



# Raakapuukuljetusten kustannusrakenne

Simo Kasurinen

Opinnäytetyö, AMK  
Joulukuu 2023  
Logistiikan tutkinto-ohjelma

**Kasurinen Simo**

## **Raakapuukuljetusten kustannusrakenne**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. **Joulukuu 2023**, 37 sivua.

Logistiikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia Kuljetusliike Eskolan raakapuukuljetuksien kannattavuuden tehostamista, suhteessa puutavaranojasturin kuljettamiseen auton mukana. Tavoitteena oli tutkia tasapainopisteen etäisyyttä puutavaravaroistoilta puunjalostuslaitoksiin, nojasturin pienentäessä hyötykuorman osuutta. Käytännön päivittäisissä työtehtävissä, kuljetusesimiehet ovat tekemisissä tämän haasteen kanssa. Opinnäytetyön teoreettinen osa käsitteli tutkittavan työn muuttujien osuuksia kuljetusyrityksissä. Tutkimustyöhön liittyi neljä muuttujaa: etäisyys raakapuuvarastolta metsäteollisuudenlaitoksiin, lisääntyneen polttoaineen kulutuksen erotus, kasvanut työaikakustannus ja pienentynyt hyötykuorma. Mittaustuloksilla saaduilla arvoilla on etsitty ratkaisua. Tutkimuksen tuloksesta on hyötyä kuljetuksia suunniteltaessa. Opinnäytetyössä on käsitelty varsin laajasti kuljetusalan kokonaiskustannuksia ja niiden erilaisia kustannusrakenteita, osa-alueittain eriteltynä.

Opinnäytetyössä suoritettiin mittauksia, ja saatujen arvojen perusteella tehdyillä laskelmilla on päästy tutkimuksen lopputulokseen. Mittauksia on tehty LogForcen suunnitteluovelluksella, kuljettajien ilmoittamina aikamääreinä ja My Scania sovelluksen tiedoilla. Sovelluksien mittaustuloksia on varmistettu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla. Opinnäytetyöhön haastateltiin Kuljetusliike Eskola Oy:n toimitusjohtajaa ja kuljetusesimiestä.

Opinnäytetyön tuloksen perusteella etäisyyden tasapainopisteeksi määrittyi kilometrimääräinen matka raakapuuvarastolta metsäteollisuudenlaitokseen ja tarkat euromääräiset kustannukset kilometreittäin.

Tuloksen johtopäätös: Kuljetusliike Eskolan ei ole taloudellisesti kannattavaa muuttaa kalustoa nostureidenhydrauliikaltaan kiinteäsovitteiseksi.

### **Muutoksia**

Toimintatutkimus, puutavaranojasturi, kuljetusten suunnittelu, etäisyyden tasapainopiste, laskenta, kustannustehokkuus.

**Kasurinen, Simo**

### **Cost structure of raw wood transport**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2023, 37 pages.

Degree Program in Logistics. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

The topic of the thesis was to examine the profitability improvement of raw wood transports at Transport Company Eskola in relation to transporting timber crane with the vehicle. The goal was to investigate the balance point distance from timber storage to wood processing plants, with the crane reducing the payload share. In practical daily tasks, transportation supervisors deal with this challenge. The theoretical part of the thesis addressed the proportions of the variables in the studied work in transportation companies. The research involved four variables: distance from raw wood storage to forest industry plants, the difference in increased fuel consumption, increased labour cost, and decreased payload. Solutions were searching with values obtained from measurements. The results of the study are beneficial for planning transports. The thesis extensively covered the total costs of the transportation industry and its various cost structures, itemized by sub-areas.

Measurements were doing in the thesis, and based on the values obtained, calculations were possible to reach the conclusion of the study. Measurements has made with the LogForce planning application, reported by drivers with specified times, and with information from the My Scania application. The measurement results of the applications have made sure with Excel spreadsheet software. The CEO and transportation supervisor of Transport Company Eskola Oy has interviewed for the thesis.

Based on the result of the thesis, the balance point for distance was determined as the kilometre distance from raw wood storage to forest industry plant, along with detailed euro costs per kilometres.

Conclusion of the result: It is not economically profitable for Transport Company Eskola to convert the equipment from cranes with fixed hydraulics.

### **Variation**

Operational research, timber crane, transportation planning, distance balance point, calculation, cost efficiency.

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
1.1	Raakapuukuljetukset .....	3
1.2	Opinnäytetyön toimeksiantajani .....	3
1.3	Raakapuun kaukokuljetusmuodot .....	4
1.4	Kaukokuljetusten yksikköhinnat eri kuljetusmuodoilla .....	6
1.5	Kuljetusten keskittyminen lähitulevaisuudessa Ouluun ja Kemiin .....	7
1.6	Opinnäytetyön tavoitteena puutavaranosturin kuljettamisen kustannusvaikutus.....	7
<b>2</b>	<b>Kustannusten kehitys kuljetusalalla</b> .....	<b>8</b>
2.1	Kehittämishankkeen Mind Map .....	8
2.2	Kuljetusyrityksen kustannukset kokonaisuudessaan .....	8
<b>2.3</b>	<b>Polttoaineiden hintojen nousun aiheuttamat haasteet</b> .....	<b>13</b>
2.4	Auto- ja kuljetusalan työvoimakustannusten kehitys .....	15
<b>3</b>	<b>Selvitys aiheen nykytilanteesta</b> .....	<b>19</b>
3.1	Kuljetusliike Eskolan kustannusrakenne .....	19
3.2	Haasteet kuljetusten suunnittelussa .....	21
3.3	Kuljetusliike Eskola Oy:n keinot kustannusten vähentämiseksi .....	24
<b>4</b>	<b>Laskenta</b> .....	<b>27</b>
4.1	Mittauksen tulokset .....	27
4.2	Kehittämishankkeen laskennan lopputulos .....	30
<b>5</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>32</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>34</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>37</b>
	Liite 1. Kuljetusliike Eskolan Oy:n toimitusjohtajan haastattelu.....	37
	Liite 2. Kuljetusesimiehen haastattelu: .....	37

## Kuviot

Kuvio 1. Kuljetusliike Eskolan biokaasukäyttöinen puutavarayhdistelmä.....	4
Kuvio 2. Kuljetusmuotojen osuudet suorista tehdaskuljetuksista (Venäläinen 2016). .....	5
Kuvio 3. Kuljetusketjujen keskikuljetusmatkat vuosilta 2002–2021 (Luonnonvarakeskus 2022).	6
Kuvio 4. Suunnitteluvaiheen kartoitus.....	8
Kuvio 5. Polttoaine on merkittävä kustannuserä (Viitala 2020). .....	14
Kuvio 6. Dieselin hurja hinnankehitys vuosikymmenessä (Tilastokeskus 2023). .....	15
Kuvio 7. Kuljetusalan palkat ovat nousseet kymmenessä vuodessa (Tilastokeskus 2023). .....	16
Kuvio 8. Näkymä LogForce käyttöalustan karttapohjasta. ....	23
Kuvio 9. Z-puominen puutavaranosturi kuljetusasennossa. ....	25
Kuvio 10. Suorapuominen puutavaranosturi kuljetusasennossa. ....	26

## Taulukot

Taulukko 1. Puutavarayhdistelmä-Indeksit kustannustekijöittäin 2020=100 (Tilastokeskus). ..	11
Taulukko 2. tuntipalkkojen keskiarvo 2013 ja 2023 (Tilastokeskus 2023).....	17
Taulukko 3. Puutavara-auton kuljettajan palkkakulut.....	17
Taulukko 4. Työnantajan oheiskulut (Vero2023).....	18
Taulukko 5. Nosturin kanssa toteutuneet työajat. ....	27
Taulukko 6. Toteutuneet palkkakustannukset.....	28
Taulukko 7. Excel-tilukkolaskelman tulokset: Metsähallituksen puutavaran maantiekuljetuksen maksut taulukosta.....	30

# 1 Johdanto

## 1.1 Raakapuukuljetukset

Raakapuuta kuljetetaan kaikissa metsäisissä maissa pääasiassa autoilla. Tarkempia arvioita ei kuljetuksista kuitenkaan valitettavasti ole saatavilla, koska kaikissa valtioissa ei tuoteta tarkkoja tilastotietoja kaukokuljetuksen erimuodoista: auto-, juna-, alus- ja uittokuljetus. Suomessa raakapuun hakkuut olivat vuonna 2022 noin 75 miljoonaa kiintokuutiometriä. (Luonnonvarakeskus 2023.) Määrä oli hieman pienentynyt kahdesta edellisestä vuodesta, mutta uusien toteutusvaiheissa olevien metsäteollisuuden investointien myötä tulevat raakapuun korjuu määrät nousemaan lähivuosina. Karkeasti arvioituna, Suomessa vuosittain hakattavan raakapuun kuljettamiseksi tarvitaan reilusti yli miljoona täysiperävaunullisen ajoneuvoyhdistelmänkuljetusta puutavaran jatkojalostukseen saamiseksi. Tässä työssäni keskityn tutkimaan Kuljetusliike Eskolassa toteutettavia raakapuukuljetuksia ja niiden kustannusten optimointia.

## 1.2 Opinnäytetyön toimeksiantajani

Toimeksiantajana opinnäytetyössäni on Kuljetusliike Eskola Oy. Kuljetusliike Eskola Oy on Pohjois-Pohjanmaalla sijaitseva kiiminkiläinen perheyritys, joka on toiminut kuljetusalalla yli 65 vuotta ja raakapuukuljetukset ovat olleet koko heidän toimintahistoriansa ajan suurin yksittäinen suoriteala yrityksen liiketoiminnassa. Kuljetusliike Eskolan raakapuukuljetuksien toiminta-alueita ovat Pohjois-Pohjanmaa ja Kainuu. Sopimuskumppaneita puunkuljetuksissa ovat Metsähallitus ja Metsä Group. Yrityksellä on kymmenen omaa kokonaismassaltaan 76 tonnin puutavaravarusteista täysiperävaunuyhdistelmää, sekä yksi vaihtoehtoista polttoainetta käyttävä, nestemäisellä kaasulla toimiva kokonaismassaltaan 69 tonnin puutavarayhdistelmä. Alihankkijana Eskolalla on kolmekymmentä raakapuukuljetuksia suorittavaa sopimusautoilijaa. Vuositasolla yritys kuljettaa puutavaraa noin miljoona kiintokuutiometriä tehtaille ja sahalaitoksille. Toimeksiantajakseni opinnäytetyöhön valikoitui Kuljetusliike Eskola Oy, keskustellessani toimitusjohtaja Pasi Eskolan kanssa. Eskola kertoi minulle mieltäneensä useasti kuljetusmatkojen optimaalista etäisyyttä, suhteessa puutavaranosturin kuljettamiseen puutavara-auton mukana tehtaalle. Konkreettisesti tämä tarkoittaa, että mikä on se optimaalinen etäisyys tehtaalle, minkä sisällä nosturia ei kustannussyistä ole kannattavaa

jättää pois autosta. Kehitystyössä etsitään ratkaisuja, jotka ensin vaativat mittauksien suorittamista.

### Mittauskohteet tutkimustyössä ovat:

- polttoaineen kulutuksen mittaaminen tyhjällä yhdistelmällä, nosturin kanssa ja ilman
- hyötykuorman suhde taksakertymään
- palkkakustannukset, suhteessa suurempaan hyötykuormaan
- raakapuubaraston etäisyyden suhde taksakertymään

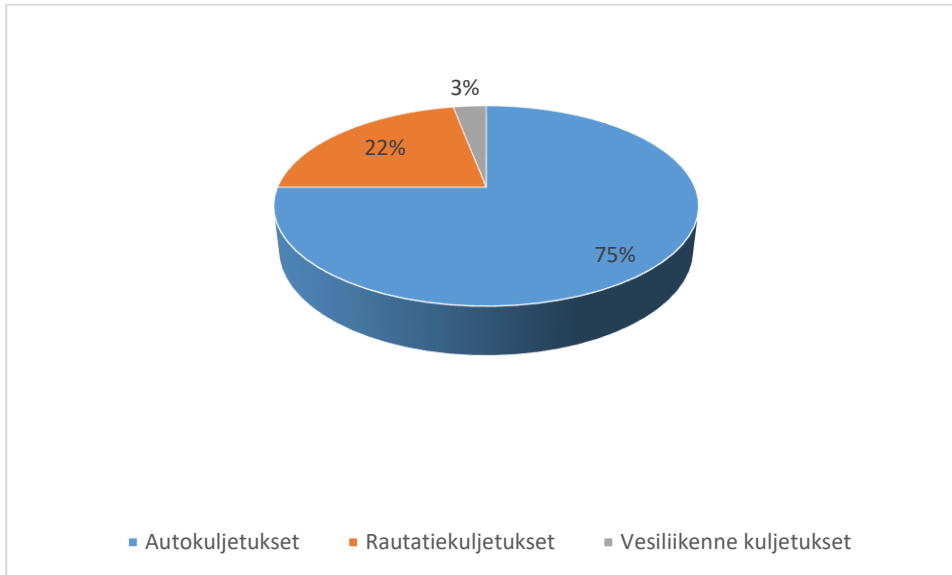


Kuvio 1. Kuljetusliike Eskolan biokaasukäyttöinen puutavarayhdistelmä.

### 1.3 Raakapuun kaukokuljetusmuodot

Raakapuuta toimitetaan metsäteollisuuden tarpeisiin: auto-, rautatie-, alus- ja uittokuljetuksina. Merkille pantavaa kuljetusmuotoja arvioitaessa on, että kaikissa edellä mainitussa puunkuljettamisen muodoissa alkukuljetus suoritetaan joka tapauksessa puutavara-autoilla. Keskimääräinen puunjalostuslaitokseen kaukokuljetuksena suoritettava matka on pituudeltaan noin 101 km ja kaikista näistä Suomessa tapahtuvista kuljetuksista tehdään noin 75 % puutavara-autoilla. Vastavasti, niin sanotun lähikuljetuksen matka on puolestaan noin 50 km. Lähikuljetukset koostuvat

puunkuljettamisesta metsästä terminaaleihin, rautatieasemille, satamiin ja uittopaikoille. (Venäläinen 2016.)



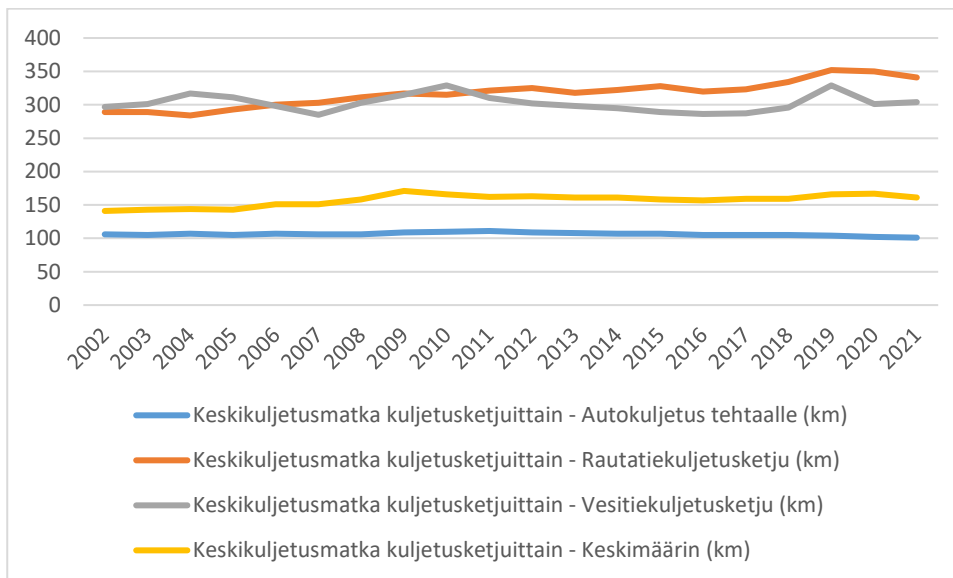
Kuvio 2. Kuljetusmuotojen osuudet suorista tehdaskuljetuksista (Venäläinen 2016).

Uittokuljetuksien hiipuminen valtakunnallisesti 1990-luvulla vaikutti suuresti kaukokuljetusten välimatkojen kasvamiseen. Tämä korostui erityisesti Pohjois-Suomessa, Kemijoen vaikutuspiirissä oleviin pohjoisen metsänhoitoalueisiin. Päätös aiheutti voimakasta keskustelua myös poliittisella tasolla, kun lapin vaalipiirin Maija Rask esitti asiasta kirjallisen kysymyksen eduskunnalle (Rask 1991). Uiton huomattavaa vähentymistä on kompensoitu maanlaajuisesti puutavaraterminaaleilla, jotka sijaitsevat rautateiden välittömässä läheisyydessä. Ylipäänsä kaukokuljetuksien eri muodot ovat sidoksissa käytettävään matkaan, koska kuljetettavan matkan pidentyessä, yksikkömäärien huomattava kasvu tekee rautatiekuljetuksista kustannustehokkaamman verrattuna autokuljetuksiin, kun taas lyhyemmällä välimatkalla autokuljetus on taloudellisempi ratkaisu.

Vuonna 2013 valtioneuvosto antoi asetuksen uusille ajoneuvoyhdistelmien kokonaismassoille, jonka mukaan suurin sallittu tonnimäärä nostettiin 60 tonnista 76 tonniin (Finlex 2013). Tämä kokonaismassojen huomattava kasvu kohdistettiin nimenomaan teollisuuden kuljetuksiin, joissa kul-



jetettävät materiaalit ovat yleisesti hyvin painavia ja kasvaneella hyötykuormalla saadaan kustannustehokkuutta kuljetuksiin. Tällä lakimuutoksella kohennettiin autokuljetusten kilpailukykyä erityisesti kuljetettavien matkojen pidentyessä. Hyvin todennäköisesti lähitulevaisuudessa autokuljetusten keskimatka tulee lyhentymään ja rautatiekuljetusten vastaavasti pidentymään, koska suuret tehtaat tarvitsevat puutavaraa laajalta alueelta ja rautatiekuljetukset ovat edullisempi kuljetusmuoto pitemmillä matkoilla, puutavara-autojen siirtäessä puut metsästä rautatieasemille. Kaikkien kuljetusmuotojen yhteenlaskettu keskikuljetusmatka on vuonna 2021 ollut 161 km. Alla olevassa taulukossa nähdään autokuljetusten keskimatkan pysyneen lähestulkoon samana koko tarkasteltavan ajanjakson, kun taas rautatiekuljetusten keskimatka on vastaavasti hieman kasvanut. (Luonnonvarakeskus 2022.)



Kuvio 3. Kuljetusketjujen keskikuljetusmatkat vuosilta 2002–2021 (Luonnonvarakeskus 2022).

Syynä kuljetusmatkojen esiin tuomisessa tässä kehitystyössä on vaikuttimena se, että juuri ne ovat keskeisessä roolissa, kun aletaan tutkimaan kuljetuskustannusten optimoimista.

#### 1.4 Kaukokuljetusten yksikköhinnat eri kuljetusmuodoilla

Seuraavassa lyhyesti eri kuljetusmuotojen yksikkökustannuksista vuodelta 2021, jotka ovat suoraan lainattu Luken julkaisusta (Luonnonvarakeskus 2022).

*”Teollisuuspuun kaukokuljetuksen yksikkökustannukset olivat keskimäärin 8,94 euroa kuutiometriltä. Autokuljetus tehtaalle maksoi keskimäärin 7,93 euroa kuutiometriltä. Rautatiekuljetusketjussa (sis. autokuljetus asemalle) kustannukset olivat 11,62 euroa. Vesitiekuljetusketjussa (sis. autokuljetuksen uittoon/alukselle) puunkuljetus kustansi 12,92 euroa kuutiometriltä”.*

Kuljetusyritysten kiinteidenkustannusten viimeisten vuosien voimakkaan nousun takia, on liiketoiminnan kannalta elintärkeää pyrkiä kaikkien osa-alueiden toiminnan tehostamiseen niiden kustannusten osalta, joihin voidaan yrityksen omalla sisäisellä toiminnalla vaikuttaa.

## **1.5 Kuljetusten keskittyminen lähitulevaisuudessa Ouluun ja Kemiin**

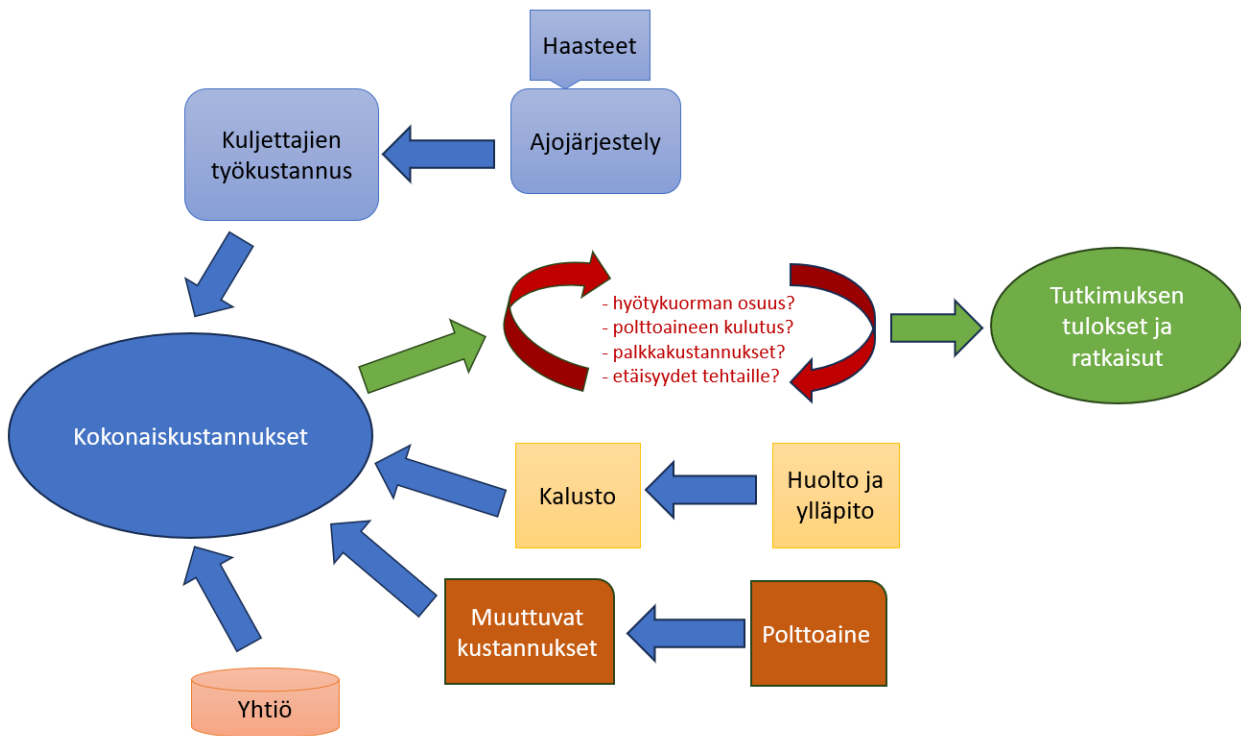
Oulussa on tehty suuria muutoksia Stora Enson toimintastrategiassa, ja sen takia molemmat paperikoneet ovat lopettaneet toimintansa. Paperikoneiden tilalle on tullut pakkauskartonkia valmistavat koneet ja siitä syystä raakapuun käyttötarve lisääntyy huomattavasti Oulun tehtaalla. Myös uusi moderni Junnikalan sahalaitos on valmistumassa Ouluun ja myös sen tarvitseman puutavaran vuoksi kuljetettavat raakapuu määrät nousevat alueella. Metsä Groupin Kemiin rakentama jättimäinen biosellutehdas tulee käyttämään 6,5 miljoonaa kuutiometriä kuitupuuta vuodessa. Toimeksiantoni tähän tutkimukseen, näiden edellä mainittujen syiden vuoksi ei olisi voinut tulla parempaan aikaan, koska Kuljetusliike Eskolan puukuljetusten ehdoton pääpaino on nimenomaan Oulun ja Kemin tehtailla.

## **1.6 Opinnäytetyön tavoitteena puutavaranosturin kuljettamisen kustannusvaikutus**

Haastetta kuljetuskustannusten tehokkaassa optimoimisessa tuo puutavaravarastojen alati muuttuvat sijainnit. Kuljetusten optimointi olisi huomattavasti helpompaa, jos autot toimisivat päivästä toiseen samalla alueella, mutta se ei valitettavasti ole mahdollista. Puutavaravarastojen sijainnit vaihtelevat kuljetusyksiköittäin useasti ja sen vuoksi puutavaranosturin kuljettaminen auton matkassa on helpoin vaihtoehto, mutta onko se kustannustehokkain. Yhdellä kuljettajalla voi saman työvuoron aikana olla useampi lastaustapahtuma eri puutavaravarastolta, joka aiheuttaa suuria haasteita ajojärjestelijälle. Puutavaravarastojen etäisyydet metsäteollisuudenlaitoksilta ovat keskeinen osa-alue tutkimuksessani.

## 2 Kustannusten kehitys kuljetusalalla

### 2.1 Kehittämishankkeen Mind Map



Kuvio 4. Suunnitteluvaiheen kartoitus.

### 2.2 Kuljetusyrityksen kustannukset kokonaisuudessaan

Kokonaiskustannusten esille tuominen on tärkeää, jotta kustannusrakennetta pystytään tarkastelemaan laajemmin. Raakapuukuljetuksia suorittavan Kuljetusliike Eskolan kokonaiskuljetustyökustannukset koostuvat: työvoimakustannuksista, polttoaineesta, kuljetuskalustosta ja kuljetusorganisaation kustannuksista. Liikenne- ja

viestintäministeriö on tehnyt tutkimuksen logististen toteutusten selvittämiseen ja kehittämiseen (Oksanen 2003, 43).

Sen mukaan kustannusrakenne on seuraava:

### **Kuljetustyökustannukset**

- *muuttuvat kuljetustyökustannukset*
- *kiinteät työkustannukset*
- *välilliset palkkakustannukset*
- *henkilöstölle maksetut kustannuskorvaukset (esim. päivärahat ja matkakustannukset)*

### **Kuljetuskaluston kiinteät kustannukset**

- *kuljetusvälineen pääomakustannukset*
- *kuljetusvälineen vakuutukset*
- *kuljetusvälineen liikennöimismaksut*
- *muut kuljetusvälineen kiinteät kustannukset*

### **Kuljetuskaluston muuttuvat kustannukset**

- *kuljetusvälineen energiakustannukset*
- *kuljetusvälineen huolto- ja korjauskustannukset*

- *osuus käynnissä pidon yleiskustannuksista*
- *muut kuljetusvälineen muuttuvat kustannukset*

### **Kuljetusorganisaation kustannukset**

- *organisaation hallinto-, markkinointi ym. yleiskustannukset*
- *kiinteistökustannukset*
- *muut kiinteät kustannukset*

(Oksanen 2003, 43).

Taulukko 1. Puutavarayhdistelmä-Indeksit kustannustekijöittäin 2020=100 (Tilastokeskus).

Vuosi	Polttoaineet	Korjaus ja huolto	Renkaat	Pääomanpoisto	Korkokustannukset	Vakuutukset	Liikennöimis- maksut	Hallinto	Ylläpito	Kokonaisindeksi	Vuosi- muutos	Indeksi ilman polttoaine- kustannuksia	Vuosi- muutos
Är	Bränslen	Reparatio- n_ och service	Däck	Kapital avskrivning	Räntekostnader	Försäkringar	Trafikerings- avgifter	Förvaltnings	Underhåll	Total- index	Årsförändring	Index utan bränsle- kostnader	Årsförändring
	28.4	6.22	3.64	14.2	0.87	5.1	0.56	1.9	1.08	100	%		%
1)	35.9	5.8	3.7	13.3	2.7	4.5	0.4	1.6	0.9	100		100	
2020	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		100	
2021	123	102.4	102.5	102.9	97.3	105.9	100	102.4	102.7	109.1	9.1	103.6	3.6
2022	170.6	122	118.3	111.8	130	107.9	101.5	106.3	109.4	127.2	16.6	110	6.2
2021	112.7	101.2	100.3	100.6	100.6	105.9	100	101.6	101.5	104.9	0.8	101.8	1.8
2021	117	101.1	100.3	100.8	100.9	105.9	100	101.6	102.2	107	3.1	103	2.3
2021	119.1	101.2	102.7	100.8	103.6	105.9	100	101.6	102.3	107.7	7.5	103.2	2.4
2021	116.5	101.3	102.7	101.4	101.4	105.9	100	101.6	102.5	107.1	10	103.3	2.5
2021	118.8	101.4	102.7	101.5	98.8	105.9	100	101.8	102.5	107.7	11.2	103.3	3.7
2021	121.6	101.3	102.7	101.5	97.4	105.9	100	101.8	102.4	108.5	10.6	103.3	3.6
2021	122.5	101.3	102.7	103.4	91	105.9	100	101.9	102.4	109	10.7	103.6	3.9
2021	122.4	101.5	102.7	103.9	94.9	105.9	100	103.1	102.6	109.1	8.7	103.8	4.2
2021	124.8	101.6	102.7	104.3	93.2	105.9	100	103.1	102.8	109.8	10.4	103.9	4.3
2021	134.1	105.1	102.7	105.1	98.8	105.9	100	103.6	103.6	112.9	13.1	104.5	4.6
2021	134.9	105.5	102.7	105.1	93.8	105.9	100	103.6	103.7	113.1	13	104.4	4.6
2021	131.8	105.9	105.2	106.7	93.1	105.9	100	103.6	103.7	112.5	11	104.9	5.1
2022	145.5	115.7	113	107.1	93.5	107.9	100	104.3	106.5	117.6	12.1	106.5	4.6
2022	152.6	116.5	112.9	108.2	103.9	107.9	100	104.3	107.3	120.8	12.9	108.2	5
2022	177.2	117.1	113.1	108.2	103.2	107.9	100	104.5	107.6	127.8	18.6	108.2	4.9
2022	176.5	125.3	113.1	108.5	95.4	107.9	102	105	107.6	128.1	19.7	108.9	5.4
2022	181.6	122.4	113.2	109.3	103.5	107.9	102	105.1	107.8	129.6	20.3	108.9	5.5
2022	199.9	119.3	113.1	110.1	110.2	107.9	102	105.2	108.1	134.8	24.2	108.9	5.5
2022	177.7	121.2	119.3	113.8	105.4	107.9	102	107.1	109	129.3	18.7	110.1	6.3
2022	168.7	121.4	119.4	113.8	126.8	107.9	102	107.2	109.7	127	16.4	110.4	6.4
2022	167.6	123.5	119.4	113.8	120.7	107.9	102	107.3	110.3	126.7	15.4	110.6	6.5
2022	179	125.3	127.9	115.1	167.7	107.9	102	108	110.7	131.1	16.1	112.1	7.3
2022	168.6	128.1	127.9	116.9	204.8	107.9	102	108.6	113.6	128.9	14	113.2	8.3
2022	151.9	128.5	127.9	117.3	224.5	107.9	102	108.9	114.6	124.5	10.6	113.6	8.2
2023	165.6	129.4	134.9	119.9	267.3	115.5	102.3	108.8	115.9	129.8	10.4	115.6	8.5
2023	157.4	125.7	135	120	282.1	115.5	102.3	108.7	115.1	127.4	5.4	115.5	6.7
2023	155.2	124.4	134.9	120	299.9	115.5	102.3	108.6	114.6	127.4	-0.3	116.4	7.5
2023	148.3	123.5	134.9	121.1	337.5	115.5	102.3	109.2	114.5	125.9	-1.7	117	7.4
2023	141.4	122.7	135	121.1	347.3	115.5	102.3	109.4	114.2	124	-4.3	117.1	7.4
2023	144.7	122.5	134.9	121.1	370.8	115.5	102.3	109.3	113.6	125.1	-7.2	117.3	7.7
2023	146.7	123.3	134.9	122.9	385.5	115.5	102.3	110.6	113.8	126.1	-2.5	118	7.1
2023	159	123.2	134.9	122.9	396.2	115.5	102.3	110	110.9	129.7	2.1	118	6.9
2023	166.9	123.9	134.9	123.5	404.6	115.5	102.3	110.3	111.8	132.1	4.2	118.3	7

Taulukon arvot ovat indeksejä, jotka esittävät kustannuksien korotusindeksiä. Lukemat osoittavat korotuksien prosentuaalista nousua kustannuksien osalta, jonka suhdelukua verrataan perusjakson, tässä tapauksessa vuoden 2020 hintoihin. Taulukossa ei ole polttoaineen ja kuljettajien palkkojen osuutta, koska kyseisten kustannusten osuudet ovat taulukoituna aikaisemmissa taulukoissa.

Muuttuvien ja kiinteiden kustannusten eroavaisuus on konkreettisesti niiden rakenteessa. Muuttumattomien kustannusten suhdanne pysyy samana, vaikka kuljetusmäärissä olisi suuriakin vaihteluita vuosikvartaalien välillä. Perinteisiä kiinteitä kustannuksia ovat toimitilakustannukset ja yrityksen vakuutukset. Vastaavasti muuttuvat kustannukset ovat suoraan verrannollisia toiminnan määrään ja toteutukseen. Yhtenä esimerkkinä voidaan kuljetusalalla tarkastella muuttuvien kustannusten osalta kaluston ja työvoimakustannusten osuutta rakenteellisina kustannuksina,

jotka voivat vaihdella suuresti varsinkin toiminnan laajentuessa. Liiketoiminnan kasvaessa myös kustannukset nousevat, tämä täytyy ottaa huomioon laskettaessa kuljetussopimuksia.

Epäsuorat kustannukset heijastavat merkittävän osan kustannuksista muuhun, kuin kaluston ylläpitoon ja operatiiviseen toimintaan kohdistuvia kustannustekijöitä. USA:ssa on käytössä DOT-kirjanpitojärjestelmä, jonka avulla voidaan luoda yksityiskohtainen luettelo kaikista kalustoon liittyvistä suorista ja välillisistä kustannuksista. (Burnham, Canipe & Morrison 2020, 18.) Suomessa käytetään vastaavanlaisista käyttöalustoista nimitystä toiminnanohjausjärjestelmä. Kyseisillä järjestelmillä voidaan hallita kattavasti yritykselle kohdistuvia maksujenhallintaan liittyviä toimintoja, sekä myös kalustoon liittyvää kirjanpitoa.

Kuljetusyrityksissä kaluston hankinnat ja ylläpito vaativat suuria pääomia ja säännöllistä huoltoa, joten toiminnanohjausjärjestelmillä rahavirtojen ja kaluston ajantasainen huolto helpottuisi huomattavasti ja vähentäisi henkilöstökuluja. Järjestelmät ovat hankintahinnaltaan, sekä käyttökustannuksiltaan niin hintavia, että realistiset mahdollisuudet alustojen hankkimiseen ovat liian korkeat pienissä ja keskisuurissa yrityksissä. Alustojen tehokas käyttöönotto, käyttökoulutus ja järjestelmien ylläpito vaativat huomattavia resursseja. Toiminnanohjausjärjestelmäkään eivät ole erehtymättömiä ja niiden kehittäminen vaatii suuria resursseja (Kotikangas 2021, 6.)

Toiminnanohjausjärjestelmien heikkoudeksi voidaan lukea tilanne, jossa järjestelmä palvelee organisaation tukiprosesseja ja tarjoaa niitä varten työkaluja, mutta jättää päivittäisen toiminnan puutteelliseksi. Toiminnanohjausjärjestelmät eivät välttämättä tarjoa kaikille organisaation osaluille ja yksiköille tarpeellisia työkaluja, joka saattaa vaatia organisaation täyttämään näitä puutteita ulkoisilla työkaluilla. Tämä ei poissulje sitä, että kaikki toiminnanohjausjärjestelmät olisivat puutteellisia. Markkinoilta löytyy toiminnanohjausjärjestelmiä, jotka pitävät sisällään laajan valikoiman prosesseja, joilla nämäkin puutteet voidaan mahdollista korvata (suora lainaus). (Kotikangas 2021, 7.)

Kuljetusalan muuttuvissa kustannuksissa voi tapahtua suuriakin heilahteluja vuosikvartaalien välillä, johtuen teknistenlaitteiden merkittävästä roolista liiketoiminnassa. Rikkoutuneen kuljetuskaluston korjaaminen on kallista ja ajoneuvon ollessa pois käytöstä, se ei myöskään tuota yritykselle liikevaihtoa, vaan on kulukustannus. Yrityksen kassavirran täytyy pysyä terveellä

pohjalla, että maksuvalmius kestää yllättäviä ylimääräisiä kuluja. Tämäntyyppiseen tilanteeseen voidaan joutua esimerkiksi suuremman kalustovaurion tapahtuessa tai kuljetussopimuksen ennalta odottamattomaan raukeamiseen yrityksestä riippumattomista syistä.

Kulurakenteellinen kalustoon liittyvä arviointivirhe voi syntyä, jos ei huomioida ajoneuvoille syntyvien ajosuoritteiden todellisia määriä riittävällä tarkkuudella. Tällaisessa tapauksessa voidaan ajautua tilanteeseen, missä yrityksen käytössä olevaan kuljetuskalustoon tulee paljon kilometrejä lyhyessä ajassa ja sen vuoksi ajoneuvojen jälleenmyyntiarvo laskee hyvin nopeasti, mikä aiheuttaa haasteita ajoneuvokannan uusimisen suhteen. Toinen merkittävä tekijä on polttoaineen kasvava kulutus ja siitä aiheutuvat kustannukset.

Kuljetussopimuksia tehdessä täytyy ottaa huomioon mahdolliset polttoaineiden hintojen nousut ja varautua niihin neuvottelemalla sopimukseen polttoaineklausuuli. Tällä tarkoitetaan sopimuksen hinnan tarkastamista tietyin aikaväleihin polttoaineen hintakehityksen mukaisesti. Mitä lyhyempi tarkasteluväli saadaan kuljetussopimukseen neuvoteltua, se on aina parempi kuljetusyrittäjälle. Polttoaineen osuus kuljetusyrittäjien kustannusten rakenteissa vaihtelee suoritealojen mukaan. Lyhyitä matkoja vähäisillä kilometri suoritteilla kuljetuksia toteuttavilla yrityksillä polttoaineiden kulurakenne ei ole merkittävä, mutta vastaavasti suurilla ajosuoritteilla polttoainekulut voivat olla tietyillä suoritealoilla kolmekymmentä prosenttia kuljetusyrittäjien kokonaiskustannuksista (Viitala 2020, 18).

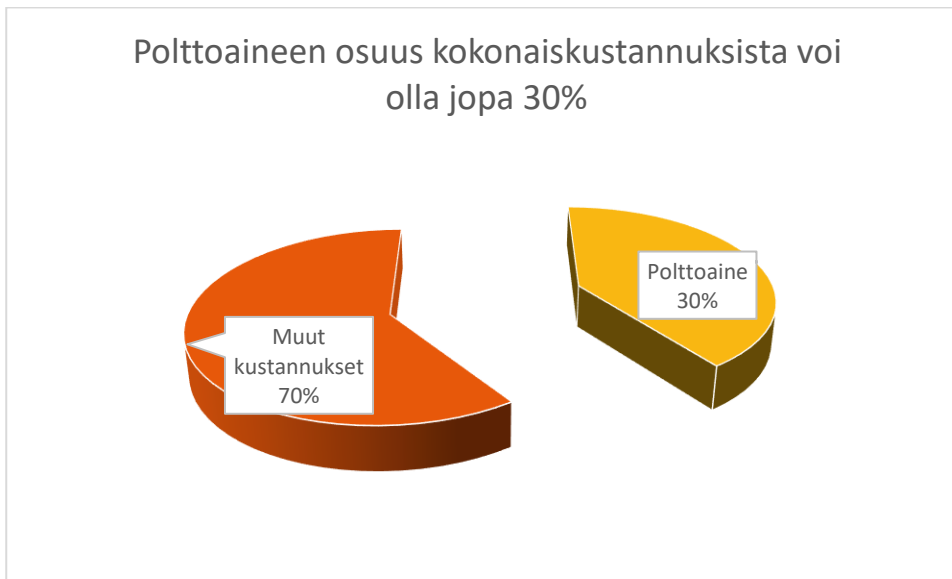
## **2.3 Polttoaineiden hintojen nousun aiheuttamat haasteet**

Kuljetusalalla on eletty erittäin haastavia aikoja viimeisten vuosien ajan. Dieselin hintakehitys on ollut todella voimakasta Venäjän hyökättyä Ukrainaan 24.2.2022. Tästä syystä Suomen hallitus myönsi kuljetus- ja työkoneyrittäjille määräaikaisen polttoainetuen (Finlex 2022). Tällä päätöksellä valtiolta halusi varmistaa kotimaisten yritysten pärjäämisen, suurien taloudellisten kustannusten äkillisen nousun vallitessa. Erityisesti polttoaineen nopea hinnannousu oli valtaisa toiminnallinen haaste kaikille liikenteen alan toimijoille.

Täytyy kuitenkin muistaa, että fossiiliset polttoaineet ovat kallistuneet vuosien varrella ennen so-  
taakin ja ilmiö on ollut maailmalaajuinen. Kuljetusliikkeiden kustannuksien jakautuminen voi kui-



tenkin olla hieman toisenlainen eri kansallisuuksien välillä. Yhdysvalloissa polttoaineen kustannukset ovat 24 % kuljetusyrityksen kokonaiskustannuksista (Williams & Murray 2020, 22), kun Suomessa tietyillä suoritealoilla se voi olla 10–15 % suurempi. Koska fossiiliset polttoaineet tuottavat ilmastolle haitallista hiilidioksidia, on liikenteelle löydettävä vaihtoehtoisia polttoaineita ja sen vuoksi uusiutumattomat hinnoitellaan korkeaksi ja siirtymää avustetaan myös poliittisilla päätöksillä.

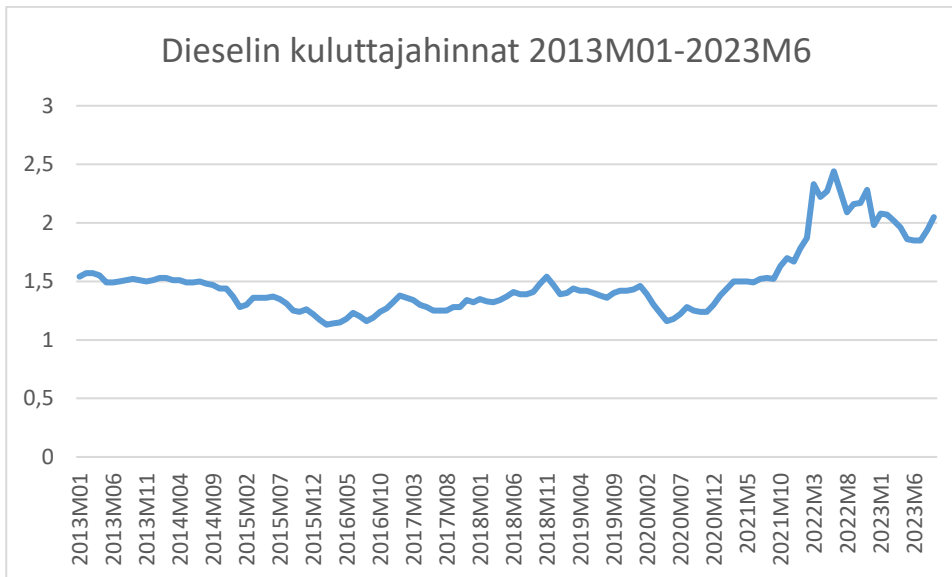


Kuvio 5. Polttoaine on merkittävä kustannuserä (Viitala 2020).

Lähestulkoon kaikilla suurilla raskaankaluston valmistajilla alkaa olla mallistoissaan vaihtoehtoja perinteisille dieseliä käyttäville kuorma-autoille. Vaihtoehtoisten käyttövoimien osuudet kuorma-autojen kokonaiskannasta Suomessa ovat vielä tällä hetkellä todella pieniä, noin 6 %, mutta lähivuosina siirtyminen fossiilitonta polttoainetta käyttävään kalustoon tulee olemaan todella nopeaa. Liikenne- ja viestintäviraston asettama kansallinen tavoite vaihtoehtoisten energiamuotojen osuudelle vuoteen 2030 mennessä on 40 prosenttia (Norja 2023, 11).

Polttoaineen kulutukseen kiinnitetään huomiota todella paljon kuljetusyrityksissä. Autonvalmistajat pyrkivät kehittämään polttoainetaloudellisempia moottoreita, ja kuljettajia koulutetaan sekä motivoidaan ekologiseen ajotapaan. Ajonopeudella on suurin yksittäinen merkitys polttoaineen kulutuksen suhteen, jonka vuoksi useissa yrityksissä on määritelty suurin sallittu ajonopeus.

Alalla vallitsevaa haastavaa hintakehitystä täytyy lähestyä tehostamisen näkökulmasta, koska kuljetusalan korkeat kustannukset ovat hyvin todennäköisesti tulleet jäädäkseen. Yleensä pienten kuljetusyrityksien rajalliset taloudelliset resurssit voivat olla haasteena energiatehokkuuden parantamisessa, verrattuna isompiin toimijoihin (Haavikko 2023, 12). Optimointi viitekehyksessä mainittujen muuttuvien tekijöiden suhteen ovat tutkimuksen keskiössä.



Kuvio 6. Dieselin hurja hinnankehitys vuosikymmenessä (Tilastokeskus 2023).

## 2.4 Auto- ja kuljetusalan työvoimakustannusten kehitys

Työvoimakustannukset ovat nousseet Suomessa viimeisten vuosien aikana kaikilla aloilla. Auto- ja kuljetusalan työntekijät kuuluvat yksityisen sektorin piiriin ja heidän palkkojensa nousu on ollut muutaman prosenttiyksikön luokkaa viimeisten vuosien aikana. Tutkimuksessa ei verrata palkkojen kehitystä suhteessa mahdolliseen kuljetustaksojen nousuun, koska tutkijalla ei ole tarkkaa tietoa hinnoista, eikä se ole tutkimuksen keskiössä.

Raakapuukuljetukset ovat erityisosaamista ja ammattitaitoa vaativia kuljetuksia, jonka vuoksi puutavara-auton kuljettajille maksetaan myös nosturilisää 5 %, joka lisätään tuntipalkkaan samalla laskutoimituksella, kuin ilta- ja yölisät. Iltalisä on kuljetusalan työehtosopimuksen mukaan 15 % ja yölisä 20 %. Iltalisää maksetaan ajalta klo.18.00–22.00 ja yölisään oikeuttavia tunteja ovat 22.00–06.00. Sunnuntaityöstä autoalantyöehtosopimus noudattaa yleisesti käytössä olevaa 100 % koro-

tettua korvausta. Palkkojen, sekä ilta-, yö- ja sunnuntaillisten kustannusrakenne on sen verran merkittävä, sekä suuressa roolissa yritysten tuottavuuden keskiössä, joten tutkimuksessa on syytä tarkastella palkkojen kehitystä viimeisen kymmenen vuoden aikana.

Henkilöstökulut ovat toiseksi suurin yksittäinen kustannuserä keskikokoisissa kuljetusyrietyksissä. Kulujen hallinta henkilöstön suhteen on avainasemassa kannattavuuden suunnittelussa ja toteutuksessa. Alla olevassa pylväskaaviossa on verrattu Auto- ja kuljetusalan palkkojen kehitystä vuosilta 2013 ja 2023. Tarkastelujakson pituudeksi valikoitui kymmenen vuotta, koska silloin pysytään lähihistoriassa, eikä kuljetusalalla ole tapahtunut mitään mullistuksia vuosikymmenessä koronaa lukuun ottamatta. Tämän tarkastelujakson aikana on tullut palkkoihin mukaan myös HCT-lisä, joten ei ole relevanttia lähteä laajentamaan tutkimusta tämän pidemmälle ajanjaksolle. Tutkimustyössä ei ole tarkoitus vähätellä koronan aiheuttamia ongelmia ja haasteita myös kuljetusalan toiminnassa, mutta tilastojen valossa tavarankuljetukset ovat tietyillä suoritealoilla jopa kasvaneet koronapandemian aikana.



Kuvio 7. Kuljetusalan palkat ovat nousseet kymmenessä vuodessa (Tilastokeskus 2023).

Kuten yllä olevasta kaaviosta voidaan todeta, on kaikilla työkokemusvuosilla tuntipalkka noussut tarkasteltavalla ajalla yli kaksi euroa tunnille. Prosentuaalisesti palkkojen keskiarvo on noussut hieman alle 16 prosenttiyksikköä. Tutkija laski palkkojen keskiarvon kaikkien työkokemusvuosien vä-

lillä vuosilta 2013 ja 2023, koska sen avulla saadaan riittävän kattavasti selvitettyä kaikkien työntekijöiden palkkakustannukset, myös kokemuslisät huomioituna. Työnantajalle tulee tuntipalkan lisäksi myös muita lakisääteisiä maksuja. Alla olevassa taulukossa on Excelin taulukko-ohjelmalla suoritettujen laskutoimitusten tulokset työtuntien keskiarvolle:

Taulukko 2. tuntipalkkojen keskiarvo 2013 ja 2023 (Tilastokeskus 2023).

Työkokemus	2013	2023	Muutos vuosittain %
alle 4 vuotta	13,58 €	15,76 €	1,605
4–8 vuotta	13,74 €	15,93 €	1,593
8–12 vuotta	14,19 €	16,39 €	1,550
yli 12 vuotta	14,52 €	16,73 €	1,522
Keskiarvo:	14,01 €	16,20 €	1,567

Yllä olevan taulukon tuntipalkan keskiarvolla, sekä aikaisemmassa kappaleessa mainittujen vuorokausilisien arvoilla, Excel-taulukkoon on laskettu puutavara-auton kuljettajan kokonaispalkkakustannus. Tähän alla olevaan taulukkoon on huomioitu kaikki kuljettajan tuntipalkkaan kohdistuvat lisät, sekä työnantajan sivukulut:

Taulukko 3. Puutavara-auton kuljettajan palkkakulut.

Puutavara-auton kuljettajan tuntipalkka									
Kuljettajan palkka		Kuormainlisä		Iltatyölisä		Yötyölisä		Sivukulut	Palkkakulut yhteensä
€/h	16,20 €	5 %	0,81 €	15 %	2,43 €	20 %	3,24 €	9,72 €	34,02 €

Tuntipalkan lisäksi yritys on velvollinen maksamaan työntekijän palkkaan liittyviä oheiskustannuksia. Yleisesti näistä oheiskustannuksista käytetään nimitystä: palkan sivukulut. Sivukulujen rakenne vaihtelee hieman aloittain, koska tietyillä ammateilla on työnvaativuuden vuoksi erilaisia lakisääteisiä määräyksiä työ- ja turvavarusteiden määräyksiin suhteen. Myös aloilla, joilla on suuri tapa-

turman vaara ja niistä johtuvia sairaslomia, on suora vaikutus työnantajan oheiskustannuksille. Sivukulujen kertoimena pidetään yleensä noin 1,5–1,7 bruttopalkasta, mikä on totuuden mukainen laskettaessa todellisia toteutuneita palkkakustannuksia. Kuljetusalalla työntekijä on suuressa roolissa suhteessa yrityksen tuottavuuteen, koska yleensä kuljettajat toimivat suurimman osanajasta yksin työvuorossaan ja tekevät itsenäisiä päätöksiä kuljetusketjun ja työnantajan parhaaksi. Kuljettajan on löydettävä sisäinen yrittäjyys itsestään logistiikka-alalle työllistyessään

*”Työnantajalle koituvien kustannusten suuruuteen, esimerkiksi vakuutusmaksujen määrään voi mahdollisesti vaikuttaa työntekijöiden ikärakenne, työsuhteen kesto ja maksetun palkan määrä”* (suora lainaus). (Vero 2023).

Palkkojen lakisääteiset oheiskustannukset määräytyvät alla olevan taulukon mukaisesti (suora lainaus):

Taulukko 4. Työnantajan oheiskulut (Vero2023).

Verohallinnolle maksettavat	2023
Työnantajan sairausvakuutusmaksu	1,53 %
Vakuutetun sairausvakuutusmaksu	
Sairaanhoidomaksu palkka- ja yrittäjätuloista	0,60 %
	1,36 %
Päivärahamaksu	0,00 %, jos tulot ovat alle 15 703 euroa.
Ns. minipidätys (sairaanhoido- ja päivärahamaksu)	1,96 %, jos tulot ovat vähintään 15 703 euroa.
	0,60 %, jos tulot ovat alle 15 703 euroa.
Sairaanhoidomaksu eläke- ja etuustuloista	1,57 %
YEL-yrittäjän päivärahamaksun korotus	0,23 %
YEL-yrittäjän korotettu päivärahamaksu	1,59 %
Työeläkevakuutusmaksu (TyEL)	
<p><b>Työnantajan on otettava työeläkevakuutus 17–68-vuotiaille työntekijöille, joiden kuukausiansio ylittää vakuuttamisvelvollisuuden alarajan. Sekä työnantaja että palkansaaja maksavat työeläkevakuutusmaksua. Työnantajana sinun pitää periä työntekijän osuus palkanmaksun yhteydessä. Maksa sekä työntekijän että työnantajan osuus työeläkevakuutusyhtiölle.</b></p>	

Vakuutusyhtiölle maksettavat	2023
Työntekijän eläkevakuutusmaksu: 17–52-vuotiaat	7,15 %
Työntekijän eläkevakuutusmaksu: 53–62-vuotiaat	8,65 %
Työntekijän eläkevakuutusmaksu: 63–68-vuotiaat	7,15 %
Sopimustyönantajan eläkemaksu keskimäärin	17,39 %
Sopimustyönantajalla tarkoitetaan työnantajaa, jolla on palveluksessaan jatkuvasti henkilökuntaa.	
Työnantajan merimieseläkevakuutusmaksu (MEL)	11,40 %
Työllisyysrahastolle maksettavat	2023
Työnantajan osuus	0,52 %, jos palkkoja maksettu enintään 2 251 500 euroa
	2,06 %, jos palkkoja maksettu yli 2 251 500 euroa
	0,52 %, osaomistajan maksu (palkkojen määrästä riippumatta)
Työntekijän osuus	1,50 %
Osaomistajan osuus	0,75 %

*”Työnantajan keskimääräinen maksu vuonna 2023 on noin 17,4 prosenttia” (Sosiaali- ja terveysministeriö 2023).*

### 3 Selvitys aiheen nykytilanteesta

#### 3.1 Kuljetusliike Eskolan kustannusrakenne

Tutkija esitti haastattelupyynnön tutkimustyön toimeksiantajalle Pasi Eskolalle, koska tutkimukseen oli tarpeellista saada tietoa toteutuneiden kustannusten osalta. Haastattelussa peilataan myös nykypäivän kuljetusliikkeiden toimintaedellytyksiä kymmenen vuoden ajalta eteenpäin kohti

tulevaisuutta, sekä pohditaan tämän hetken haasteita ja mahdollisuuksia kuljetusliikkeen kustannusrakenteiden osalta.

Kuljetusyrittäjän näkemys kustannusten rakenteeseen viimeisen kymmenen vuoden ajalta on positiivinen. Vaikka rakenteellisia muutoksia on tapahtunut, ei kannattavuus ole merkittävästi muuttunut. Yhtenä esimerkkinä rakenteellisille muutoksille voidaan ottaa tarkasteltavaksi työvoimakustannukset suhteessa polttoainekustannuksiin. Aikaisemmin työvoima oli suurin menoerä keskikokoiselle raakapuukuljetuksia suorittavalle kuljetusyritykselle ja seuraavaksi merkittävin kustannus polttoaine. Nykyään tilanne on kääntynyt toisinpäin. Tästä muuttuneesta asetelmasta huolimatta, siitä ei ole aiheutunut ongelmaa Kuljetusliike Eskola Oy:lle, koska Metsähallituksen kuljetussopimuksessa määritellään polttoaineen hintaindeksin tarkistaminen kerran kuukaudessa ja Metsä Groupilla kahden viikon välein. Viimeisten vuosien aikana polttoainekustannukset ovat määrittäneet vuositasolla noin 35–40 % välille ja työvoimakustannukset noin 30 %. Muiden kustannusten osuus on noin kolmannes kaikista yrityksen kokonaiskustannuksista.

Yksi merkittävä kuljetuskalustoon liittyvä hintojen nousu on tullut 2020 koronapandemian ajalta. Ennen koronaa uuden puutavarayhdistelmän eli auton, - perävaunun, - ja nosturinhinta on ollut noin 400 000 €. Koronan aiheuttaman, valmistukseen käytettävien osien hintojen nousun takia, puutavarayhdistelmän hinta on nykyisin noin 450 000 €. Uuden puutavaravarusteisen täysiperävaunuyhdistelmän hankintahinta on noussut 12,5 % ja tämänkaltaista kaluston osalta kasvanutta kustannuserää on vaikeaa saada lisättyä jatkossa tehtäviin kuljetussopimuksiin. Uuden hankitun kaluston odotusajat ovat pitkiä, sekä lisäksi varaosien saatavuudessa on ollut vaikeuksia koronan jälkeen ja myös niiden hinnat ovat nousseet huomattavasti.

Kuljetusalan kilpailukykyä haluttiin parantaa ja sen vuoksi valtioneuvosto asetti uudet tieliikenteen suurimmat sallitut kokonaismassat (Finlex 2013). Tämä oli hallituksen ajama muutos, jonka avulla oli mahdollista tehostaa tieliikenteessä tapahtuvien kuljetuksien kustannustehokkuutta yrityksiä, - teollisuutta, - ja ympäristökannalta. Suuremmilla kokonaismassoilla ajettaessa pystytään toimittamaan enemmän hyötykuormaa kuljetusyksiköittäin, minkä vuoksi ajoneuvokalustoa tarvitaan vähemmän ja kustannukset laskevat yksikköä kohden. Myös hiilidioksidipäästöjä on saatu vähennettyä merkittävästi lainmuutoksen voimaan tultua. Tulevaisuudessa raskaankaluston hiilidioksidipäästöihin tullaan puuttamaan entistä voimakkaammin lainsäädännöllä (Valtioneuvosto 2023).

### 3.2 Haasteet kuljetusten suunnittelussa

Tähän aiheeseen liittyen on haastateltu Kuljetusliike Eskolan, kuljetusesimies Juha Hartikkaa. Kuljetusliike Eskolan toimintatapa lähiliikenteessä on sellainen, että nosturia pidetään autossa mukana koko ajan. Lähiliikenteellä tarkoitetaan noin kahdeksankymmenen kilometrin etäisyyttä raaka-ainatuotantopaikasta. Hyvin usein lähietäisyydellä kuljetuksia suoritettaessa puutavaran nostopaikat vaihtuvat useammin, kuin pidemmiltä etäisyyksiltä ajettaessa. Tämä selittyy Koillismaalla sijaitsevien Metsähallituksen, kokoluokaltaan huomattavasti suurempien hakkuuleimikoiden maantieteellisestä sijainnista.

Vastaavasti Oulun alueella ja länsirannikolla kuljetetaan pääsääntöisesti Metsä Groupin puutavaraa, jotka ovat hakattu yksityismetsistä ja silloin puukertymät ovat pienempiä leimikkokohtaisesti, mikä on suoraan verrannollinen puutavaravarastojen suuruusluokkaan. Koillismaalta on molempiin tehtaisiin, Ouluun sekä Kemiin reilusti yli satakilometriä, joten silloin nosturi jätetään aina mahdollisimman lähelle puutavaravarastoa kuin se vain on mahdollista. Tällä toimenpiteellä saadaan hyötykuorman osuus optimaaliseksi, kun kuormausnosturin 4 tonnin omapaino ei vie kantavuutta yhdistelmäkokonaisuudesta.

Haasteena kuljetusten päivittäisessä suunnittelussa on tiuhaan vaihtuvat puutavaravarastot. Erityisesti Metsä Groupin puita ajettaessa, koska pieniltä puutavaravarastoilta ei saada kuin muutamia kuormia, joudutaan hakemaan täydennystä toiselta varastolta. Siirtymiseen käytettävät etäisyydet voivat olla kymmeniä kilometrejä ja osittain kuormatulla puutavarayhdistelmällä ei useinkaan voida mennä suoraan uudelle varastolle, vaan kuormaa joudutaan siirtämään vetoautosta perävaunuun. Tämä aiheuttaa palkkakustannuksia, lisääntyneitä polttoainekulutusta ja vähentää kuljettajan ajoaikalainsäädännön mukaista tehokasta ajankäyttöä (Finlex 1990). Lisäksi puutavaranostrille on välillä vaikeaa löytää sopivaa jätöpaikkaa, koska yksityisteillä ei ole yhtä laadukasta metsätieinfraa kuin Metsähallituksella.

Talvisin alati muuttuvat olosuhteet lisäävät vaikeuskerrointa pohjoisessa-suomessa toimivilla puutavarantoimittajilla. Puutavaraa joudutaan ajamaan usein todella huonokuntoisilla metsäautoilla, sekä erityisen haastavilla matalan hoitoluokan maanteillä. Valitettava tosiasia on, että Suomen tieinfra on heikentynyt huomattavasti kahden vuosikymmenen ajanjaksolla. Eikä tämä koske pelkästään teidenpäällysteitä, vaan myös talvikunnossapitoa, joka koskettaa erityisesti pohjoisen raskasta liikennettä. Tästä asiasta ei ole kirjoitettu mediassa kovinkaan aktiivisesti, mutta



tutkijoiden kohteena se on ollut pidemmän aikaa. Manu Marttinen on tehnyt asiasta tutkimuksen diplomityöhönsä ja siinä hän osuvasti toteaa: *”Kunnossapito ja ylläpito ovat asioita, joista ei perinteisesti olla kovin kiinnostuneita investointihanketta suunniteltaessa ja toteutettaessa”* (Marttinen 2015, 29). Marttisen tutkimuksesta on selvästi havaittavissa uusien tieinfra investointien puutteellinen kunnossapitoseelvitys kohteiden valmistumisen jälkeen.

Kuljetusesimiesten täytyy tarkkailla mahdollisia varavarastoja alituisesti, koska talviajalle tyypillinen lumentulo, liukkaus tai talviteiden pettäminen voivat keskeyttää puutavarankuljettamisen hyvin nopeasti. Tällöin joudutaan turvautumaan korvaaviin varastoihin, jotta kuljetukset voivat jatkaa keskeytyksettä. Puutavaravarastojen reaaliaikaisessa seurannassa suurena apuna on LogForce. Kyseinen käyttöalusta on räätälöity erityisesti metsäalan kuljetusyrittäjille, ja se tarjoaa ominaisuuksia lokikuormituksen seurantaan, skaalaukseen ja raportointiin. Se auttaa tehostamaan puunkorjuuseen ja kuljetukseen liittyviä työvaiheita. Ohjelmisto sisältää ominaisuuksia, kuten hakkuiden reaaliaikainen seuranta, varastonhallinta ja raportointityökalut, jotka optimoivat päätöksentekoa metsäyhtiöiden operatiivisessa toiminnassa. (Heikkinen 2018, 23.)

Alla olevasta karttapohjasta on havaittavissa Metsähallituksen puutavaravarastoja, sekä varastojen suuruusluokat ja alueella liikennöivät Kuljetusliike Eskolan puutavarayhdistelmät:



Control. TFMC: järjestelmä kerää tietoa useasta paikasta ja laskee energiatehokkuuden tuloksen perusteella (Palander & Kärhä 2019, 7–8), sitä voidaankin kutsua ERP: järjestelmäksi, koska tiedonhallinta on niin laajaa. Sen avulla aikataulujen, kaluston ja kustannusten hallinta helpottuu, sekä tehostuu. Käyttöalustan suhteellisen korkean kustannusrakenteen takia ei järjestelmän hankinta ole relevanttia keskisuurissa kuljetusyrityksissä. Tekoälyn yleistyminen kaikkien suoritealojen ajojärjestelyssä on täysin varmaa lähiaikoina, koska sitä on kehitetty pitkään ja tulokset ovat olleet rohkaisevia (Tekoäly logistiikassa 2018, 11–12).

### **3.3 Kuljetusliike Eskola Oy:n keinot kustannusten vähentämiseksi**

Kannattavuuden raja-arvona nosturin autosta pois jättämiselle on ennen tutkimusta ollut käytössä noin 80 kilometriä puunjalostuslaitokseen. Sen ylittävillä etäisyyksillä on nosturi jätetty lähimmälle mahdolliselle paikalle. Tutkimuksen yksi muuttuva tekijä onkin auton siirtyminen tehtaalta kuormaamattomana takaisin lastauspaikalle, koska polttoaineen kulutus on suurempi nosturin kanssa ajettaessa ja sen vuoksi pidentyvä matka aiheuttaa kertautuvasti lisääntyvää polttoaineen kuluusta ajettaessa nosturin kanssa. Myöskään varastojen vaihtuvuuden takia nosturia ei ole järkevää aina jättää pois auton matkasta. Kannattavuuden erotuksen marginaali ajettaessa nosturin kanssa tai ilman, on niin pieni että ylimääräisiä kilometrejä ei kannata nosturin noudon vuoksi kustannustehokkuuden nimissä ajaa käytännössä ollenkaan. Kuljetuskaluston reittien optimoimiseksi varastopaikkojen välillä käytetään edellä mainittua LogForce käyttöalustaa, jonka avulla pystytään suunnittelemaan kuljetukset tehokkaasti (Heikkinen 2018).

Suomessa on markkinoilla kahta erityyppistä puutavaranosturia: suorapuomi, - ja Z-puomirakenne. Eroavaisuus näiden nostureiden välillä on kuljetusasento. Suorapuominen nosturi laitetaan kuljetuksen ajaksi pitkäksi kuormatilaan, kun taas vastaavasti Z-puominosturi on niputettuna auton perässä. Suorapuominen nosturi ei erilaisen kuljetusasennon vuoksi käytännössä lisää kuluusta, vaan lisääntyvä kulutus koskee ainoastaan Z-puomista nosturimallia. Tämä johtuu Z-puomi puutavaranosturin rakenteesta, joka kuljetusasennossa lisää huomattavasti ilmanvastusta. Molemmat nosturimallit painavat saman verran eli kokonaisuudessa kasvaa puutavaravarusteisessa täysi-perävaunuyhdistelmässä 4 tonnia nosturimallista riippumatta, mutta se ei ole niin ratkaiseva tekijä polttoaineen kulutukselle, että siihen olisi tarvetta keskittyä tutkimuksessa.



Kuvio 9. Z-puominen puutavaranoستuri kuljetusasennossa.

Yllä olevasta kuvasta on havaittavissa ilmanvastusta aiheuttava nosturin rakenne kuljetuksen aikana.

Visuaalisen havainnollistamisen vuoksi tutkimukseen on lisätty kuva (kuvio 10) suorapuomisen puutavaranoستurin rakenteesta kuljetusasennossa:



Kuvio 10. Suorapuominen puutavaranosturi kuljetusasennossa.

Suorapuominen puutavaranosturi on ollut markkinoilla kymmeniä vuosia ja sitä voisikin kutsua perinteiseksi nosturimalliksi. Syynä Z-puomisen puutavaranosturin yleistymiseen on lisääntyvä kuormatila ja parantunut työntekijän ergonomia tehtaalla kuormaa purettaessa. Suorapuominosturi täytyy käydä siirtämässä sivuun kuormatilasta, jotta purkukone pystyy nostamaan puutavaraniput pois kyydistä, kun vastaavasti Z-nosturia ei tarvitse siirrellä tehtaalla, vaan se voi olla kuljetusasennossa autontakaosassa. Tämä lisää kuljettajan ergonomiaa ja työturvallisuutta purkupaikalla työskennellessä.

Suurin syy Z-nosturien kasvavaan suosioon on ollut kuormatilan saaminen kokonaisvaltaisesti optimaaliseen hyötykäyttöön. Puutavarakuljetuksien taksataulukko määräytyy kuljetettavien tonnimäärien suhteessa ajettuihin kilometreihin, joten kuljetuskapasiteetti on tarpeellista saada hyödynnettyä mahdollisimman tarkasti. Raskaankaluston massojen nousun jälkeen 2013 tuli uusi ilmiö esiin raakapuukuljetuksissa, enää ei välttämättä saatukaan kaikilla puutavaralajeilla kokonaismassoja suurimpaan sallittuun 76 tonniin. Perinteiselle suorapuominosturille täytyy jättää kohtuullisen suurikokoinen ”kolo” kuormatilaan, jotta nosturipuomi ei jäisi liian korkealle kuormattuna ajattaessa. Suomessa on käytössä 4,40 metrin kokonaiskorkeus ja sen ylittävät rakenteet ja kuormat, ovat automaattisesti erikoiskuljetuksia. (Finlex 2013.)

Matalat sillat voivat saada aikaan merkittäviä kalustovaurioita, jos nosturille ei jätetä riittävästi tilaa kuormatilaan. Sen takia kyseisellä nosturimallilla hävitään hyötykuormassa, kun puutavaran ominaispaino ei ole suuri. Yleensä puutavaralajit joiden kuormista ei saada haluttuja painoja ovat kuivuneita puita, jotka ovat ehtineet olla pidempään varastopaikalla. Z-puominen nosturi on kuljetusasentoon niputettuna autonperäosassa, kuormattuna ja tyhjänä ajettaessa. Siitä syystä se ei vie ollenkaan kapasiteettia puutavara-autonkuormatilasta ja kevyemmilläkin puutavaralajeilla päästään parempaan tulokseen verrattuna suorapuumiseen puutavaranosturiin. Edellä mainituista syistä Kuljetusliike Eskolalla on kalustossaan nykyisin ainoastaan yksi suorapuuminen puutavaranosturi.

## 4 Laskenta

### 4.1 Mittauksen tulokset

**Nosturin kanssa kertyvä työaika:**

Taulukko 5. Nosturin kanssa toteutuneet työajat.

	A	kuljettaja A yht. 30 min.	A	B	kuljettaja B yht. 30 min.	B
	pois: min.		päälle: min.	pois: min.		päälle: min.
	15		17	17		14
	17		13	12		15
	16		12	16		16
<b>Keskiarvo:</b>	16		14	15		15

Mittaustulokset on kerätty kahdelta kuljettajalta: A ja B. Kuljettajien kanssa sovittiin, että he ottavat ajan kolmelta erilliseltä kerralta, kun jättävät nosturin pois ja ottavat takaisin kyytiin. Eli molemmille tuli yhteensä kuusi mittauskertaa. Kuljettajia pyydettiin ottamaan kellonajat ylös kun he suorittivat työvaiheita, jotta ilmoitetut tulokset voidaan varmistaa LogForcesta, ja niiden olevan riittävällä tarkkuudella mitattuja. Tulokset on laskettu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla molempien kuljettajien keskiarvoiksi kummallekin työvaiheelle. Mittaustulokset eivät heitelleet paljon kuljettajien, eikä mittauskertojen välillä, vaan olivat hyvin yhteneväisiä. Molemmilla kuljettajilla mittauksen keskiarvo oli sama: yhteensä 30 min.

### Ajankäytöstä aiheutuvat palkkakustannukset:

Nosturin vuoksi aiheutuneet palkkakustannukset on laskettu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla toteutuneen keskiarvon mukaan. Ilta-, ja yölisiä ei ole huomioitu mukaan tulokseen toimeksiantajan pyynnöstä.

Taulukko 6. Toteutuneet palkkakustannukset.

	<b>nosturi pois:</b>	<b>nosturi päälle:</b>
	<b>6,8040 €</b>	<b>6,8040 €</b>
<b>Yhteensä:</b>	<b>13,61 €</b>	<b>Ilta-, ja yölisät ei ole huomioituna tuloksessa €/työvaihe</b>

### Polttoaineen kulutus:

Polttoaineen kulutuksen tiedettiin olevan suurempi ennen tutkimusta tyhjällä puutavara-autolla nosturin kanssa ajettaessa. Ilmanvastus maantienopeuksilla ajettaessa on niin paljon voimakkaampi Z-puominosturin kanssa, että polttoaineen kulutus nousee 5 l/ 100 km kun verrataan erotusta nosturittomaan puutavarayhdistelmään. Tutkimuksessa ei ole tarkoituksella otettu huomioon nosturin 4 tonnin ominaispainoa polttoaineen lisääntyntä kulutusta laskiessa. Vaikutus ei ole niin merkittävä ja pahimmillaan se voi johtaa kehitystyötä harhaan kustannustehokkainta ratkaisua analysoitaessa. Tämä oli myös toimeksiantajan määrittelemässä kehityksessä hanketta suunniteltaessa. Kulutukset laskettiin mittauskohteena olevan Scania R 660 8x4 mallin kuorma-auton ajotietokoneella ja tulos varmistettiin: My Scania digitaalisella ajoneuvosovelluksella (My Scania 2013).

### Hyötykuorma:

Raakapuukuljetuksien taksat määräytyvät kuljetettavien tonniin suhteessa ajettuihin kilometreihin puutavaravarastoilta metsäteollisuudenlaitoksiin. Taksataulukoissa on muitakin sopimuksissa huomioitavia korotuksia, mutta niillä ei ole vaikutusta tässä tutkimuksessa. Optimoidessani muutujien erotusta, käytössäni oli Metsähallituksen taulukko: Puutavaran maantiekuljetusten maksut.

Korostan, taulukon taksojen tiedot ovat kertoimella 1. Tutkimuksen lopputulokseen ei ole merkitystä, mikä todellinen kerroin on käytössä Kuljetusliike Eskola Oy:n kuljetussopimuksessa, koska taksojen arvot eivät muuta erotuksen suhdetta.

Kuljetuksien kannattavuutta määriteltäessä tärkeintä on pyrkiä mahdollisimman optimaaliseen täyttöasteeseen eli hyötykuorman osuuteen puutavarayhdistelmän kokonaisuudesta. Ominaispainoltaan kevyellä puutavaralla ei saada 76 tonnin yhdistelmämassoja, joten silloin on järkevää kuljettaa nosturia mukana, koska sen pois jättäminen ei lisää hyötykuorman osuutta. Ilman nosturia hyötykuorma on 55 tonnia ja nosturin kanssa 51 tonnia. Nosturin kanssa ajettaessa hyötykuorma pienenee nosturin kokonaispainon verran, 4 tonnia.

**Tasapainopisteen laskennassa on käytetty Excel-taulukkolaskenta ohjelmistoa:**

Metsähallituksen taksataulun arvot muuttuvat kahden kilometrin sykleissä. Hyötykuorman arvolla 51 tonnia nosturin kanssa on kerrottu taksa toteutuneilla kilometreillä ja siitä vähennetty lisääntynyt polttoainekustannus:  $5 \text{ l}/100 \text{ km} = 0,05 \text{ l}/\text{km}$ .

Hyötykuorman arvolla 55 tonnia ilman nosturia on kerrottu taksa ja siitä vähennetty aiheutuneet palkkakustannukset:  $30 \text{ min} = 13,61 \text{ €}$ .

Alla olevassa taulukossa on nähtävissä tutkimuksen tasapainopiste.



Taulukko 7. Excel-taulukkolaskelman tulokset: Metsähallituksen puutavaran maantiekuljetuksen maksut taulukosta.

Hyötykuorma 51 tonnia			Hyötykuorma 55 tonnia			
Nosturin kanssa			Ilman nosturia			
km	Taksa	€	km	Taksa	€	Erotus €
4	2,20	111,92	4,00	2,20	107,45	4,47
6	2,29	116,50	6,00	2,29	112,56	3,94
8	2,39	121,08	8,00	2,39	117,68	3,40
10	2,48	125,65	10,00	2,48	122,79	2,86
12	2,57	130,23	12,00	2,57	127,91	2,32
14	2,67	134,81	14,00	2,67	133,02	1,79
16	2,76	139,39	16,00	2,76	138,14	1,25
18	2,85	143,96	18,00	2,85	143,25	0,71
20	2,95	148,54	20,00	2,95	148,37	0,17
22	3,04	153,12	22,00	3,04	153,48	-0,36
24	3,13	157,70	24,00	3,13	158,60	-0,90
26	3,22	162,27	26,00	3,22	163,71	-1,44
28	3,32	166,85	28,00	3,32	168,83	-1,97
30	3,41	171,43	30,00	3,41	173,94	-2,51
32	3,50	176,01	32,00	3,50	179,06	-3,05
34	3,60	180,53	34,00	3,60	184,12	-3,58
36	3,69	185,11	36,00	3,69	189,23	-4,12
38	3,78	189,69	38,00	3,78	194,35	-4,66
40	3,87	194,27	40,00	3,87	199,46	-5,19
50	4,34	217,10	50,00	4,34	224,98	-7,88
60	4,80	239,99	60,00	4,80	250,56	-10,56
70	5,27	262,83	70,00	5,27	276,08	-13,25
80	5,73	285,67	80,00	5,73	301,60	-15,93
90	6,20	308,56	90,00	6,20	327,17	-18,62
100	6,66	331,39	100,00	6,66	352,69	-21,30

## 4.2 Kehittämishankkeen laskennan lopputulos

Excel-taulukkolaskelmasta on selvästi havaittavissa hyötykuorman merkitys kumulatiiviseen euro-määräisesti kasvavaan taksakertymään pohjautuen. Laskelman mukaan kilometrirajaksi määräytyi kaksikymmentä kilometriä. Sen yli menevillä kilometreillä puutavaranosturi kannattaa jättää pois matkasta puutavaravarastojen sijainnin sen salliessa. Käytännössä tämä ei ole aina toteutettavissa,

puutavaravaraston vaihtuessa toiseen tai nosturin jättämiseen tarvittavan paikan puuttumisen vuoksi.

Lisäksi kuljettajien täytyy muistaa Metsähallituksen vuosi sitten asettama sääntö. Ylikuormista ei makseta kuljetusliikkeille, vaan kaikkien puutavarayhdistelmien kokonaismassojen täytyy pysyä maksimissaan 76 tonnissa. Metsähallituksen sopimusautoilijoiden ylikuormia ei sallita ja tieliikennelakia rikkovia, liian painavilla kuormilla ajaville autoilijoille langetetaan sanktioita. Ylipainon suuruus tonnimääräisesti määrittää sanktion vakavuuden. Yhdistelmäkokonaisuuden ylittäessä 78 tonnia lyhyellä aikavälillä kolme kertaa, voidaan autoilijalle määrätä kuukauden pituinen ajokielto Metsähallituksen puutavaravarastoille. Kuljettajan täytyy olla täysin varma kuormaa lastatessaan jättääkö hän nosturin pois lastauksen jälkeen, että ylikuormaa ei pääse syntymään. Tämä täytyy ottaa huomioon optimoidessa nosturin kuljettamista.

Lisääntyneet palkkakustannukset nosturin kanssa ovat niin pieni kustannuserä, että tasapainopiste löytyy kahdenkymmenen kilometrin kohdalla käytössä olevilla tiedoilla ja tutkimukselle asetetulla kehyksellä. Ratkaisevaksi tekijäksi nousee suurempi hyötykuorma ilman nosturia. Mitä pidempi matka voidaan 4 tonnia isompaa kantavuutta hyödyntää, sitä positiivisempi taloudellinen merkitys sillä on yritykselle. Tasapainopistettä varmistettiin testaamalla: palkkakustannuksiin lisättiin ilta- ja yölisät ja dieselin litrahintaa laskettiin 20 sentillä. Uusi nosturin kanssa käytetty palkkakustannus lisien kanssa oli 15,78 €. Testauksen tulokset: tasapainopiste nousi 10 km eli uusien arvojen mukainen tasapainopiste oli kolmekymmentäkilometriä. Testauksen perusteella tasapainopiste on noin kaksikymmentäviisikilometriä. Ennen kehittämishankkeen valmistumista oli toimeksiantaja arvioinut kustannustehokkaaksi kilometrirajaksi kahdeksankymmentäkilometriä. Tämän tutkimuksen perusteella se on huomattavasti lyhyempi.

Polttoaineen lisääntynyt kulutus tyhjällä täysiperävaunuyhdistelmällä nosturin kanssa ajettaessa, ei ole niin merkityksellinen, että se kääntäisi tutkimuksen tuloksen lyhyemmille etäisyyksille metsäteollisuudenlaitoksista. Mittauksen tasapainopisteen kohdalla lisääntyneen polttoaineen kulutuksen kustannus on 1,66 € verrattuna puutavarayhdistelmään ilman nosturia. Polttoaineen kulutuksen erotus oli kuitenkin huomattavasti suurempi kuin ennen tutkimusta oli arvioitu.

Tuloksen perusteella ei kiinteiden sovitteiden asentaminen Oulun talousalueella liikennöiviin puutavara-autoihin ole kustannustehokkain ratkaisu, eikä nosturia ole taloudellisesti kannattavaa kuljettaa mukana tehtaalle, mikäli tasapainopisteen etäisyys ylittyy ja on mahdollista jättää se lähelle puutavaravarastoa. Kuljetusliikkeen keskiarvona kaikille vuotuisille raakapuukuljetuksille on satakilometriä. Kuljetusliike Eskola toimittaa vuodessa yhdellä puutavarayhdistelmällä 1400 kuormaa metsäteollisuudenlaitokseen, mikäli etäisyys raakapuubarastoilta on noin satakilometriä. Ellei nosturia jätetä pois on tutkimuksessa saadun tuloksen mukaan 80 km:n kohdalla arvo -15,08 €. Tämä kerrottuna kuljetussuoritteiden määrällä tuloksi saadaan vuodessa -21 112 €. Tässä laskutoimituksessa on käytetty kerrointa 1. Jos nosturi jätetään, kertyy toimenpiteestä aiheutuvia palkkakustannuksia 700 tuntia = 19 054 €. Yksikkökohtaisiksi kuljetustapahtumiksi laskettuna nosturin kanssa joudutaan tekemään 102 kpl. kuljetuksia, että saadaan siirrettyä sama määrä raakapuuta tehtaiisiin, kuin 4 tonnia suuremmalla hyötykuormalla liikennöivä puutavarayhdistelmä ilman nosturia. Suuremmalla hyötykuormalla vähennetään ympäristöä kuormittavia hiilidioksidipäästöjä, kun suoritteita tulee kuljetusyksikköä kohden vähäisempi määrä. Toimeksiantaja on tutkimuksen ainoa osapuoli, joka pystyy analysoimaan näiden laskelmien perusteella kustannustehokkuutta, koska tutkimuksen tulokset ovat laskettu kertoimella 1.

## 5 Pohdinta

Kaikki tutkimuksessa käytetyt työskentelytavat ja menetelmät noudattavat eettisiä arvoja, sekä tieteellistä rehellisyyttä. Raakapuun kuljettamiseen liittyvää ammatillista syventävää kirjallisuutta on saatavilla suhteellisen vähän, joten tutkimuksen lähdeaineistoon täytyi hakea tietoa laajasti eri materiaaleista. Tutkimuksen lähteinä on pyritty käyttämään ensisijaisia, sekä luotettavia lähteitä. Tutkija suhtautui lähdemateriaaleihin tutkivasti ja kriittisesti. Tutkijan mielestä lähteissä oli tutkimukselle tarpeellista tietoa ja kirjoittajien näkemys objektiivinen. Havaittavissa ei ollut myöskään erilaisten sidosryhmien tai ideologioiden vastakkainasettelua.

Opinnäytetyön ohjaajalta tutkija sai aina tarvitsemiaan neuvoja, sekä tukea ja verkkopalavereita pidettiin matalalla kynnyksellä. Toimeksiantaja suhtautui tutkimustyöhön positiivisesti, sekä antoi tutkimukselle tarpeellisia tietoja ja ammatillista osaamista.

Joitakin tutkimuksen ulkopuolelle rajattuja muuttujia on syytä nostaa esille, mitkä vaikuttavat kokonaisuuteen ja tasapainopisteen siirtymiseen käytännön työssä pidemmälle etäisyydelle metsäteollisuudenlaitoksista. Tutkimuksessa saadut tulokset eivät esitä absoluuttista totuutta. Tutkija ei epäile laskutoimituksissa saatuja arvoja tai tutkimuksessa käytettyjä lähteitä, vaan mahdollisuuksia käytännön toteutuksessa. Jos puutavara-auto pystyisi jättämään nosturin suoraan lastauksen jälkeen puutavaravarastolle, olisi mittauksissa löydetty tasapainopiste totuudenmukainen, mutta se on mahdollista erittäin harvoin. Erotuksen arvot ovat niin marginaaliset, että nosturia ei ole kannattavaa jättää sellaiseen paikkaan minkä vuoksi jouduttaisiin poikkeamaan reitiltä, kun siirrytään tehtaalta seuraavalle puutavaravarastolle. Mittauksissa ei otettu huomioon lisääntyvää polttoaineen kulutusta, mikä mahdollisesti aiheutuu nosturia pois otettaessa. Tämä on suoraan verrannollinen paikkaan mihin puutavaranosturi jätetään. Poikkeaminen reitiltä maantienopeuksilta nosturin jättämisen vuoksi, lisää polttoaineen kulutusta kiihdytettäessä takaisin kahdeksankymppin nopeuteen. Hetkellinen kulutus kiihdytyksen aikana on noin neljäsataa litraa.

Poikkeaminen kerryttää myös lisää palkkakustannuksia. Nosturin kanssa syntynyttä ajankulua mittaessa ei huomioitu reitiltä poikkeamisesta aiheutunutta ajanmenetystä. Ajanmittaaminen aloitettiin, kun puutavara-auto oli pysähtynyt ja työvaihe nosturin kanssa alkoi ja mittaaminen loppui, kun työvaihe oli valmis. Tuntipalkkaan sisältyviä ilta- ja yöisiä ei otettu huomioon mittauksissa. Tasapainopisteen testaaminen varmistettiin sisällyttämällä ilta- ja yölisät tuntipalkkaan ja uusilla arvoilla tasapainopiste nousi kymmenen kilometriä, joten merkittävää eroa ei tuntikohtaisilla lisillä tutkimuksen tulokseen ollut.

Tutkimuksen tulokset voivat vaikuttaa Kuljetusliike Eskolan toiminta strategiaan tulevaisuudessa. Eskolalla on suunniteltu strategista muutosta käytössä olevaan kuljetuskalustoon. Tämä tarkoittaisi Oulun talousalueella raakapuun kuljetuksia suorittavan kaluston, nosturien sovitteiden muuttamista hydrauliiikan osalta. Sovitteiden muutoksen jälkeen nosturia ei jätettäisi pois tehtaalle mennessä, vaan se kulkisi auton mukana. Tällainen ratkaisu määrittäisi kiinteänosturisen kaluston pelkästään tehtaiden lähetyvillä tapahtuvaan puunkuljetukseen, joten kyseessä olisi erittäin radikaali muutos, joka vaatii tarkan arvioinnin ennen päätöstä.

## Lähteet

4.8.2022/763. Laki kuljetusalan yritysten määräaikaisesta polttoainetuesta. Finlex www-sivu. Viitattu 11.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/763>

06.06.2013/407. Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta. Finlex www-sivu. Viitattu 5.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407>

19.01.1990/61. Laki tieliikenteen ajo- ja lepoajoista. Finlex www-sivu. Viitattu 16.11.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1990/19900061>

Bensiinin ja dieselin hinnankehitys. 2023. Polttonesteiden kuluttajahinnat. Tilasto. Tilastokeskuksen www-sivu. Viitattu 10.11.2023. <https://www.tilastokeskus.fi/tutkimus/bensiini-ja-dieselin-hinnankehitys-2023>

Burnham, A., Canice, H., & Morrison, G. 2020. Guide to Calculating Ownership and Operating Costs of Department of Transportation Vehicles and Equipment: An Accounting Perspective. Tutkimus. Viitattu 11.11.2023. [Burnham, A., Canice, H., & Morrison, G. 2020. National Academies](https://www.nationalacademies.org/publications/2020/guide-to-calculating-ownership-and-operating-costs-of-department-of-transportation-vehicles-and-equipment)

Hakkuut vähenivät 75 miljoonaan kuutiometriin vuonna 2022. Uutinen. Luonnonvarakeskuksen www-sivu. Viitattu 2.11.2023. <https://www.lvkeskus.fi/uutiset/hakkuut-vaehenivat-75-miljoonaan-kuutiometriin-vuonna-2022>

Hallitus kannattaa tiukennuksia raskaankaluston CO<sub>2</sub>-päästöihin-biokaasuhuomioitava. 2023. Valtioneuvoston www-sivu. Tiedote. Viitattu 14.11.2023. <https://www.valtioneuvosto.fi/-/1410829/hallitus-kannattaa-tiukennuksia-raskaankaluston-co2-paastoihin-biokaasuhuomioitava>

Haavikko, H. 2023. Improving the energy efficiency of wood harvesting in Finland. Väitöstutkimus. Viitattu 19.11.2023. [Haavikko, H. 2023. Väitöstutkimus](https://www.haavikko.fi/vaitostutkimus)

Heikkinen, K. 2018. Kuljetustoimintojen kehittäminen. AMK Opinnäytetyö. Theseus www-sivu. Viitattu 17.11.2023. <https://www.theseus.fi/uuid/1410829>

KK345/1991. Kansanedustaja Maija Raskin kirjallinen kysymys eduskunnassa Kemijoen uiton lopettamisen vaikutuksista. Eduskunnan www-sivu. Viitattu 4.11.2023. <https://www.eduskunta.fi/KK3451991>

Kotikangas, K. 2021. Toiminnanohjausjärjestelmän kehityksen ja modernisoinnin ongelmat. AMK opinnäytetyö. Theseus www-sivu. Viitattu 11.11.2023. <https://www.theseus.fi/handle/10024/10024>

Kärhä, K & Palander, T. 2019. Improving Energy Efficiency in a Synchronized Road-Transportation System by Using a TFMC (Transportation Fleet-Management Control) in Finland. Tutkimus. Viitattu 17.11.2023. [Kärhä, K & Palander, T. 2019. ResearchGate](https://www.researchgate.net/publication/354444444)

Marttinen, M. 2015. Tien käytönaikaisen tiedon hallinta ja hyödyntäminen ylläpidon näkökulmasta. Tutkimus. Aaltodoc www-sivu. Viitattu 16.11.2023. <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/10024/10024>

Murray, D & Williams, N. 2020. An Analysis of the Operational Costs of Trucking. American Transportation Research Institute (ATRI). Tutkimus. Viitattu 19.11.2023. [Murray, D & Williams, N. 2020. Prepered by the American Transportation Research Institute Research](https://www.atri.org/research/operational-costs-of-trucking)

My Scania. 2013. Scania Fleet Management System. Scania Driver sovellus. My Scania www-sivu. Viitattu 19.11.2023. <https://my.scania.com/>

Norja, R. 2023. Energialähteiden vertailu raskaassa kalustossa. AMK Opinnäytetyö. Theseus www-sivu. Viitattu 23.11.2023. <https://www.theseus.fi/handle/10024/10024>

Oksanen, R. 2003. Kuljetusten toimintolaskennan sovellukset ja toteutus. Tutkimus. Valtioneuvoston www-sivu. Viitattu 6.11.2023. <https://www.valtioneuvosto.fi/>

Raakapuun autokuljetusta kartoitettiin globaalisti Itä-Suomen yliopiston johdolla. 2023. Artikkel. Kuljetuslehden www-sivu. Viitattu 2.11.2023. <https://www.kuljetuslehti.fi/2023/raakapuun-autokuljetusta-kartoitettiin-globaalisti-ita-suomen-yliopiston-johdolla/>

Tekoäly logistiikassa. Käsitteet, sovellukset ja tulevaisuudennäkömät. Artikkel. 2018. ssi-schaefer www-sivu. Viitattu 18.11.2023. <https://www.ssi-schaefer.com/>

Teollisuuspuun kaukokuljetustavat ja keskikuljetusmatkat. 2022. Tilasto. Luonnonvarakeskuksen www-sivu. Viitattu 4.11.2023. <https://www.luke.fi/>

Teollisuuspuun kaukokuljetuksen kustannukset 1982–2021. 2022. Tilasto. Luonnonvarakeskuksen www-sivu. Viitattu 4.11.2023. [Teollisuuspuun kaukokuljetuksen kustannukset 1982-2021 muuttujina kuljetuskustannus ja vuosi.\(luke.fi\)](https://www.luke.fi/)



## **Liitteet**

### **Liite 1. Kuljetusliike Eskolan Oy:n toimitusjohtajan haastattelu**

#### **Kysymyksiä haastatteluun:**

Yrittäjän näkemys viimeisen kymmenen vuoden ajalta, mihin suuntaan on menty?

Haasteet ja mahdollisuudet?

Näkemys meneillään olevaan tutkimukseen ja sen mahdolliseen ratkaisuun?

### **Liite 2. Kuljetusesimiehen haastattelu:**

#### **Kysymyksiä haastatteluun:**

Vaikeudet ja haasteet työssä?

Ratkaisut ja työkalut haasteisiin?

Käytössä olevan digitalisaation merkitys ja sen kehittyminen tulevaisuudessa?