

Taulukko 6. Ajoneuvojen kustannusvertailu.

	Perinteinen puutavara-auto	Siirtoauto
Käyttövuodet (a)	7	7
Auton hankintahinta (€)	120000	109000
Päällirakenne (€)	32000	16500
Kuormain (€)	64000	0
Jäännösarvo (€)	70000	30000
Vuosikustannus (€)	20857	13643
Vuosittainen kuljetussuorite (t)	8712	8712
Kantavuus (t)	41,270	43,470
Kuormia (kpl)	211	200
Kuljetusmatka (km)	261	273
Vuosittaiset ajokilometrit (km)	110193	109426
Polttoainekustannus (€)	87603	65656
Kuormanteko perinteisellä autolla (€)	0	160
Kuormanteosta aiheutuva lisäkustannus (€)	0	32066
Kuormakohtainen kustannus	514	556
Tonnitaksa (€)	18,52	18,52
Liikevaihto kuormaa kohden (€)	764	805
Erotus (€)	251	249

Näyttäisi siltä, että puutavaran kuljettaminen tulisi siirtoautolla kalliimmaksi. Kustannuksissa on kuormaa kohden suuri ero, noin 42 €, perinteisen ajoneuvon hyväksi. Siirtoautolla pystytään kuitenkin kuljettamaan suurempia puutavaramääriä, jolloin kuormakohtaiseen katteeseen jää vain 3 €:n ero perinteisen ajoneuvon hyväksi. Kuorman tekeminen perinteisellä puutavara-autolla aiheuttaa merkittävän kuormakohtaisen kustannuksen. Kuorman siirtokuntoon saattamiseksi arvioitu kaksi tuntia on ehdoton vähimmäisaikamäärä. Toisin sanoen kaiken on mentävä nappiin, että pysytään aikarajassa. Keskimääräinen kuorman tekemiseen kuluva aika voi olla vielä suurempi, mikä aiheuttaa entistä suuremman kannattamattomuuden siirtoautolle. Esimerkiksi keräilykuormat vievät aikaa tuplasti enemmän ja aiheuttavat jo sen, että perinteiseltä ajoneuvolta jää normaalipäivästä poiketen ainakin yksi lyhemmän matkan kuorma (100 km) viemättä.

Orismalan asema ei välttämättä ole paras mahdollinen siirtoauton lastauspaikka, koska kuorma joudutaan ensiksi kuljettamaan siirtoautoa varten tehtaasta pois päin keskimäärin 12 km, mikä vaikuttaa paljon kannattavuuteen. Kuorman lastauspaikan siirtäminen tehdasta lähemmäksi taas aiheuttaa sen, että siirtoautolla joudu-

taan ajamaan päivän alussa ja lopussa pitkiä matkoja ylimääräistä ajoa, mikä aiheuttaa siirtoautolle ylimääräisiä työvoima- ja polttoainekuluja.

### 4.3 Kokonaispainon kasvattaminen

Polttoaineen hinta ja kustannusten nousu on aiheuttanut kuljetusten yksikkökustannuksien korottumisen. Koska yksikkökustannukset riippuvat kuljetetusta puumäärästä kilometriä kohden, niitä on myös mahdollista alentaa kuorman kiintokuumäärää kasvattamalla. Ratkaisu tähän olisi hyötykuorman laajempimittainen lisääminen kokonaispainoja korottamalla. Nykyään puutavara-autot kulkevat maanteillä melko vajailla kuormilla, lukuun ottamatta kesän kuivaa puutavaraa kuljettaessa. Pääsääntöisesti kuormatilat ovat paljon suurempia suhteessa auton kantavuuteen ja puutavaran painoon. Varsinkin talviaikaan vetoautossa saattaa olla vain puolet kuormatilasta puutavaraa ja silti auton kokonaispaino on 100-prosenttisesti käytössä. Talviaikaan kuormatilan täyttöaste vetoautossa voi olla vain 59 % ja perävaunussa 74 %. Puutavaran paino selittyy sillä, että tuoreuden lisäksi sen mukana tulee lunta ja jäätä kuormaan. Kuormatilan käytössä olisi siis kehittämisen varaa. Hyötykuorman suurempi lisääminen vähentäisi puutavaraliikennettä ja teiden rasittumista. Vaikka kokonaispainoja pystyttäisiin nostamaan nykyisillä mitoilla ja akselipainoilla, se vaatii lakimuutoksen ja siihen voi vielä mennä useitakin vuosia. Ruotsissa on kokeiltu jo muutaman vuoden ajan suuremmilla kokonaispainoilla ja tulokset ovat olleet pelkästään positiivisia. Tästä enemmän En trave till -tutkimuksessa.

Kokonaispainoja on vuosien saatossa korotettu useasti, muutaman vuoden välein asteittain. Painoja on korotettu kaikkiaan 12 kertaa vuodesta 1938 lähtien. Viimeisin korotus tuli vuonna 1997, kun vuoden 1993 talvikokonaispaino muutettiin läpivuotiseksi 60 tonnin kokonaispainoksi. Nykyiset akselimassat ovat sen verran suurempia suhteessa kokonaispainoon, että laskennalliset kokonaispainot olisivat selvästi nykyistä suurempia. Perinteisen 7-akselisen puutavarayhdistelmän laskennallinen kokonaispaino on 64 tonnia ja edelleen akseleita lisäämällä voitaisiin päästä jopa 80 tonnin kokonaispainoon mittojen ja akselipainojen pysyessä silti EU:n hyväksymissä rajoissa. (Korpilahti & Koskinen 2012, 2–4, 12.)



Polttoaineen kulutusta pystyttäisiin pienentämään kuljetettua puutavaratonnia kohden merkittävästi, koska esimerkiksi kokonaispainon nosto 50 tonnista 60 tonniin vähensi kulutusta jopa 11 %. (Puutavaran autokuljetus 1997, 29.) Kulutuksen väheneminen voisi olla vielä paljon enemmän, mikäli kokonaispaino voitaisiin nostaa jopa 80 tonniin asti. Tämä merkitsisi myös päästöjen vähenemistä merkittävästi.

Kokonaispainon noston mahdollisuuksia ovat tutkineet Metsätehon Antti Korpilahti ja Olavi H. Koskinen liikennevirastosta. Heidän mukaansa kokonaispainoja olisi mahdollista korottaa EU-säädösten mukaisissa rajoissa. Kansallisesti voitaisiin sallia suurempia kokonaismassoja, kunhan ne sallittaisiin myös toisen maan ajoneuvoille, jotka täyttävät direktiivin mukaiset mittavaatimukset. (Korpilahti & Koskinen 2012, 18.) Seuraavassa on käsitelty lähemmin mahdollisia suuremman kokonaispainon yhdistelmiä.

#### 4.3.1 Yhdistelmävaihtoehdot

Taulukossa 7 on esitetty Korpilahden ja Koskisen (2012) vaihtoehdot suuremmille yhdistelmille. Yhdistelmä käsittää auton ja varsinaisen perävaunun. Laskelmissa on noudatettu akselien ja telien nykyisiä enimmäismassoja. Yhdistelmien pituudet ovat nykyisten säädösten mukaisia. (Korpilahti & Koskinen 2012, 8.)

Taulukko 7. Mahdolliset puutavarayhdistelmät. (Korpilahti & Koskinen 2012, [Viitattu 31.7.2012].)

Akselit	Auton omamassa	Perävaunun omamassa	Omamassa yhteensä	Kokonaismassat	Massasuhde perävaunu / auto	Kantavuus t	Kuorma m <sup>3</sup>
3 + 4	12,3	7,5	19,8	26 + 34 = 60	1,31	40,2	45,9
3 + 4	12,3	7,5	19,8	26 + 38 = 64	1,46	44,2	50,5
3 + 5	12,3	8,5	20,8	26 + 42 = 68	1,62	47,2	53,9
4 + 4	14,0	7,5	21,5	32 + 38 = 70	1,19	48,5	55,4
4 + 5	14,0	8,5	22,5	32 + 42 = 74	1,31	51,5	58,8
5 + 4	15,6	7,5	23,1	38 + 38 = 76	1,00	52,9	60,4
5 + 5	15,6	8,5	24,1	38 + 42 = 80	1,11	55,9	63,9

Massasuhde kuvaa perävaunun ja vetoauton massojen suhdetta. Suhdeluku suurenee vetoauton keventyessä perävaunuun nähden. Massasuhde nykyisellä yhdistelmällä on 1,31. Sitä kannattaa pyrkiä enemmän pienentämään kuin suurentamaan, koska suhdeluvulla on merkitystä ajettavuuteen ja sitä myötä myös liikenneturvallisuuteen. Kevyellä vetoautolla voi olla hankaluuksia vetää raskasta perävaunua esimerkiksi talven liukkaissa olosuhteissa.

Taulukon 7 mukaan suurin kokonaispaino olisi 80 tonnia tämän hetken mitoilla ja akselipainoilla. Yhdistelmä koostuisi 5-akselisesta vetoautosta ja 5-akselisesta varsinaisesta perävaunusta. Yhdistelmän pituus olisi enintään 25,25 m ja leveys 2,55 m. Kantavuudeksi tulisi 55,9 tonnia, joka on 15,7 t enemmän verrattuna perinteiseen yhdistelmään. Käytännössä se tarkoittaa yhden ylimääräisen nipun verran puutavaraa. Liikenneturvallisuuden voidaan olettaa paranevan, koska massasuhde pienenee.

Taulukossa 8 on esitetty laskelmia yhdistelmien vertailusta. Peruskaluston kokonaishinnaksi on määritetty 255 600 €. 4. akseli tuo 20 000 € lisähintaa vetoautoon ja 5-akselinen auto on 45 000 € kalliimpi kuin 3-akselinen. Perävaunun 5. akseli lisää hintaa 10 000 €. Tierasitusindeksi perustuu kansainvälisesti tehtyihin tutkimuksiin ja niistä kehitettyihin laskentamalleihin. (Korpilahti & Koskinen 2012, 14.)

Taulukko 8. Yhdistelmien tunnuslukuja. (Korpilahti & Koskinen 2012.)

Akselit	Kokonaispainot	Kantavuus suht.	Suorite m <sup>3</sup> /a	Kuormia suht.	Päästöt suht.	Suhteel. yksikkökust.	Tierasitus indeksi
3 + 4	26 + 34 = 60	100	35 100	100	100	1,00	100
3 + 4	26 + 38 = 64	110	38 100	91	94	0,92	117
3 + 5	26 + 42 = 68	117	40 200	85	90	0,88	85
4 + 4	32 + 38 = 70	121	41 200	83	89	0,87	108
4 + 5	32 + 42 = 74	128	43 300	78	87	0,84	79
5 + 4	38 + 38 = 76	132	44 200	76	86	0,83	103
5 + 5	38 + 42 = 80	139	46 300	72	84	0,80	76

Taulukosta 8 voidaan havaita, että 80 tonnin kokonaismassalla on mahdollista alentaa kuljetusten yksikkökustannuksia 20 %. Puutavaraa kulkee noin 30 %

enemmän vuodessa samalla kuormamäärällä. Tiet rasittuisivat entistä vähemmän kuormamäärän pienentyessä. Taulukosta löytyy myös muita varteenotettavia yhdistelmiä.

### 4.3.2 Kuormatilan hyödyntäminen

Suuret kokonaismassat vaativat kuljetettavalta tavaralta entistä suurempia massoja. Suuremman kokonaispainon autosta ei tule kuin lisäkuluja, mikäli kuormatila ei pystytä hyödyntämään koko kantavuudella. Nykyisellään kuormatilat ovat ylimitoitettuna, mutta jo 80 tonnin kokonaispainolla saattaa kuormatila koitua rajoittavaksi tekijäksi.

Taulukoissa 9, 10 ja 11 on esitetty 60, 70 ja 80 tonnin yhdistelmien kuormatilan hyödyntämistä eri puutavaralajeilla ja pituuksilla. Nykyiset puutavaralajit ovat kuusitikki, mäntytikki, kuusikuitu 3 m, kuusikuitu 5 m, mäntykuitu 3m ja mäntykuitu 5 m. Tällä hetkellä tukeista ei erotella lyhyitä ja pitkiä. Taulukossa 11 on esitetty mahdollisuus korkeampaan täyttöasteeseen, mikäli ne eroteltaisiin.

Kuorma kantavuudesta osoittaa tilannetta, jossa kuormatilat on lastattu täyteen. Kantavuuden mukainen täyttöaste osoittaa kuorman määrän kokonaiskuormatilasta kantavuuden rajoissa. Tukkien keskipituus on 4,7 m. Laskuissa ei ole otettu huomioon kuormaimen painoa, vaan se oletetaan jätettävän aina pois. (Korpilahti & Koskinen 2012, 9.)

Taulukko 9. Kuormatilan hyödyntäminen 60 t. (Korpilahti & Koskinen 2012.)

**Nykyinen 3 + 4 akselia: 26 + 34 = 60 t**

**Vetoauto**

**Perävaunu**

**Yhdistelmä  
yhteensä**

**Kantavuuden mukainen  
kuormatilan täyttöaste**

Puutavara	Kantavuus 13700			Kuorma kanta- vuudesta %	Kantavuus 26500			Kuorma kanta- vuudesta %	Yhdistelmä yhteensä		Kantavuuden mukainen kuormatilan täyttöaste	
	Nippuja kpl	Kuorma kg	Koko massa kg		Nippuja kpl	Kuorma kg	Koko massa kg		Kuorma kg	Koko massa kg	Auto %	Perävaunu %
KUT	1	16435	28735	120	2	34058	41558	129	50493	70293	83	78
MÄT	1	18100	30400	132	2	37506	45006	142	55606	75406	76	71
kuk 3	2	21162	33462	154	3	32889	40389	124	54051	73851	65	81
kuk 5	1	16795	29095	123	2	34802	42302	131	51597	71397	82	76
mäk 3	2	23130	35430	169	3	35946	43446	136	59076	78876	59	74
mäk 5	1	18357	30657	134	2	38038	45538	144	56395	76195	75	70

Taulukko 10. Kuormatilan hyödyntäminen 70 t. (Korpilahti &amp; Koskinen 2012.)

4-akselinen auto ja 4-akselinen perävaunu: 32 + 38 = 70 t

Puu- tavara	Vetoauto				Perävaunu				Yhdistelmä yhteensä		Kantavuuden mukainen kuormatilan täyttöaste	
	Kantavuus 18000		Koko massa	Kuorma kanta- vuudesta	Kantavuus 30500		Koko massa	Kuorma kanta- vuudesta	Kuorma	Koko massa	Auto	Perävaunu
	Nippuja kpl	Kuorma kg			Nippuja kpl	Kuorma kg						
KUT	1	16435	30435	91	2	34058	41558	112	50493	71993	110	90
MÄT	1	18100	32100	101	2	37506	45006	123	55606	77106	99	81
kuk 3	2	21162	35162	118	3	32889	40389	108	54051	75551	85	93
kuk 5	1	16795	30795	93	2	34802	42302	114	51597	73097	107	88
mäk 3	2	23130	37130	129	3	35946	43446	118	59076	80576	78	85
mäk 5	1	18357	32357	102	2	38038	45538	125	56395	77895	98	80

Taulukko 11. Kuormatilan hyödyntäminen 80 t. (Korpilahti &amp; Koskinen 2012.)

5-akselinen auto ja 5-akselinen perävaunu: 38 + 42 = 80 t

Puutavara	Vetoauto				Perävaunu				Yhdistelmä yhteensä		Kantavuuden mukainen kuormatilan täyttöaste	
	Kantavuus 22400		Koko massa	Kuorma kanta- vuudesta	Kantavuus 33500		Koko massa	Kuorma kanta- vuudesta	Kuorma	Koko massa	Auto	Perävaunu
	Nippuja kpl	Kuorma kg			Nippuja kpl	Kuorma kg						
KUT	1	16435	32035	73	2	34058	42558	102	50493	74593	136	98
MÄT	1	18100	33700	81	2	37506	46006	112	55606	79706	124	89
kuk 3	2	21162	36762	94	3	32889	41389	98	54051	78151	106	102
kuk 5	1	16795	32395	75	2	34802	43302	104	51597	75697	133	96
mäk 3	2	23130	38730	103	3	35946	44446	107	59076	83176	97	93
mäk 5	1	18357	33957	82	2	38038	46538	114	56395	80495	122	88
KUT pitkä	1	17485	33085	78	2	34058	42558	102	51543	75643	128	98
MÄT pitkä	1	19255	34855	86	2	37506	46006	112	56761	80861	116	89
KUT lyhyt	2	29806	45406	133	2	36232	44732	108	66038	90138	75	92
MÄT lyhyt	2	32824	48424	147	2	39900	48400	119	72724	96824	68	84

Taulukon 9 mukaan 60 tonnin yhdistelmällä kuormatilan täyttöaste jää selvästi pienemmäksi, jopa 59 %:iin vetoauton kokonaiskuormatilasta 3 metrisellä mäntykuitupuulla. Mikäli kuormainta jouduttaisiin kuljettamaan mukana, vetoauton täyttöaste olisi alle 50 %. Kuusitukilla kuormatilat pystytään hyödyntämään muihin puutavaralajeihin verrattuna kaikkein parhaiten, mutta täyttöaste jää silti 80 %:n nurkille. Tämä selittyy sillä, että kuusi on tuoretiheydeltään kevyempää kuin mänty ja tukit sijoittuvat kuormatilaan harvemmin kuin kuitupuu.

Taulukon 10 mukaan 70 tonnin kokonaispaino saadaan 4-akselisella vetoautolla ja 4-akselisella perävaunulla. Taulukosta 5 voidaan havaita, että vetoauton kuormatila saadaan hyödynnettyä melko tehokkaasti. Kantavuuden mukainen täyttöaste on lähellä 100 %:a ja kuusitukilla kuormatila jää jopa pieneksi.

Taulukon 11 mukaan 80 tonnin kokonaispaino saadaan, kun kumpikin vetoauto ja perävaunu ovat 5-akselisia. Kantavuus vetoautossa on kuitenkin suuri suhteessa kuormatilan kokoon. Kuormatila ei saada täysin hyödynnettyä nykyisillä puutava-

ralajeilla, lukuun ottamatta 3-metristä kuitupuuta. Tehokas hyödyntäminen edellyttää, että tukeista eroteltaisiin pitkät ja lyhyet eri pinoon metsäkuljetusvaiheessa. Vetoautoon lastattaisiin 2 nippua tukkeja, joiden pituus on enintään 4,3 m. Sitä pidemmät tukit olisi laitettava perävaunuun kahteen nippuun. (Korpilahti & Koskinen 2012, 11.) Vetoautossa olisi kuitenkin mahdollista kuljettaa kuormainta mukana kantavuuden rajoissa tämänhetkisillä puutavaralajeilla, vaikka kuormatila olisi lastattu täyteen. Perävaunun kuormatila voitaisiin hyödyntää 5-akselisena todella hyvin. Kuormatila olisi melkein sataprosenttisessa käytössä jokaisella puutavaralajilla.

### 4.3.3 En trave till -tutkimus

Ruotsissa aloitettiin jo vuonna 2009 kokeilu 90 tonnin kokonaispainolla. Tarkoitus oli selvittää suuremman yhdistelmän tuoma kilpailuetu puutavaran maantiekuljetuksiin. Tutkimuksen toteutti ruotsalainen metsäntutkimuslaitos Skogforsk ja mukana oli monia tahoja, kuten autonvalmistaja Volvo ja metsäteollisuuden yritys SCA. Tutkimuksessa painotettiin taloudellisuutta, tehokkuutta ja ympäristöasioita. (Perttilä 2008.)

Ruotsalaisittain ”en trave till” eli ETT, on kolmivuotinen tutkimushanke, joka kokeilee puutavaran kuljetuksia 30 metrin yhdistelmällä. Yhdistelmässä on tilaa kolmen nipun sijasta neljälle tukkinipulle ja kokonaismassaa on 90 tonnia. Hyötykuormaa kerrotaan saavan 60 tonnia, kun tyhjäpaino on 30 tonnia. Akseleita on 11 kappaletta, jolloin akselimassat jäävät Suomen massoja pienemmiksi. Tutkimuksessa käytetty yhdistelmä on rakennettu jo olemassa olevista ratkaisuista. Vetoautona toimii normaali 3-akselinen puutavara-auto, jonka perään on kytketty dolly, josta yhdistelmä jatkuu B-junan tavoin. B-junan osuus sisältää 3-akselisen linkkivaunun ja 3-akselisen puoliperävaunun. (Perttilä 2008.) Vetoauton massa on 26 tonnia ja perävaunun 64 t. Massasuhde on 2,46. (Korpilahti & Koskinen 2012, 17.)

Tutkimuksessa ajettiin yksisuuntaista 160 km kilometrin matkaa Pohjois-Ruotsissa Överkalixin puutavaraterminaalien ja SCA:n puunjalostustehtaan välillä. Yhdistelmä

kuljetti 18 kuukauden aikana 80 000 kiintokuutiometriä puutavaraa ja mittariin ker-tyi 210 000 km. Mikäli tämä määrä olisi kuljetettu normaaleilla puutavarayhdistel-millä, siihen olisi tarvittu 650 rekkakuormaa enemmän verrattuna ETT-yhdistelmään. Tulokset vastasivat odotuksia. Polttoainetta säästyi 20 %, mikä vas-taa 56 000 litraa dieseliä ja 140 tonnia hiilidioksidia. (SCA 2010.)

Ruotsissa kokeiltiin vielä jälkeempään 90 t:n yhdistelmän sijasta 74 t:n yhdistelmäl-lä. Se on mitoiltaan EU-direktiivien mukainen B-juna, jossa puoliperävaunu, linkki-vaunu ja vetoauto ovat kaikki 3-akselisia. Massasuhdeluku on 1,85. (Korpilahti & Koskinen 2012, 17.)

Ruotsin kokeilulla oli siis polttoaineen kulutukseen merkittävä vaikutus. Lisäksi ympäristö kuormittuu huomattavasti vähemmän. Liikenneturvallisuus parantuu siltä osin, että ajoneuvojen määrä liikenteessä vähenee. Perävaunun ja vetoauton massasuhde oli melko suuri verrattuna normaaliin yhdistelmään, jolloin se vaikeut-taa muun muassa liikkeellelähtöä talven liukkailla. Talvella saattaa myös olla vai-keuksia mäkisillä tieosuuksilla päästä täydellä kuormalla mäen päälle. Ruotsin yh-distelmä ei sovellu operoimaan metsäteille pituutensa takia. Se soveltuu hyvin kul-jettamaan puuta suurista terminaalivarastoista tehtaille. Kuormat täytyy lastata toisella ajoneuvolla tai terminaalikuormaajalla. Yhdistelmä toimii vain suuremman kapasiteetin siirtoautona maantiekuljetuksessa. Lisäkuluja syntyy puutavaran yli-määräisestä terminaalivarastoinnista, joka täytyy suorittaa normaaleilla puutava-rayhdistelmillä, sekä ETT-yhdistelmän kuormaamisesta terminaalissa. Verratessa kokonaispainon korottamiseen normaaleilla mitoilla pystyttäisiin puutavara kuljet-tamaan metsästä suoraan tehtaalte kuten ennenkin ilman ylimääräisiä lisäkustan-nuksia.

#### **4.3.4 Yhdistelmien hyödyntäminen Laineen kuljetuksissa**

Kuljetettava kuitupuutavara koostuu tällä hetkellä enimmäispituudeltaan 5-metrisestä mänty- ja kuusikuiturangasta. Pituus vaihtelee 2,6 metristä 5 metriin. Korpilahden ja Koskisen taulukoissa (2012) oli käytetty kuitupuun keskimittana 5

m:ä, jolloin kuorman painot eivät ole verrattavissa Laineen kuljetettavaan puutavaraan. Mänty- ja kuusikuidun 3-metrinen puutavara tulee tällä hetkellä vain Metsä Groupin hankintakauppojen kautta, lukuun ottamatta 3-metriseksi tehtyjä kuusen ja männyn lahotavaraa. Kuitenkin 3-metrisen havupuun kuljettaminen on hyvin vähäistä vuodessa. Koivu- ja haapakuitupuutavara tehdään pääsääntöisesti 3-metriseksi, jolloin yhden nipun painoksi kuormatilassa on mahdollista saada 10 000 kg ja joskus jopa enemmänkin.

Kyrönmaalla kuljetettavien tukkien painot ovat hyvin lähellä taulukoissa käsiteltyjen painojen kanssa, jolloin niitä voidaan suoraan verrata taulukon painoihin. Tukkien painot ovat kuitenkin maksimipainoja, mikäli niitä käytetään Kyrönmaan tukkien painoina. Painot ovat suoraan verrannollisia talven painoihin, mutta keväällä ja kesällä puun paino on selvästi pienempi. Tällä hetkellä tukkeja ei erotella pituuksien mukaan ollenkaan, vaan samalle sahalle menevät tukit ovat samassa pinossa hajamittaisena. Laineen tapauksessa tukkeja ajetaan kahdelle sahalle: Merikarvian sahalle männyn ja Vilppulan sahalle kuuset. Taulukossa 12 on esitetty Laineen kuljettamat puumäärät puutavaralajeittain vuonna 2011. Taulukkoon (Taulukko 12.) on otettu mukaan kaikki kuljetetut puutavaralajit. Korpilahden ja Koskisen (2012) käsittelemien puutavaralajien lisäksi taulukossa on mukana koivukuitu, haapakuitu, kuusisorvitukki ja koivutukki. Kuormien lukumäärät on laskettu Korpilahden ja Koskisen (2012) määrittämällä 60 tonnin kokonaispainoon sisältyvän kuorman keskimääräisellä kiintokuutiomäärällä, joka on 45,9 m<sup>3</sup>.

Taulukko 12. Kuljetetut puutavaramäärät vuonna 2011.

	Suorite (m <sup>3</sup> )	Kuormia (45,9m <sup>3</sup> ) (Kpl)
MÄK	17550	382
KUK	18438	402
KOK	12770	278
HAA	3588	78
MÄT	8083	176
KUT	15566	339
KSO	228	5
KOT	650	14
YHT.	76873	1675

Suuremman kokonaispainon yhdistelmistä järkevin Laineen kuljetuksiin olisi kokonaispainoltaan 74 t:n yhdistelmä. Vetoauto olisi 4-akselinen ja perävaunu 5-akselinen. Tämä siksi, että 4-akselisella vetoautolla pystytään säilyttämään ketteryys metsäpään ajoissa, kun akseleista puolet voidaan nostaa ilmaan. Lisäksi akseliväli pysyy vielä suhteellisen lyhyenä 4-akselisessa autossa. 5-akselinen auto on jo ehkä liian ”kankea” metsäpään ajoihin, vaikka akseleista kaksi saadaan nostettua ilmaan. Kyrönmaalla on tunnetusti kapeita metsä- ja peltoteitä, joita ei ole alun perin edes suunniteltu puutavara-autoille. Tiet ovat välillä vaativia jopa nykyisellekin kalustolle. Vetoauton ketteryydellä on suuri merkitys perävaunun ohjautuvuuteen auton perässä. 5-akselisessa perävaunussa pystytään nostamaan vielä takimmainen akseli ilmaan, jolloin se ohjautuu lähes samalla tavalla kuin 4-akselinenkin. (Laine 2012.)

Myös tämänhetkisiin puutavaralajeihin nähden 4+5-yhdistelmä olisi kaikkein optimaalisin kuljetuksiin. Taulukoiden 10 ja 11 mukaan kantavuutta olisi nykyisen 40,5 tonnin sijasta 51,5 t. Tukeilla kuormatila saataisiin hyödynnettyä melkein täysin ja kuusitukilla olisi mahdollista kuljettaa jopa kuormaintakin joukossa. Haapa- ja koi-vukuidulla olisi mahdollista päästä täysiin kantavuuksiin, mutta havukuidulla kuorman paino tulisi jäämään liian pieneksi. Kokemusten mukaan havukuitukuorman paino täyteen lastattuna vaihtelee tuoreena 36 tonnista 45 tonniin, koska rangan keskipituus jää selvästi alle 5 m. Kuorman keskimääräinen paino olisi tällöin 40,5 tonnia, joka vastaa noin 46 m<sup>3</sup>:n kuormaa. (Laine 2012.)

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 13.) on esitetty kuormamäärien vähentymistä nykyiseen verrattuna, mikäli siirryttäisiin 74 t kokonaispainoon. Taulukossa kuormamäärien laskemiseen on käytetty Korpilahden ja Koskisen (2012) määrittämiä kuorman keskimääräisiä kiintokuutiomääriä. Taulukosta on jätetty havukuitu huomioimatta. Tuoreussuhde kuvaa kuljetettavan puutavaran tuoreen ja kuivan puun suhdetta. Vaikka talven sesonkiaika on hieman vajaat 5 kuukautta, kuljetetaan silloin puolet koko vuoden puumäärästä. Kuitupuu kuivahtaa nopeasti ja kuivana sillä ei saada hyödynnettyä edes nykyisten yhdistelmien kantavuutta, vaikka kuormatilat olisivat täyteen lastattuina. Tukit pyritään aina kuljettamaan ensisijaisesti ja tuoreena, koska tukin laatu heikkenee kuivuessa sekä lämpimässä ja kostealla ilmalla.



Taulukko 13. Kuormamäärien vertailu.

	Suorite (m <sup>3</sup> )	Kuormia (45,9m <sup>3</sup> ) (Kpl)	Kuormia (58,8 m <sup>3</sup> ) (Kpl)	Tuoreussuhde	Muutos (Kpl)	Muutos (%)
MÄK	17550	382	382	0,5	0	0
KUK	18438	402	402	0,5	0	0
KOK	12770	278	217	0,5	31	11
HAA	3588	78	61	0,5	9	11
MÄT	8083	176	137	1	39	22
KUT	15566	339	265	1	74	22
KSO	228	5	4	1	1	22
KOT	650	14	11	1	3	22
YHT.	76873	1675	1479		156	9

Koska taulukon 13 mukaan havukuidun osuus on noin puolet Laineen kuljetuksista, kokonaiskuormamäärässä ei ole huomattavaa muutosta. Tukit olisi mahdollista kuljettaa 22 % pienemmällä kuormamäärällä. Lehtipuukuitu kulkisi 11 % pienemmällä kuormamäärällä. Kokonaisuudessa autokuormien määrä pieneni 9 % vuodessa, mikä vastaa vuoden 2011 kuljetuksissa 156 autokuormaa.

Taulukossa 14 on esitetty mahdolliset vuosisuoritemäärät kuormamäärien pysyessä samana.

Taulukko 14. Mahdolliset vuosisuoritemäärät puutavaralajeittain.

	Suorite (m <sup>3</sup> )	Kuormia (45,9m <sup>3</sup> ) (Kpl)	Mahdollinen suorite (m <sup>3</sup> )	Tuoreussuhde	Muutos (m <sup>3</sup> )	Muutos (%)
MÄK	17550	382	17550	0,5	0	0
KUK	18438	402	18438	0,5	0	0
KOK	12770	278	16359	0,5	1794	14
HAA	3588	78	4596	0,5	504	14
MÄT	8083	176	10355	1	2272	28
KUT	15566	339	19941	1	4375	28
KSO	228	5	292	1	64	28
KOT	650	14	833	1	183	28
YHT.	76873	1675	88364		9192	12

Taulukon 14 mukaan vuosisuorite nousisi 12 %, joka vastaisi hieman alle 10 000 m<sup>3</sup>:n puumäärää. Tukeilla muutos olisi 28 % ja lehtipuukuidulla 14 %. Tukkeja olisi mahdollista kuljettaa hieman vajaa 7000 m<sup>3</sup> samalla kuormamäärällä.

Korpilahden ja Koskisen (2012) mukaan 4+5-yhdistelmällä puu kulkisi 16 % halvemmalla nykyiseen verrattuna. Tämä perustui 22 % pienempään kuormamäärään ja 28 % suurempaan vuosisuoritteeseen. Kuitenkin Laineen kuljetuksissa kuormamäärä pienentyisi vain 9 % ja mahdollisesti vuosisuorite kasvaisi 12 %. Tällöin kuljetuksen yksikkökustannukset olisivat noin 7 % edullisemmat nykyiseen verrattuna (Taulukko 15.).

Taulukko 15. Yksikkökustannusten prosentuaalisen muutoksen vertailu.

	K&K	Laine
Yksikkökustannukset halvemmat (%)	16	6,9
Suoritteiden lisäys (%)	28	12

Taulukosta 15 voidaan huomata, että puutavaran kuljettaminen 74 tonnin yhdistelmällä parantaisi kuljetuksen hintaa noin 7 % Laineen kuljetuksissa Kyrönmaan alueella. Todellisuudessa kuljettamisen kustannukset voivat olla hieman saatua tulosta edullisemmat, koska muun muassa mäntykuidusta saadaan yksittäisiä 50 tonnin kuormia talviaikaan, joita voidaan hyödyntää 74 t:n yhdistelmässä. Suunta suoritteiden lisäämisen kanssa on vain ylöspäin, mikäli puutavara mitoitettaisiin entistä optimaalisemmaksi kuormatiloihin nähden.

## 5 TULOSTEN ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Kevyt siirtoauto

Siirtoauton kannattavuus näytti ensiksi melko varmalta, mutta ei se todellisuudessa aivan niin yksinkertaista olekaan. Suurempi kantavuus ja pieni polttoaineenkulutus sekä hankintahinta houkuttelevat investoimaan siirtoauton kuljetusten lisäämiseksi. Kuitenkin Laineen kuljetuksissa siirtoautolla kuormakohtainen kate tulisi jäämään pienemmäksi kuin nykyisellä kalustolla. Siirtoauton kuormauksesta aiheutuu liian suuri kustannus. Laskelmat edellyttivät, että puutavara-autot saadaan lastattua aina täyteen. Todellisuudessa, kuten kokonaispainon nostoa tutkiessa todettiin, kuorman painot havukuidulla jäävät liian usein alle kantavuuden. Rauman tehtaille kuljetetaan ainoastaan havukuitua.

Mikäli yrityksen kotipaikka olisi lähellä puutavaran sijaintia, tai esimerkiksi Rauman tehdasta kohden matkan varrella, kannattavuus voisi olla erilainen. Mikäli siirtoauton kuljettajan asuinpaikka ja täten siirtoauton asemapaikka olisi näiden kriteerien mukainen, voisi kannattavuutta tarkastella aivan uusin näkökulmin.

Siirtoauto olisi omiaan ajettaessa puutavaraa suuresta terminaalista tehtaalle, kuten Ruotsissakin kokeiltiin suuremman kantavuuden yhdistelmillä. Terminaalissa olisi erilliskuormain, joka lastaisi kuorman 10 minuutissa ja siirtoauto olisi valmiina lähtöön. Erilliskuormain on yleensä kaivinkonemallinen varustettuna puutavarakouralla. Erilliskuormaimen kustannukset olisivat aivan eri luokkaa kuin puutavara-auton ja Laineen omia kaivinkoneita voisi hyödyntää suoraan tähän työhön. Lisäksi merkittävintä olisi se, että kuormat ajettaisiin terminaalivarastoihin nykyisellä kalustolla ja kuorman siirrosta saisi vielä normaalin taksan. Ongelmaksi kuitenkin koituu se, että nykyisellään siirtovarastot ovat olleet suhteellisen pieniä ja puutavara on kuljetettu niistä junanvaunuihin. Tulevaisuudessa mikäli puutavaran määrä lisääntyy ja toimitukset keskittyvät, saattaa siirtoautolle olla tilaa myös Kyrönmaalla.

## 5.2 Kokonaispainon kasvattaminen

Kokonaispainojen kasvattamisesta olisi tulevaisuudessa selvää hyötyä. Nykypäivän kuljetuksissa kantavuus on selvästi rajoittavana tekijänä, mutta kokonaispainojen noston jälkeen tilanne voi olla toisin päin. Kuormatilan ympärivuotinen hyödyntäminen nykyisellä puutavaralla saattaa koitua haasteeksi. Ongelmakohtia on monia. Metsäyhtiöiden olisi muutettava puutavaran pituuksia esimerkiksi kuidun osalta 3-metriseksi. Ongelmana vaan saattaa olla metsäkoneiden lähikuljetuskustannusten korottuminen, koska metsäkoneen kyydissä kulkee vähemmän puutavaraa keskimäärin 5-metriseen rankaan verrattuna. Keskipituuden korottaminen on hankalaa taas siltä osin, että silloin saattaa puun rungosta jäädä tukkeja hyödyntämättä. Tukit optimoidaan jokaisesta puun rungosta mahdollisimman tehokkaasti, mikä aiheuttaa rangan pituuden vaihtelut. Tukit ovat selvästi arvokkaampaa puutavaraa kuin kuitupuu. Tuskin sahatkaan kovin helposti muuttavat tukkien pituuksia, koska pituudet ovat sitä mille on kysyntää niin Suomessa kuin maailmallakin. Tämä on varmasti suurimpana esteenä 80 t yhdistelmän kantavuutta hyödynnetäessä nykyisillä mitoilla. Talvella kantavuuden hyödyntämisen kanssa ei pitäisi olla mitään ongelmia, koska puutavaran mukana kulkee aina lunta ja jäätä sekä lisäksi puutavara on muutenkin raskaampaa talvella. Laineen kuljetuksissa kokonaispainojen korottaminen olisi yritykselle miellyttävä piristysruiske kuljetusyrityksen kannattavuuden lisääjänä.

Ruotsin ETT-yhdistelmän mukainen yhdistelmä olisi ratkaisu kantavuuden hyödyntämisen ongelmaan. Se soveltuisi etenkin runkokuljetuksiin terminaalin ja tehtaan välille. Metsäpäässä yhdistelmällä ei voida operoida ilman, että teitä parannettaisiin huomattavasti. Etenkin metsäautoteillä käänköympyrät ja -liittymät jäävät aivan liian ahtaiksi näille yhdistelmille. Lisäksi massasuhteen ollessa arveluttavan korkea, 2,46, saattaa se aiheuttaa vaikeuksia talvella. Mikäli teissä on korkeuseroja, toisarvoisilla teillä on käytännössä mahdotonta ajaa pienillä nopeuksilla talvella. Syyinä tähän on, että mäkiin on saatava vauhtia, että yhdistelmä menee mäen päälle massan avulla. Risteykset ja pysähdykset aiheuttavat myös vaikeuksia. Risteyksestä lähteminen voi olla joskus hankalaa jopa nykyisilläkin yhdistelmillä. Teiden kunnossa pidosta olisi siis huolehdittava paljon nykyistä enemmän.

Laineen tämän hetken kuljetukset pystyttäisiin hoitamaan ilman suurempia muutoksia 4+5-yhdistelmällä ja 74 t:n kokonaispainolla. Yhdistelmällä voitaisiin kuljettaa puutavaraa samoilla toimintamalleilla kuin nykyisinkin. Massasuhde pysyisi samana, jolloin yhdistelmä käyttäytyisi samalla tavalla niin talven kuin kesänkin olosuhteissa nykyiseen verrattuna. Vetopyörissä tarvittavaa kitkaa olisi vielä mahdollista lisätä trippeliakselin nostolla. Puutavaraa pystyttäisiin kuljettamaan 7 % halvemmalla nykyiseen verrattuna, mutta todellisuudessa kokonaispainon kasvattamisen tuottama hyöty tarvitaan yrityksen kannattavuuden parantamiseen, ei pelkästään Laineen kuljetuksissa, vaan myös yleisesti tällä alalla.

## LÄHTEET

A 4.12.1992/1257. Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2011. Johdatus logistiseen ajatteluuun. 6. uudistettu painos. Jyväskylä: Sho Business Development Oy.

Jokela, H. 14.6.2011a. Mikä on ”siirtoauto” ja missä sitä käytetään? [Verkkolehtiartikkeli]. Metsäalan ammattilehti. [Viitattu 28.8.2012.] Saatavana: <http://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?a100=2687>

Jokela, H. 22.6.2011b. Mistä johtuu ”siirtoauton” keveys? [Verkkolehtiartikkeli]. Metsäalan ammattilehti. [Viitattu 28.8.2012.] Saatavana: <http://www.ammattilehti.fi/uutiset.html?2689>

Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. 2004. Kuljetukset ja varastointi: järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. Helsinki: WSOY.

Karrus, K. E. 2003. Logistiikka. 3.-4. painos. Helsinki: WSOY.

Korpilahti, A. & Koskinen, O. H. 2012. Puutavaran autokuljetus tehokkaammaksi. Metsätehon tuloskalvosarja 1/2012. [Verkkojulkaisu]. Helsinki: Metsäteho Oy. [Viitattu 31.7.2012]. Saatavana: [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja\\_2012\\_01\\_Puutavaran\\_autokuljetus\\_tehokkaammaksi\\_ak.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2012_01_Puutavaran_autokuljetus_tehokkaammaksi_ak.pdf)

Laine, H. 2012, Toimitusjohtaja. Kuljetusliike Heikki Laine. Henkilökohtainen tiedonanto 12.7.2012.

Metsä Group. 2012. Konsernin rakenne ja omistus. [Verkkosivu]. Metsä Group. [Viitattu 12.7.2012]. Saatavana: <http://www.metsagroup.fi/Metsagroup/rakennejaomistus/Pages/Default.aspx>

Neilimo, K. & Uusi-Rauva, E. 2005. Johdon laskentatoimi. 6. uudistettu painos. Helsinki: Edita.

Perttilä, A. 15.12.2008. Yksi nippu lisää. [Verkkolehtiartikkeli]. Konepörssi. [Viitattu 31.7.2012.] Saatavana: [http://www.autokanta.com/koneporssi/tekniikka\\_ja\\_koeajot/kuljettaminen/puutavaran\\_kuljetus/?x132980=427296](http://www.autokanta.com/koneporssi/tekniikka_ja_koeajot/kuljettaminen/puutavaran_kuljetus/?x132980=427296)

Puutavaran autokuljetus 1997. Metsätehon opas. Helsinki: Metsäteho Oy.

Rantala, S. 2008. Tapion taskukirja. 25. uudistettu painos. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.

- SCA. 1.10.2010. Lower fuel consumption and emissions with new timber truck. [Verkkosivu]. SCA. [Viitattu 31.7.2012]. Saatavana: <http://www.sca.com/en/press/news-features/archive/2010/one-more-stack--excellent-for-the-environment/>
- Strandström, M. 2012a. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2011. Metsätehon katsaus 48/2012. [Verkkójulkaisu]. Helsinki: Metsäteho Oy. [Viitattu 15.7.2012]. Saatavana: [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus\\_048\\_Puunkorjuu\\_ja\\_kaukokuljetus\\_2011\\_ms.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Katsaus/Katsaus_048_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_2011_ms.pdf)
- Strandström, M. 2012b. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2011. Metsätehon tulosalvosarja 3a/2012. [Verkkójulkaisu]. Helsinki: Metsäteho Oy. [Viitattu 17.7.2012]. Saatavana: [http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja\\_2012\\_3a\\_Puunkorjuu\\_ja\\_kaukokuljetus\\_vuonna\\_2011\\_ms.pdf](http://www.metsateho.fi/files/metsateho/Tuloskalvosarja/Tuloskalvosarja_2012_3a_Puunkorjuu_ja_kaukokuljetus_vuonna_2011_ms.pdf)

## LIITTEET



# LIITE 1 Tarjous vetoautosta



## Liite 1 Tekninen erittely

Sivu 1 (6)  
Laine J 25,7

LAINHEIKKI MATIAS

25.7.2012

**R 480 LB6X2MNB CR16L 4300 13**

### Alusta

#### Perustiedot

Kuljetustehtävä, puutavarakuljetukset  
Alustaluokka, L  
Alustasovellutus, tasakuorma-alusta (B)  
Vetotapa, 6X2  
Käyttöluokka, M  
Jousitusyyppi, ilma edessä, ilma takana  
Moottori, 480 hv DC13 07 2500 Nm Euro5  
Ohjaamon tyyppi, CR16L, päiväohjaamo

Paino 8050kg  
EGR

Jos R500 LB6X2  
8520kg

SCR

#### Ohjausjärjestelmä

Ohjauspyörän sijainti, vasemmalla puolella

Myyntihinta 109000 ALV0%

#### Alustan mitat

Akseliväli, 4300 mm  
Alustan korkeus, normaali  
Takaylitys 1. vetävän akselin keskeltä (JA/BEP L020), 3600 mm

### Jousitus

#### Etujousitus

Etuakselipaino, tekninen, 7500 kg  
Etujousitus, ilmajousitus  
Etuilmajousituksen korkeus, normaali  
Etuilmajousituksen hinta, 1 akseli  
Etukallistuksenvaimennin, erikoisjäykkä

#### Takajousitus

Taka-akselipaino, tekninen, 19000 kg (11500+7500)  
Takajousitus, ilmajousitus  
Takailmajousituksen tyyppi, 2 ilmapaljetta  
Teliakselin tyyppi, ASA700 (yksipyöräteli)

#### Muut alustavarusteet

Paineilmajärjestelmä APS, vakio  
Tasonsäädön tyyppi, pikanosto 2 lisäilmasäiliöllä  
Painonsiirtovarustus, rajoitin ja painonsiirto  
Kuorman rajoitin, 13000 kg  
Painonsiirron maksimikuorma, rajoittamaton  
Akselipainomittari, etu ja taka-akselilla

### Rengasvarustus

#### Renkaat ja vanteet

LAINE HEIKKI MATIAS

25.7.2012

Rengasvalmistaja, Bridgestone  
Rengastyypin akseli, 295/80R22.5 Long haul Steer Bridgestone  
Rengaslukumäärä akseli, 2  
Etuakselin vanteet, 9.00x22.5 teräs  
Rengastyypin akseli, 295/80R22.5 Long haul Drive Bridgestone  
Rengaslukumäärä akseli, 4  
Vetoakselin vanteet, 9.00x22.5 teräs  
Rengastyypin akseli, 295/80R22.5 Long haul Steer Bridgestone  
Telin/välitelin vanteet, 9.00x22.5 teräs

**Muut rengasvarusteet**

Tunkki, on  
Työkalusarja, on, normaali

**Polttoainejärjestelmä****Säiliö**

Polttoainesäiliö oikea puoli, 450G teräs  
Polttoainesäiliöiden yhdysputkisto, ilman (1 säiliö)  
Polttoainesäiliön sijoitus, normaali  
Polttoaineen lämmitin, on

**Jarrujärjestelmä****Käyttöjarrut**

Jarrusovitus, kuorma-auton alusta (B)  
Jarrukategoria, AE  
Jarrujärjestelmä, EBS (sähköisesti ohjattu)  
Luistonesto, on, sisältyy EBS-järjestelmään  
Pyöräjarrut, levyjarrut  
Jarrujen ohjaus, sähköisesti ohjatut levyjarrut  
Jarrusäätimet, ei valittavissa  
Kuormituksen mukaan säätävät jarrut, on, sisältyy EBS-järjestelmään

**Pysäköinti-/häätäjarrut**

Pysäköintijarrukellot etuakselilla, on  
Pysäköintijarrun varmistusventtiili, on  
Teliakselin jarrukellotyyppi, kalvo, (ilman pysäköintijarrua)

**Lisäjarrut**

Pakokaasujarru, on, käyttö jarrupolkimella

**Perävaunujarrut**

Perävaunujarrukytkeä, on

## LIITE 2 Tarjous päällirakenteista



X-TRANS RENT

SISÄLTÖ  
1.2.2012

Alusta: RENAULT 6X2

Ohjaamo: Makuu / Globetrotter

ALUMIINIAPURUNKO

Kuormatila: \_\_\_\_\_

- Matala apurunko, muovitaso apurungon väliin, pyöränketju kannakkeet
- Ristikko runkoon
- Parlok-lokasuojat, etummaisiet irroitettavat
- ST 50 Alumiinisermi, ylin paneeli reijitetty

TAKAVALOKOTELOT, ALU

- Auton alkuperäiset takalyhdyt

VETOVARUSTUS

Tapin paikka: \_\_\_\_\_

- Asennetaan vetopalkki, Vetoktkin VBG 5190D ja ilmaservo

KUORMANKIRISTIMET

- 2 kpl mekaaniset kuormankiristimet ja pikalaukaisimet

TANKINSUOJAT, 4 jm anodisoituna

TYÖKALULAATIKKO, L=600mm

TYÖVALOT

- 4 kpl NBB Xenon kytkettyinä

SIVUÄÄRIVALOT

- Asennetaan 6 kpl Alucar LEDit

REKISTERÖINTIKATSASTUS JA YKSITTÄISHYVÄKSYNTÄ

PANKOT

- 4 kpl ALU50 -täysalumiinipankot kiinnikkeineen
- Tolpan vahvikkeet kaikissa pankoissa

NETTOHINTA ALV 0%

16 500 €

TOIMITUSAIKA:

Sopimuksen mukaan

TOIMITUSEHDOT:

Vapaaasti Maksamaalla

MAKSUEHDOT:

14 pv netto

VOIMASSAOLOAIKA:

3 kk tarjouksen päivästä

Ystävällisin terveisin

Julius Närvä

Puh. 0400 351 071

Alucar Oy  
Maksamaantie 186  
66640 MAKSAMAA

Puh 020 785 1720  
Fax 020 785 1740  
E-Mail: etunimi.sukunimi@alucar.com

Ly-nro 0735944-6