



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

Opinnäytetyö

**Järviruo´on autokuljetusten logistiikka
ja toimintolaskelma**

Kai Puolakanaho

Auto- ja kuljetustekniikka

Lukuvuosi 2006 - 2007



TURUN
AMMATTIKORKEAKOULU

TIIVISTELMÄ

Auto- ja kuljetustekniikka	
131LS04	
Tekijä: Kai Puolakanaho	
Työn nimi: Järviruo'on autokuljetusten logistiikka ja toimintolaskelma.	
Logistiikka	Ohjaaja: Kari Lindström
Opinnäytetyön valmistumisajankohta: Huhtikuu 2007	Sivumäärä: 59
<p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää järviruo'on eri käsittelymuotojen vaikutusta maantiekuljetuksien logistisen prosessin kustannuksiin ja selvittää toimintolaskennalla eri kuljetusetäisyyksien kilometri- ja yksikköhinnat. Tutkimuksessa selvitettiin aluksi puuhakekuljetuksien synteesta logistisen suunnittelun vaikutusta autokuljetuksiin sekä kuvailtiin autokuljetusten suoritekäsitteitä että logistisia mittareita. Eri ajoneuvokalustojen vaikutusta vertailtiin kuljetustehokkuuteen ja kustannuksiin. Viimeisenä osana tutkimuksessa selvitettiin Ekonvisio 2005-toimintolaskentaohjelmalla autokuljetusten erilliset kustannustekijät ja kokonaiskustannukset. Toimintolaskennalla vertailtiin kuorma-auto- ja yhdistelmäajoneuvokuljetuksien kustannuksia 50 km:n hyppäyksiin väliltä 50 km – 150 km.</p> <p>Laskenta-arvojen ja toimintamallin selvittämiseksi haastateltiin tammikuussa 2007 puuirtolastikuljetusyrittäjiä. Haastatteluiden tuloksiin perustuneita keskiarvoja käytettiin toimintolaskenta-arvoina.</p> <p>Tutkimuksen tuloksena syntyi matemaattiset mallit eri kustannustekijöiden muodostumiselle kuljetusmuodoittain.</p>	
Hakusanat: Järviruoko, logistiikka, toimintolaskenta, autokuljetukset.	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

TURKU UNIVERSITY
OF APPLIED SCIENCES

ABSTRACT

Automotive and transportation engineering	
131LS04	
Author: Kai Puolakanaho	
Title: Logistics and activity-based costing of common reed's automotive transportation.	
Specialization line: Transportation engineering	Instructor: Kari Lindström
Date April 2007	Total number of pages: 59
<p>This thesis examines the expenses and effects of different forms of common reed road transportations and expands the Activity-based costings for the different transport distances and unit costs. At the beginning of my thesis, the synthesis to wood chip bulk transports was determined and the effects of logistic planning of road transports as well as logistic performance measures. The effects of different means of transportation estimated to the transportation effectiveness and expenses. The last chapter of the thesis analyzes the separate expenses and total expenses by using the Ekonvisio 2005 - Activity-based costing software. With Activity-based costing the expenses were compared between a lorry and a lorry trailer to different transportation distances between 50 km – 150 km.</p> <p>Wood chip bulk entrepreneurs were interviewed in order to determine the calculation values and the process models in January 2007. Activity-based costing calculations were executed based on the mean values of the interview info.</p> <p>Mathematic equations were composed from the results of the thesis a for different cost factors for different means of transportation.</p>	
Keywords: Common reed, logistics, activity-based costing, automotive transportation.	
Deposit at: TUAS library.	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	LOGISTIIKKA	8
2.1	Logistiikan osa-alueet	10
2.1.1	Informaatiovirta	11
2.1.2	Materiaalivirta	12
2.1.3	Pääomavirta	13
2.2	Logistiikan tavoitteet	13
2.3	Logistiikka autokuljetuksissa	15
3	AUTOKULJETUKSET	16
3.1	Peruskäsitteitä	16
3.2	Liikenne Suomessa	21
3.3	Tiekuljetusten laatutekijät	23
3.4	Tiekuljetusten mittarit	23
3.5	Suoritekäsitteet	24
3.6	Kalustovaatimukset irtolastikuljetuksille	26
3.6.1	Ajoneuvo varusteineen	26
3.6.2	Perävaunu varusteineen	27
3.6.3	Kuormausalueen vaatimukset	28
3.7	Kuorman vaikutus kuljetuksiin ja kuormauskalustoon	28
4	AUTOKULJETUSTEN TOIMINTOLASKENTA	33
4.1	Toimintolaskennan tarkoitus	33
4.2	Toimintolaskennan tulosten hyödyntäminen	34
4.3	Toimintolaskennan määrittelyt	34

4.4	Kustannustekijöiden luokittelu	35
4.5	Kustannukset ja hinnoittelu	39
5	TUTKIMUSSELOSTUS	42
5.1	Tutkimuskohde	42
5.2	Tutkimuksen eteneminen	43
6	TOIMINTOLASKELMA JA TULOKSET	44
6.1	Ekonvisio 2005-kustannuslaskentaohjelma	44
6.2	Järviruokokuljetusten toimintolaskenta	45
6.3	Työkustannukset	47
6.4	Muuttuvat kustannukset	48
6.5	Kiinteät kustannukset	50
6.6	Kokonaiskustannukset ja kuljetustaloudellisuus	51
7	LOPPUPÄÄTELMÄT	54
8	LÄHTEET	57
9	LIITTEET	60
KUVAT		
	<i>Kuva 1. Logistiikka yrityksen toiminnoissa.</i>	9
	<i>Kuva 2. Logistiset virrat.</i>	11
	<i>Kuva 3. Arvonlisäys raaka-aineesta kulutukseen.</i>	14
	<i>Kuva 4. Logistiikan toimivuuden mittaamisessa käytettäviä tunnuslukuja.</i>	15
	<i>Kuva 5. Ajoneuvon kääntymissäätöperiaate.</i>	20
	<i>Kuva 6. Nosturilla ja hydraulikipillä varustettu Sisu E11 M K-PP 6x2 kuorma-auto.</i>	26
	<i>Kuva 7. Kustannusten luokittelu.</i>	36
	<i>Kuva 8. Kuljetussuoritemäärän ja toiminta-asteen muutoksista riippuvat kustannukset</i>	37

TAULUKOT

<i>Taulukko 1. Autokuljetuksen peruskäsitteet.</i>	16
<i>Taulukko 2. Kotimaan tavaraliikenteen v. 1960 – 2005.</i>	22
<i>Taulukko 3. Liikennemuotojen kuljetusmäärät prosentuaalisesti kotimaan tavaraliikenteessä 1960 – 2005.</i>	22
<i>Taulukko 4. Nosturilla ja hydraulikipillä varustettu Sisu E11 M K-PP 6x2 kuorma-auton kuormitusdiagrammi.</i>	30
<i>Taulukko 5. Sisu E11 M K-PP 6x2 hydraulikipillä varustetun perävaunun kuormitusdiagrammi.</i>	30
<i>Taulukko 6. Materiaalien vaikutus kuormaukseen.</i>	32
<i>Taulukko 7. Laskennalliset lähtöarvot.</i>	40
<i>Taulukko 8. Muuttujien vaikutus kustannuksiin ja hinnoittelutarpeeseen.</i>	41
<i>Taulukko 9. Kuorma-auton kustannustekijät kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	46
<i>Taulukko 10. Yhdistelmäajoneuvon kustannustekijät kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	47
<i>Taulukko 11. Työkustannus kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	48
<i>Taulukko 12. Muuttuvat kustannukset kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	50
<i>Taulukko 13. Kiinteät kustannukset kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	51
<i>Taulukko 14. Kokonaiskustannus kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	52
<i>Taulukko 15. Tonnikustannus kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	53
<i>Taulukko 16. Kuutiokustannus kuljetusetäisyyden funktiona.</i>	53
<i>Taulukko 17. Kuorma-auton yksikkökustannukset</i>	54
<i>Taulukko 18. Yhdistelmän yksikkökustannukset</i>	54

LIITTEET

- Liite 1. Raskaiden ajoneuvojen mitat ja massat Suomessa.
- Liite 2. Haakeyhteyksien haastattelutulokset, tammikuu 2007.
- Liite 3. Toimintolaskelmat
- Liite 4. Etelä-Suomen rannikkoalueiden suurimmat ruovikko-alueet ja kuljetusetäisyydet.
- Liite 5. Kuormattavan esikäsittelymuodon vaikutus kuljetukseen.

1 JOHDANTO

Tämä insinöörityö tehtiin Lounais-Suomen ympäristökeskuksen koordinoiman ”Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa” Interreg IIIA -hankkeen toimeksiannosta. Työn tarkoituksena oli suunnitella logistinen prosessi järviruo’on saattamiseksi keräyspaikaltaan poltto- tai rakennustarpeeksi ja selvittää toimenpiteen autokuljetusten kustannusrakenne. Hankkeen päätavoitteena on luoda strategia rannikkoalueiden ruovikoiden kestävä kehityksen käytölle Suomessa ja Virossa.

Kuljetusmatkasta riippuen autokuljetukset muodostavat suurimman yksittäisen kustannustekijän logistisessa ketjussa. Autokuljetus koostuu useista toisiinsa sidoksissa olevista työvaiheista. Prosessi alkaa ajoneuvon saapuessa korjuualueelle kuormausta varten ja jatkuu kuorman purkuun vastaanottoasemalle. Logistiikan ja toimintolaskennan näkökulmien keskinäisellä vuorovaikutuksella analysoitiin mahdollisimman kilpailukykyinen kustannustehokkuus autokuljetuksille. Tutkimus on rajattu koskemaan ainoastaan maantiekuljetuskalustolla suoritettavia maantiekuljetuksia.

Eteläisen-Suomen rannikkokuntien alueella suoritettussa tutkimuksessa 2006 kartoitettiin järviruokoalueita yhteensä noin 28940 hehtaaria. Keskimääräisen hehtaarin kasvutiheydellä voidaan ruokoa laskea olevan kaikkiaan 144700 tonnia. Nykyaikaisen bioenergiatutkimuksen keskeisimpiä tavoitteita on kasvattaa biopolttoaineiden kilpailukykyä. Kilpailukyky saadaan aikaiseksi mahdollistamalla biopolttoaineen edullisuus laitoksille toimitettuna. Bioenergian kuljetustehokkuudella pystytään vaikuttamaan tähän. Ekologisen valistuneisuuden kasvu, ympäristösuojelun voimistuneet vaatimukset, sähkömarkkinoiden vapautuminen ja kilpailun leviäminen koko EU:n sisällä tulevat vaikuttamaan tulevaisuuden energiantuotantojärjestelyihin. EU:n vuonna 1997 julkistama Valkoinen kirja asetti tavoitteekseen kolminkertaistaa bioenergian tuotanto vuoteen 2010 mennessä.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää järviruo’on autokuljetusten edellyttämä kalustosoveltuvuus, kustannusrakenne ja kilometrikustannus. Tutkimuksessa käytettiin lähdemateriaalina logistiikan osalta mahdollisimman nykyaikaisia valideja teoksia ja

sovellettiin puuhakekuljetuksiin keskittyneitä tutkimuksia. Logistisen ketjun kalustovertilu ja – soveltuvuus selvitettiin haastattelujen kotimaisten puuhakeyritysten antamien tulosten perusteella. Haastattelujen perusteella selvitetyn kaluston kustannusrakennetta analysoitiin Reijo Oksasen kehittämällä Ekonvisio-laskentaohjelmalla.

Tutkimus selvittää eri muuttujien aiheuttamat vaikutukset logistisen järviruokokuljetusketjun kustannuksiin. Tutkimuksen muuttujina käsiteltiin kuljetusetäisyyttä, kuljetusmuotoja ja järviruokon eri käsittelymuotoja. Toimintolaskelman avulla suoritettiin matemaattinen vertailu kustannusten muodostumisesta kuljetusetäisyydelle ja kuljetusyksikölle eri kuljetusmuodoilla. Lisäksi selvitettiin logistisen ketjun kuljetuskalustotarve ja -soveltuvuus.

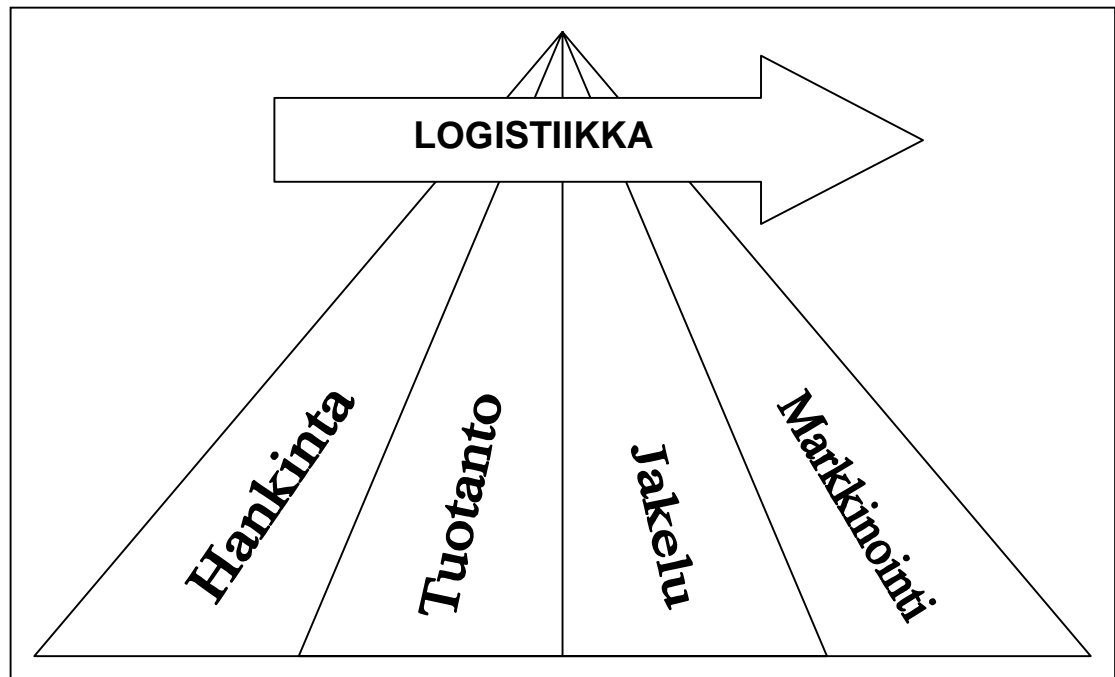
2 LOGISTIikka

Terminä logistiikka on esitetty monella eri tavalla määrittelijän näkökulmasta riippuen eikä siitä ole täysin yksikäsitteistä määritelmää. Council of Logistics Managementin esittämä klassinen määritelmä logistiikasta kuuluu:

"Logistiikalla pyritään tuottavaan ja kustannustehokkaaseen raaka-aineiden, kesken-eräisen tuotannon ja valmiiden tuotteiden varastoinnin, materiaalivirtauksen sekä niihin liittyvän informaation suunnitteluun, toteutukseen ja valvontaan raaka-ainelähteeltä loppukuluttajalle, asiakkaiden vaatimusten mukaisesti". (Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 13 [Lambert & Stock 1992].)

Logistiikka on yritysten materiaalivirtojen sekä niihin liittyvien informaatio- ja pääomavirtojen johtamista, ohjaamista ja kehittämistä (Naula, Ojala & Solakivi 2006, 9). Se tarkastelee yrityksen reaaliprosesseja ja pyrkii kehittämään niitä laajana kokonaisuutena. Onnistunut logistiikka tukee organisaation liiketoiminnan ydintoimintojen toteuttamista ja vaatii tuotannon, raaka-ainevirtojen, jakelun, palvelujen, informaatio- ja pääomavirtojen ym. kokonaisvaltaista osaamista ja kokonaisuuksien ymmärtämistä.

Samalla on hallittava johtamistaitoja, analysointi- ja ratkaisukykyä ja seurattava yhteiskunnan, lainsäädännön ja kilpailun kehittymistä. (Karrus 2001, 14, 38.) Käsitteenä logistiikka yhdistää organisaation useita eri toimintoja yhdeksi toimivaksi koordinoituksi kokonaisprosessiksi. Näitä eri osa-alueita ovat oston, tuotannon, jakelun ja markkinoinnin perustoiminnot. (Karrus 2001, 14.)



Kuva 1. Logistiikka yrityksen toiminnoissa (Karrus 2001, 15).

Aikaisemmin logistiikan pääpaino oli kustannustehokkuuteen pyrkiminen. Nykyisin kustannusten ohella kiinnitetään huomiota virtojen läpimenoaikoihin sekä asiakaspalvelun laadun kehittämiseen. Kustannus ja siitä aiheutuva hinta on tärkeä kilpailutekijä. Lisäksi halutaan lyhentää toimitusaikoja, parantaa toimitusvarmuutta, nostaa jakelu- ja reagointinopeutta. (Sakki 1999, 25.) Kustannusten ja pääoman käytön minimointi ovat tärkeitä näkökohtia materiaalin virtausta suoritettaessa. Perinteiseen materiaalin ohjaukseen verrattuna logistiikka nähdään uudemmissa määritelmissä laajempänä kokonaisuutena, jossa korostuvat sen strateginen ja asiakaslähtöinen näkökulma. (Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo, 2005, 7.)

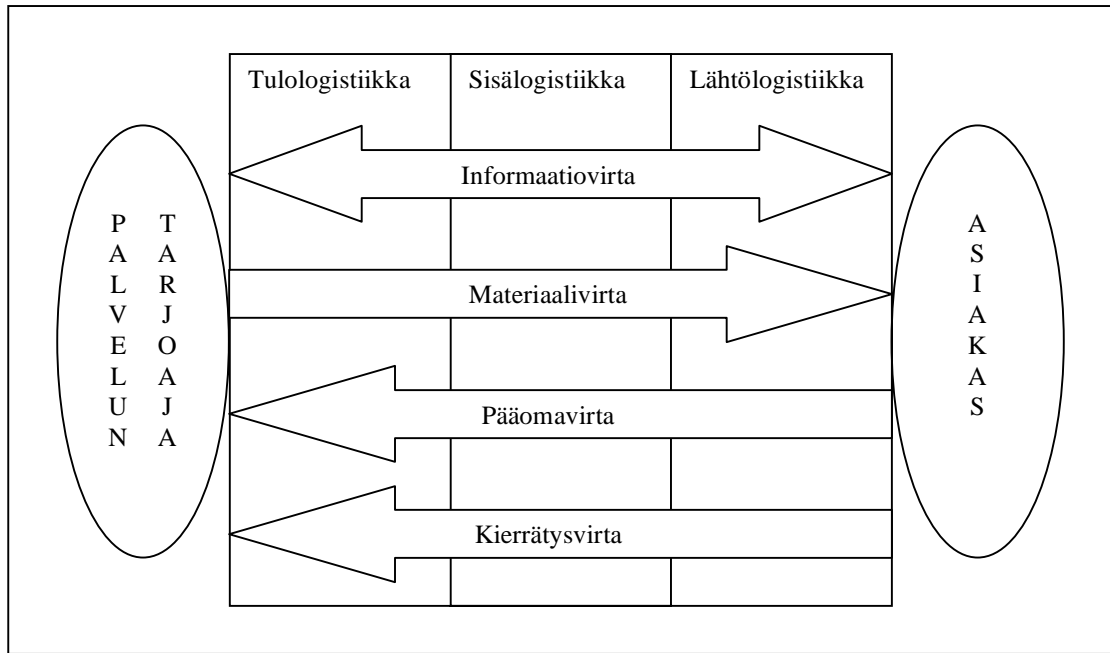
Toimintojen hallinnassa lähtökohtana on tunnistaa käytettävät resurssit sekä tuotosten määrä ja toiminnan taso. Toiminnot muodostavat kustannusten hallintamenetelmän perustan. ”Logistiikan vaatimus ”*oikealla palvelulla, oikealla kustannuksella ja hinnalla*” toteutuu, kun kuljetuskustannukset kohdistetaan todellisille kuljetussuoritteille ja – palveluille”. Logistiikan tavoite voidaan esittää ”viiden vaatimuksen” avulla, jotka ovat:

- 1) Oikea tuote (the right product)
- 2) Oikeassa paikassa (at the right place)
- 3) Oikeaan aikaan (on the right time)
- 4) Oikealla palvelulla (with the right service)
- 5) Oikealla kustannuksella ja hinnalla (for the right cost and price).

(Oksanen 2004, 20.)

2.1 Logistiikan osa-alueet

Keskeisenä osana logistiikkaa ovat yritysten väliset *materiaali- informaatio-* ja *pääomavirrat*. Keskeisin haaste logistisessa ajattelussa on virtojen pääoman tunnistaminen, hallinta ja tehokas hyödyntäminen. Jokaiseen virtaan kytkeytyy kustannuksia, tuottoja ja sitoutunutta pääomaa. (von Bagh, Günther & Salmenkari 2000, 153.) Toimitusketjun hallintaan tarvitaan logistiikan jakamista tulo-, sisä- ja lähtölogistiikkaan (Pouri 1997, 1). Yritysten keskinäisillä informaatiovirroilla ohjataan materiaalivirtaa tuottajalta kuluttajalle. Materiaalivirtaan sidottu pääoma palautuu tuottajalle asiakkaalta pääomavirtana. Mitä nopeampi virtojen kierto, sitä nopeampi on pääoman kierto ja sitä vähemmän pääomaa on sidottuna materiaaliin. (Karrus 2001, 28.) Kuviossa 2. on esitetty virtojen kierto tuottajalta kuluttajalle.



Kuva 2. Logistiset virrat (Impola 1998, 6).

2.1.1 Informaatiiovirta

Yrityksien välistä kaksisuuntaista tiedonkulkua kuvataan informaatiovirralla (von Bagh ym. 2000, 151). Informaatiiovirta ohjaa sekä käynnistää materiaali- että pääomavirrat. Se edeltää muita logistisia virtoja, koska materiaali- ja pääomavirat eivät voi liikkua ilman informaatiota. Reaaliaikainen ja tarkka informaatio on edellytys toimintojen ohjaamiselle strategisella tasolla kaikissa logistiikan vaiheissa. (Mäkelä ym. 2005, 12.)

Tulologistiikan informaatiovirrat muodostuvat oston ja hankinnan välisestä tiedonsiirrosta. Sisälogistiikassa tuotanto tarvitsee informaatiota taaksepäin raaka-ainevaraston kanssa sekä informaatiota eteenpäin valmisvarastoon että jakeluun. Lähtölogistiikan informaatiiovirta kulkee yrityksen sisäisen tiedonsiirron lisäksi ulkopuolisille tahoille. Asiakkaiden suuntaan kohdistuva informaatiiovirta on osa tuotteen arvonnäkökulmasta ja asiakaspalvelua. (Mäkelä ym. 2005, 13).

2.1.2 Materiaalivirta

Logistiikan keskeisimpänä virtana nähdään materiaalivirta, joka kulkee raaka-aineesta jalostamisen kautta loppuasiakkaalle. Materiaalin liike yrityksen läpi voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen: *tulologistiikkaan*, *sisälogistiikkaan* ja *lähtölogistiikkaan*. (Mäkelä ym. 2005, 12.)

Tulologistiikassa yritykseen hankitaan jalostusta varten raaka-aineita, komponentteja tuotteita tai palveluita (Mäkelä ym. 2005, 12). Valikoitavia kanavia on useita, jotka eroavat toisistaan toimintojensa ja ohjaustapojensa puolesta. Vaihtoehtoista tulisi valikoida laadullisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti tarkoituksenmukaisimmat toimintatavat ja toiminnan tarjoajat. (Pouri 1997, 2.) Pääoman sitoutumisen vuoksi tulologistiikan valinta vaikuttaa merkittävästi koko liiketoiminnan kannattavuuteen (Pouri 1997, 109).

Yleisesti pääraaka-aineiden taloudellisen ja toiminnallisten merkityksien vuoksi niiden hankintaan kiinnitetään erityisesti huomiota. Esimerkiksi metsäteollisuuden UPM-Kymmene käyttää samanaikaisesti kuljetusten optimointi-, paikannus- ja puunhankinnan ohjausjärjestelmää. (Pouri 1997, 2.) Tulologistiikan toiminnoiksi lasketaan materiaalien hankinta, varastointi ja varastovalvonta sekä materiaalin käsittely (Mäkelä ym. 2005, 12). Kaluston ja raaka-aineiden hankintojen tunnuslukujen seuraaminen on ominaista tulologistiikkavaiheessa. Aika- ja laatutekijöiden merkitys korostuu muita osa-alueita enemmän. Tekijöitä seuraamalla mitataan ostotilausten, hankintasopimusten, toimittajien toimitusaikoja ja – virheitä. (von Bagh ym. 2000, 151.)

Sisälogistiikka käsittää ne yrityksen sisäiset toiminnot, joilla raaka-aine jalostetaan valmiiksi tuotteeksi. Nämä toiminnot käsittävät materiaalin käsittely- ja varastointivaiheet sekä niihin liittyvät ohjaustoimenpiteet. (von Bagh, ym. 2000, 159.) Sisälogistiikassa paino on informaatiovirran mittareiden sekä eri tuotantovaiheiden saldojen että nimikkeiden kiertonopeuden seuraamisessa. Kone- ja varastokustannuksien tunnuslukujen käytön seuranta on ominaista sisälogistiikalle. (von Bagh, ym. 2000, 151.)

Lähtölogistiikka koostuu toiminnoista, joilla tuote toimitetaan asiakkaalle sekä niiden ohjauksesta. Toimintoihin sisältyy tilausten käsittely, jakelu sekä niitä tukevat tukitoiminnot. (Mäkelä ym. 2005, 12.) Tunnuslukujen pääpaino kohdistuu kuljetusten sekä keräilyn materiaalivirrassa että niihin sidoksissa olevien toimintojen resursseissa (von Bagh, ym. 2000, 151.)

2.1.3 Pääomavirta

Pääomavirta on yrityksen liiketoiminnan jatkumisen edellytys. Sen virtaussuunta on materiaalivirtaa vastainen ja palauttaa yritykseen hankintojen kautta materiaaliin sitoutuneen pääoman. (Hokkanen, ym. 2004, 17.)

Tulologistiikassa rahavirta kulkee yrityksestä poispäin muuttuen materiaalivirtaan sitoutuneeksi pääomaksi (Mäkelä ym. 2005, 12). Sitoutuneen pääoman suuruus muodostuu hankittujen materiaalien ostohinnoista, kuljetus- ja materiaalinkäsittelykustannuksista (von Bagh, ym. 2000, 151).

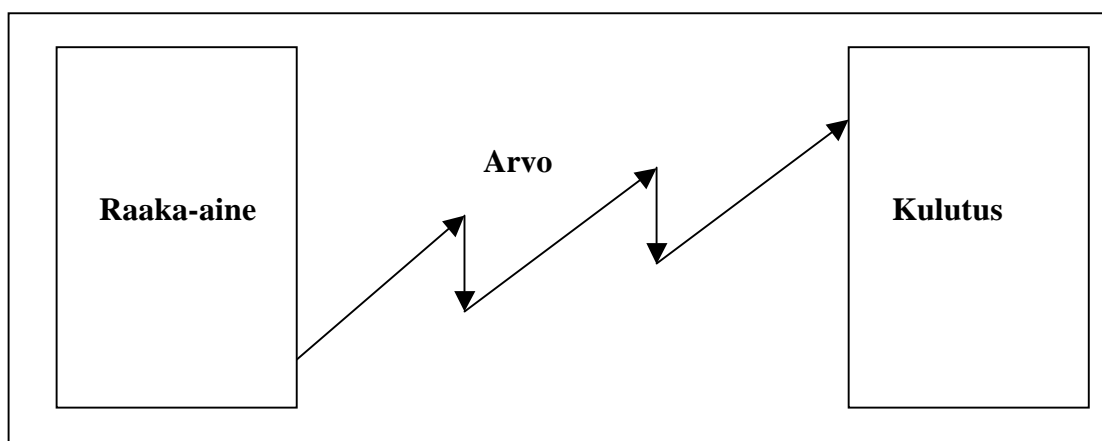
Sisälogistiikka ei käsitä suuria pääomavirtoja, joita yhdistettäisiin suoraan yrityksen logistiikkakustannuksiin (von Bagh, ym. 2000, 151). Logistiikan osalta kustannukset nähdään sisäisten toimintojen hoitoon osoitettuna resurssina (Mäkelä ym. 2005, 13).

Lähtölogistiikassa yrityksen materiaalihankintoihin ja toimintoihin sitoutunut pääoma palautuu rahavirtana yritykselle. Yrityksestä ulospäin suuntautuneet pääomavirrat lähtölogistiikassa muodostuvat kuljetus- ja muiden ostopalvelujen kustannuksista. (von Bagh, ym. 2000, 155.)

2.2 Logistiikan tavoitteet

Logistiikan tavoite on saavuttaa hyvä kustannustehokkuus. Pällekkäinen tuottamattoman työ karsitaan ja keskitytään yritykselle todellista lisäarvoa tuottaviin toimintoihin. (Sakki 2004, 24, 25.) Jokainen materiaalin käsittelyvaihe ja seisaus kasvattaa

kustannuksia lisäämättä tuotteen arvoa. Logistiikan tavoite ketjussa on minimoida sekä hallita arvoa laskevat että kustannuksia tuottavat vaiheet. Koko arvonlisäysketjun hallintaa kehittämällä logistiikka pyrkii kasvattamaan yrityksen strategista kilpailuetua. (Karrus 2001, 27.) Tuotteen jalostusarvo voidaan laskea liikevaihdon ja materiaalin hankinnan erotuksesta (Hokkanen 2004, 31). Kuviossa 3. on esitetty arvonlisäyksen muodostuminen.

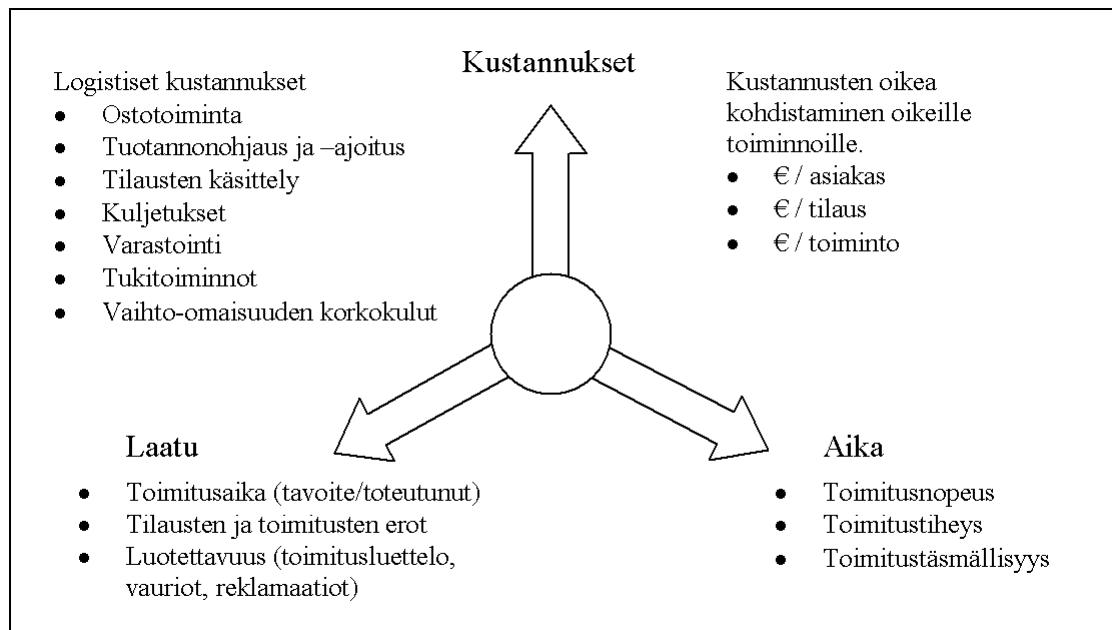


Kuva 3. Arvonlisäys raaka-aineesta kulutukseen (Karrus 2001, 27).

Toimiessaan logistiikka tukee yrityksen liiketoiminnan tavoitteiden saavuttamista parantamalla yhteistyötä yrityksen eri toimintojen ja sidosryhmien välillä (Imppola 1998, 9). Ulkoisella eli palvelutehokkuudella pyritään toiminnan jatkuvaan kehittämiseen tarjoamalla asiakkaille laajempia ratkaisuja pelkkien materiaalien ja tavaroiden sijasta. Asiakkaan omaa sisäistä ja ulkoista tehokkuutta pyritään parantamaan tarjoamalla ratkaisuja. Sisäisellä eli kustannustehokkuudella pyritään yrityksen omien toimintojen ja pääoman tuottavuuden jatkuvaan parantamiseen. (Sakki 1999, 26.)

Logistiikan toimivuuden mittaamisen voidaan käyttää laadun, kustannuksen ja läpimenoajan tunnuslukuja (Mäkelä, ym. 2005). Prosessin tunnuslukujen hallinnalla varmistetaan käytössä olevien resurssien paras taloudellinen tulos sekä miten toimintaa että resursseja pystytään kehittämään. Jatkuvan tunnuslukujen seuraamisen tarkoituksena on mitata logistisen prosessin työn tehokkuutta ja tuottavuutta pitkällä tähtäimellä. (Sakki 1997, 41.) Ainoastaan menojen tunnuslukuja seuraamalla saadaan

koko logistinen prosessi tuottavaksi ja taloudelliseksi, mutta prosessin toimituskykyä ei tällöin saada kartoitettua tai kehitettyä. Kokonaisvaltainen logistisen prosessin optimointi vaatii monipuolisen ja jatkuvan tunnuslukujen seurannan toimiakseen tehokkaasti joka osa-alueella. (Pouri 1997, 201.) Tunnuslukuja käyttämällä kerätään tietoja, joita lukemalla pystytään tutkimaan ja arvioimaan sekä koko prosessia että osaa prosessista (Sakki 1997, 41). Kuviossa 4. on esitetty logistisen prosessin mittaamiseen liittyviä tekijöitä.



Kuva 4. Logistiikan toimivuuden mittaamisessa käytettäviä tunnuslukuja (Mäkelä, ym. 2005 [Mutikainen 1993]).

2.3 Logistiikka autokuljetuksissa

Kuljetukset ovat elintärkeitä logistiselle ketjulle, koska ne antavat saapuville ja lähteville materiaalivirroille ajan ja paikan (Pouri 1999, 137). Autokuljetusten rooli osana logistista kokonaisuutta on tämän seurauksena kasvanut. Tuotannon materiaalivirroille on tyypillistä se, että tuotteita valmistetaan erisuuruisina erinä, eri ajan jaksoina ja eri paikoissa kuin kuluttajat haluavat niitä saada. (Karhunen, ym. 2004, 27.) Logistiikan keskeinen tavoite kuljetuksissa on aikaan saada optimaalinen kuljetustehokkuus. Te-

hokkuutta voidaan mitata eri mittarien avulla kuten määrä-, aika- ja laatumittaristolla. Kuljetusten logistiikassa tehokkuutta haetaan uusia toimintatapoja luomalla tai puristamalla käytettävistä resursseista ylimääräiset toiminnot pois. (Karrus 2004, 171.) Lähtökohtana kuljetusten hallinnassa on tunnistaa käytettävissä olevat resurssit sekä tuotosten määrä (Oksanen 2004, 20).

Yksityisen kuljetuskapasiteetin omistaminen, alihankinta tai kuljetusten ulkoistaminen muodostavat yrityksen kumipyöräkaluston hallinnan ydinkysymyksiä. Logistiikan perusvaatimus ”*oikea kustannus, oikealla kustannuksella ja hinnalla*” voidaan saavuttaa, jos kuljetuskustannukset kohdistetaan oikeille kuljetuksen kustannustekijöille ja –palveluille. (Oksanen 2004, 20.) Kuljetuskustannukset ovat yrityksen palvelusta suorittama korvaus rahdinkuljettajille tai oman kaluston käytöstä aiheutuneet kustannukset (Sakki 1999, 66). Kotimaan autokuljetuksia suunniteltaessa huomioon otettavia seikkoja ovat kuljetusetäisyydet ja infrastruktuurin riittävyys (Naula, ym. 2006, 26).

3 AUTOKULJETUKSET

3.1 Peruskäsitteitä

Taulukko 1. Autokuljetuksen peruskäsitteet.

Kuorma-auto.	N ₂ - tai N ₃ -luokan tavarankuljetukseen tarkoitettu ajoneuvo, jonka kokonaismassa on suurempi kuin 3,5 tonnia (Ajoneuvolaki 2 luku 10 § 4 momentti).
Vetoauto.	Ajoneuvo, joka on suunniteltu ensisijaisesti vetämään perävaunua; puoliperävaunun vetoauto vain puoliperävaunuja ja vetoauto muita puoliperävaunuja. (Asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista 2 luku 3 a § 1 momentti).

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Varsinainen perävaunu.	Perävaunu, jossa on vähintään kaksi akselia ja etuakselistoa ohjaava vetolaite on nivelöity pystysuunnassa liikkuvaksi perävaunuun nähden. Ei välitä huomattavia pystysuuntaisia voimia vetävään ajoneuvoon. (Ajoneuvolaki 2 luku 11 § 2 momentti.)
Puoliperävaunu.	Vetoautoon tai apuperävaunuun kytkettäväksi tarkoitettu perävaunu, joka aiheuttaa kohtisuoran kuormituksen vetoautoon tai apuvaunuun (LVMa autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2 luku 11 § 1 momentti).
Keskiakseliperävaunu.	Nivelettömällä vetoaisalla varustettu perävaunu, jonka akselisto on sijoitettu sen painopisteeseen tai sen lähelle siten, että kytkentäkohtaan kohdistuva massa ei saa ylittää 1000 kg tai 10 prosenttia perävaunun massasta (LVMa autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2 luku 11 § 3 momentti).
Yhdistelmäajoneuvo.	Ajoneuvo, jossa vetoautoon on kytketty perävaunu tai useita perävaunuja (Karhunen ym. 2004, 33).
Moduuliyhdistelmä.	EU-direktiivin mukaisesti muodostettava Suomessa ja Ruotsissa käytössä oleva maksimipituudeltaan on 25,25 metriä ja kokonaismassaltaan 60 tonnin perävaunuyhdistelmä (Karhunen ym. 2004, 33).
Ajoneuvoyhdistelmän pituus.	Ajoneuvon ja sen taakse kytketyn perävaunun pituus, kun niiden pituusakselit ovat samalla linjalla (Karhunen ym. 2004, 33). Katso Liite 1.

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Suurin sallittu leveys.	Ajoneuvon ja sen perävaunun suurin sallittu leveys on 2,60 metriä. Muiden kuin lämpöeristettyjen yli 22,00 metriä pitkien ajoneuvojen suurin sallittu leveys on 2,55 metriä. (Karhunen, ym. 2004, 39.)
Suurin sallittu korkeus.	Ajoneuvon suurin sallittu korkeus kuorma mukaan lukien on 4,20 metriä (Karhunen, ym. 2004, 40).
Kokonaismassa.	Valmistajan suurin hyväksymä kuormatun ajoneuvon massa mukaan luettuna vetoautoon kytketyn perä- tai puoliperävaunujen massa (Karhunen ym. 2004, 33).
Teli.	Kahden tai useamman akselin käsittävä akselistorakenne, jossa akselistojen kuormitus jakautuu määrasuhteessa. Kahden peräkkäisen akselin maksimietäisyys on 2,60 metriä. (Karhunen ym. 2004, 33.)
Akseli- ja telimassa.	Valmistajan hyväksymä suurin massa, joka ajoneuvon kokonaismassasta kohdistuu jonkin akselin tai telin välityksellä tiehen (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 3 luku 19 a §).
Akselistorakenteet.	<i>Auton ohjautuvalla akselilla</i> tarkoitetaan ohjauspyörän liikkeen mukaan mekaanisesti ohjattavaa akselia tai akseliryhmää (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2 luku 12 § 1 momentti).

(jatkuu)

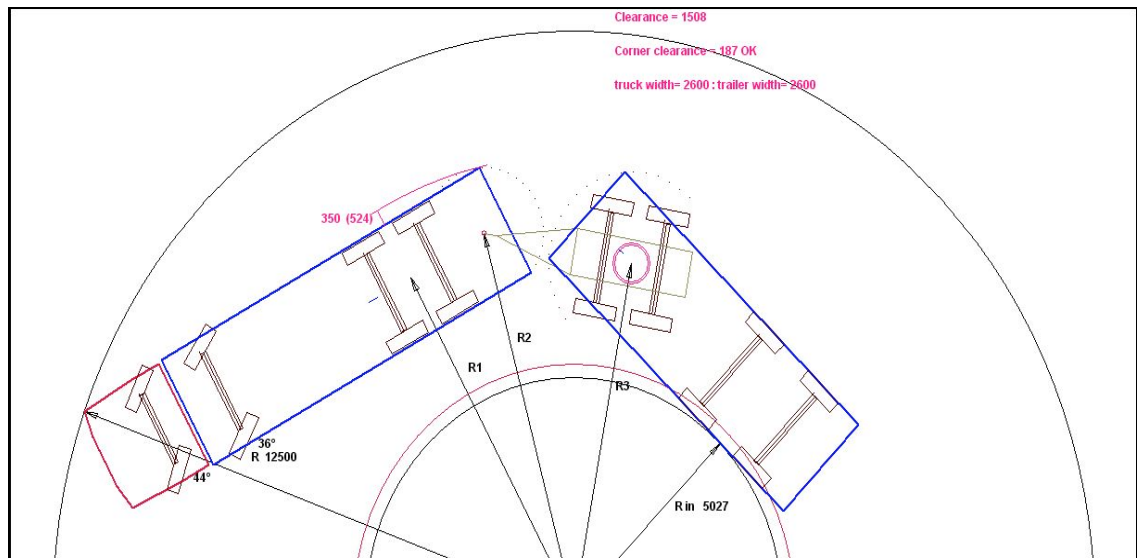
Taulukko 1 (jatkuu)

Akselistorakenteet.	<p><i>Ohjautuvalla akselilla</i> tarkoitetaan renkaan ja tien kosketuksesta ohjautuva akseli (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2 luku 12 § 2 momentti).</p> <p><i>Nostettavalla akselilla</i> tarkoitetaan akselia, jota voidaan nostaa tai laskea akselinnostolaitteella (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2 luku 12 § 4 momentti).</p> <p><i>Kuormitettavalla akselilla</i> tarkoitetaan akselia, johon kohdistuvaa kuormitusta voidaan muuttaa akselinnostolaitteen avulla (Liikenne- ja viestintäministeriön asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista 2 luku 12 § 5 momentti).</p>
Luvanvarainen tavara-liikenne.	Ammattimainen tavarankuljetus teillä ajoneuvolla tai liikennetraktorilla, jonka harjoittamiseen tarvitaan liikennelupa (Luvanvarainen tieliikenne ja tiekuljetussopimus 2 § 1 momentti). Ajoneuvon tai ajoneuvoyhdistelmän kokonaismassan oltava yli 1700 kiloa (Karhunen, ym. 2004, 52).
Tiekuljetus.	Materiaalin siirtämistä paikasta toiseen kumirenkaisen ajoneuvon avulla (Karhunen, ym. 2004, 52).
Kääntyvyysääntö	Ajoneuvon tulee olla siten kääntyvä, että ulomman etukulman kulkiessa 12,50 metrin säteistä ympyrän kaarta pitkin sisäsiivu kulkee vähintään 5,30 metrin säteistä kaarta pitkin (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 218 a §).

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Kääntövyysääntö.	<p><i>Enintään 22,00 metriä pitkän ajoneuvoyhdistelmän</i> tulee olla siten kääntyvä, että ulomman etukulman kulkiessa 12,50 metrin säteistä ympyrän kaarta pitkin sisäsiivu kulkee vähintään 5,00 metrin säteistä kaarta pitkin (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4 luku 26, § 2 momentti).</p> <p><i>Yli 22,00 metriä pitkän ajoneuvoyhdistelmän</i> tulee olla siten kääntyvä, että ulomman etukulman kulkiessa 12,50 metrin säteistä ympyrän kaarta pitkin sisäsiivu kulkee vähintään 2,00 metrin säteistä kaarta pitkin (Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä 4 luku, 26 § 3 momentti). Katso kuva 5. kääntymissäännöstä.</p>
------------------	--



Kuva 5. Ajoneuvon kääntymissääntöperiaate.

3.2 Liikenne Suomessa

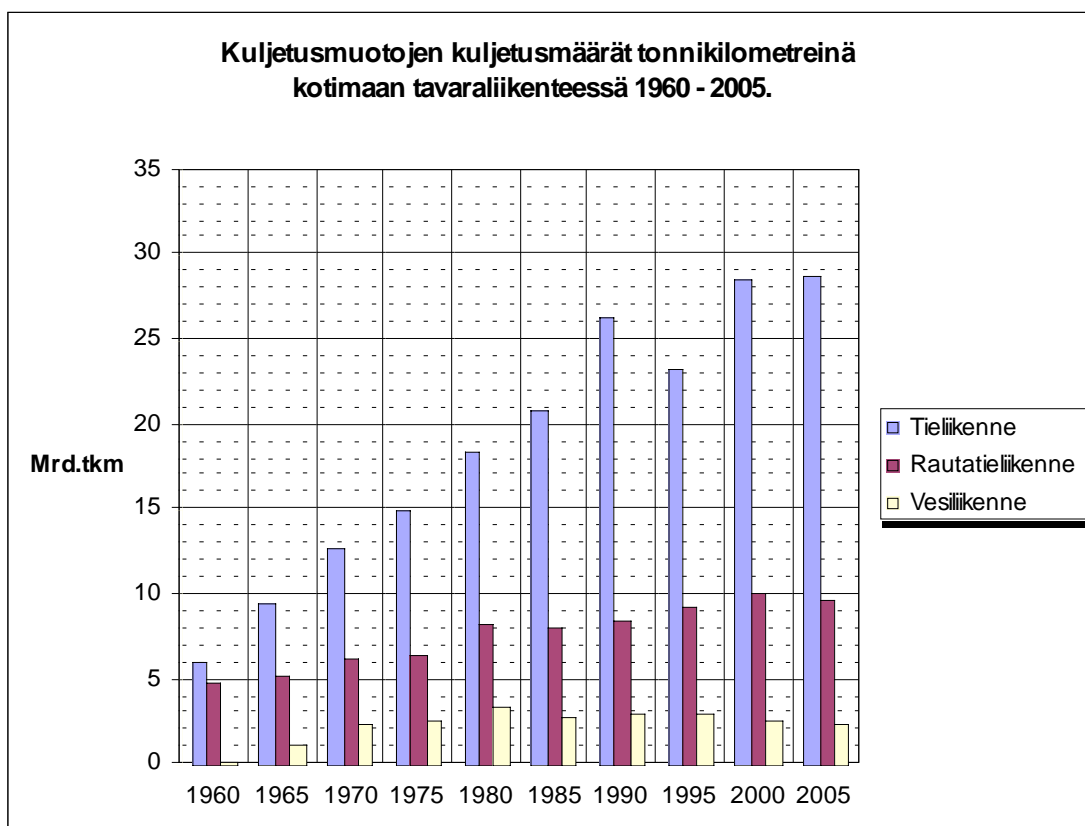
Liikenteellä tarkoitetaan liikennevälineiden ja niillä kuljetettavien henkilöiden sekä informaation että tavaroiden siirtämistä. Tavaraliikenne koostuu eri liikennemuodoista kuten tie-, rautatie-, vesi- ja ilmaliikenteestä. Liikennejärjestelmän voidaan katsoa rakentuvan kolmesta keskenään olevasta vuorovaikutuksessa tekijästä:

- 1) liikenteen infrastruktuuri: liikenneväylät terminaaleineen, tiet, kadut, rautatiet, vesiväylät, satamat, lentoasemat rautatieasemat yms.
- 2) liikennevälineet: ajoneuvot, junat, laivat, lentokoneet yms.
- 3) ohjausvälineet: lainsäädäntö, viranomaiset, liikenneorganisaatiot yms. (Kallberg, Harri. Liikenneteknologia.)

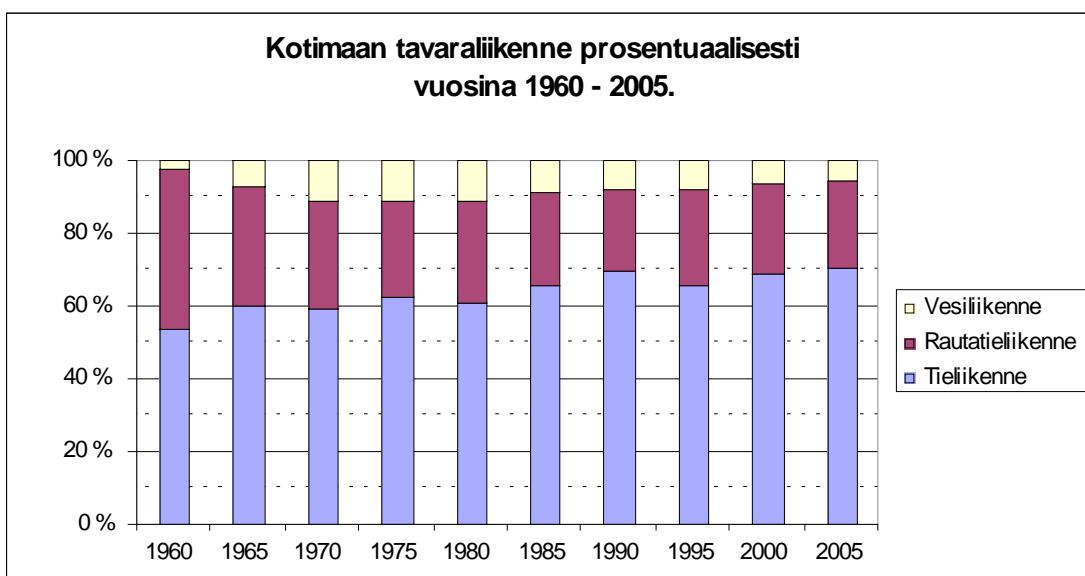
Viimeisten vuosikymmenten aikana liikenteen kuljetussuorite on kasvanut vuosina 1970 – 2000 keskimäärin 1,7 % vuodessa. Tavaraliikenteessä tieliikenne on kasvattanut koko ajan suhteellista osuuttaan ja on hallitsevassa asemassa muihin liikennemuotoihin nähden. (Suomen kuljetusopas, [viitattu 24.1.2007].) Kasvun on mahdollistanut liikenneyhteyksien paraneminen ja autokannan kasvu (Karrus 2001, 112).

Suomessa tavaraliikenteen kuljetussuoritteiden määrä on kansainvälisesti vertailtuna suuri. Kuljetussuorite on noin 1,5-kertainen EU:n 15 perustajamaan keskiarvoon verrattuna. Kotimaan kuljetussuoritteita kasvattavia tekijöitä ovat harvan asutuksen seurauksena syntyvät pitkät kuljetusetäisyydet. Lisäksi vientiin suuntautuneet metsä- ja metalliteollisuus vaativat tuotannon arvoon nähden paljon pitkän etäisyyden kuljetuksia. (Kallberg, Harri. Liikenneteknologia.) Katso taulukot 1. ja 2. kotimaan tavaraliikenteen kehityksestä.

Taulukko 2. Kotimaan tavaraliikenteen v. 1960 – 2005 (Tiehallinto, Kotimaan tavaraliikenne vuosina 1960 – 2005).



Taulukko 3. Liikennemuotojen kuljetusmäärät prosentuaalisesti kotimaan tavaraliikenteessä 1960 – 2005 (Tiehallinto, Kotimaan tavaraliikenne vuosina 1960 – 2005).



3.3 Tiekuljetusten laatutekijät

Kuljetuksiin kohdistuvista laatutekijöistä voidaan erotella laatu, kustannukset ja kuljetusaika. Laadulla tarkoitetaan kuljetusten luotettavuutta. Kustannustehokkuuden merkitys kasvaa kuljetettavien materiaalien massan kasvaessa ja jalostusarvon laskiessa. Näiden tuotteiden lopullisesta hinnasta suuri osa tulee kuljetuksista aiheutuneista kustannuksista. Kuljetusajalla on suurin merkitys korkean teknologian tuotteille johtuen kuljetuskustannusten vähäisestä merkityksestä tuotteen hintaan sekä tuotteiden lyhyestä elinkaaresta. Myös helposti epäkurantiksi menevillä tuotteilla, kuten sanomalehdillä, teollisuuden varaosilla ja joillain elintarvikkeilla, kuljetusaika on merkittävä tekijä. Näissä tapauksissa kuljetuksen viivästyminen aiheuttaa suuremman kustannuksen kuin kuljetuksen nopeuden lisäämisen aiheuttama lisäkustannus. (Häyrynen, Kallberg & Rantala 2004, 72.)

3.4 Tiekuljetusten mittarit

Mittareilla mitataan yrityksen toimintojen tehokkuutta. Mittareiden tärkein tehtävä on antaa objektiivinen kuva yrityksen logistiikan tilasta ja logistisesta tehokkuudesta. Mitta-arvoja seuraamalla voidaan vertailla saatuja arvoja toimialan keskimääräisiin ja parhaisiin arvoihin. Oikeiden mittarien käyttö mahdollistaa sekä logististen ongelmakohtien paikantamisen että niihin kohdistettujen korjaustoimenpiteiden vaikutuksen. (Karrus 2001, 170.)

Kuljetussuoritteella kuvataan kuljetuksessa tai kuljetuksissa tehtävää kokonaistyömäärää. Kuljetusmäärässä yksikkönä käytetään yleensä tonnikilometriä [tkm]. Tonnikilometrillä tarkoitetaan 1000 kg:n kuljettamista yhden kilometrin matkan. (Karhunen ym. 2004, 58.)

Tieliikenteen *kuljetusmäärää* voidaan mitata usealla menetelmällä. Tyypillisesti kuljetusmäärän mittayksikkönä käytetään massaa yksikön ollessa tonni [t]. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää tilavuuden yksikkönä kuutiometriä [m³]. (Karhunen ym. 2004,

58.) Eri mittayksiköiden avulla kuljetussuoritteet voidaan kohdentaa eri liikennemuo-
doille, alueille ja tuoteryhmiin (Kallberg, Harri. Liikenneteknologia).

Tarkastelemalla ajoneuvon *täyttöastetta* pystytään seuraamaan kuljetusten tehok-
kuutta. Täyttöastetta voidaan mitata eri tavoilla kuormamateriaalin painon tai tilavuu-
den mukaan. Kuormattaessa ajoneuvoa raskaalla kuormamateriaalilla, ajoneuvon ko-
konaismassan saavuttaminen tarkoittaa 100 %:n täyttöastetta. Kevyellä materiaalilla
seurataan kuormatilan tilavuuden täyttöastetta. (Karhunen, ym. 2004, 59.)

Tyhjänäajoprosentilla mitataan kuormaamattomana ajettujen matkojen suhdetta koko-
naisajosuoritteeseen. Esimerkiksi vietäessä kuorma kohteelle ja palattaessa takaisin,
ajoneuvon tyhjänäajoprosentti on 50 %. (Oksanen 2004, 44.) Tyhjänäajoa syntyy aina,
kun kuljetusvälineen kuorma puretaan eri kohteessa kuin se seuraavaksi lastataan (Ok-
sanen 2004, 72).

3.5 Suoritekäsitteet

Kapasiteetti ilmaisee tavoitteellisen enimmäissuoritemäärän suhteen suoritteeseen
käytettyyn aikaan. Kapasiteetti voidaan laskea tavara-suoritteena [tonni], ajosuorit-
teena [kilometri] tai kuljetussuoritteena [tonnikilometri] tarkoitukseen sopivaa aikayk-
sikköä esim. tuntia tai kuukautta kohden. Tällöin puhutaan vastaavasti tavarakapasi-
teetistä, käyttökapasiteetista tai kuljetuskapasiteetista. Tavarakapasiteetti huomioi vain
kuljetettavan tavaramäärän, käyttökapasiteetti ajettavan kilometrimäärän ja kuljetus-
kapasiteetti kuljetettavan tavaramäärän ja suoritteen. (Oksanen 2004, 39.) Kapasiteetin
riippuessa laskentaperusteeksi valitusta aikamäärästä, vaihtelee laskennallinen kapa-
siteetti kuljetustarpeista, työvuorojärjestelyistä ja kuljetusten suunnittelusta riippuen.
Kapasiteetin laskennan ongelmana on kuljetuskaluston hyötyasteen, käyttöajan ja suo-
ritenopeuden määrittäminen sekä kuljetusolosuhteiden vaihtelut. (Oksanen 2003, 34.)

Määrättyä ajanjaksona tapahtunutta kuljetussuoritemäärää nimitetään *toiminta-as-
teeksi* (Oksanen 2003, 27). Toiminta-asteen vaihtelu vaikuttaa voimakkaasti kuljetus-
ten yksikkökustannuksiin. Tämä heijastuu edelleen hinnoitteluun ja kannattavuuteen.

Korkea toiminta-aste mahdollistaa hyvän kilpailukyvyn mahdollistamalla hinnaltaan edullisempia kuljetuksia kuin alhaisen toiminta-asteen yritys. Kuljetuksien hintojen ollessa samanlaisia, on korkealla toiminta-asteella toimivan yrityksen kannattavuus parempi. Toiminta-asteen kasvaessa taloudellisuus kasvaa, koska toiminta-asteesta riippumattomat kiinteät kustannukset jakautuvat suuremmalle suoritemäärälle. Muuttuvat kustannukset kasvavat lineaarisesti, hyppäyksittäin tai progressiivisesti toiminta-asteen kasvusta riippuen. Pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa lähes kaikki kustannustekijät ovat muuttuvia kustannuksia. (Oksanen 2004, 42.)

Hyötykuorma tarkoittaa ajoneuvon suurinta sallittua kuljetettavaa kuormaa (maksiminettokuorma). Hyötykuormaa rajoittavia tekijöitä ovat lain määrittämät ajoneuvoa koskevat suurimmat sallitut mitat ja kantavuus. (Oksanen 2004, 42.) Hyötykuormaa mitataan kuljetettavan materiaalin ominaisuuksien perusteella:

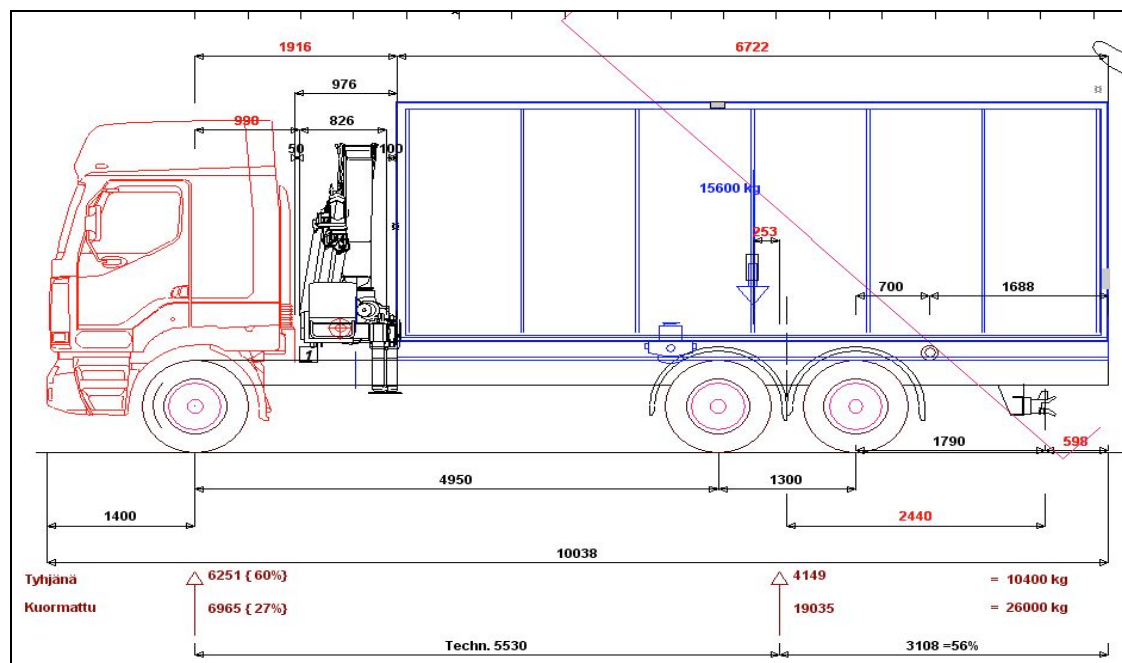
- 1) painavilla massa- ja kappaletavaroilla tonneina [t],
 - 2) kevyillä tilaa vievillä materiaaleilla kuutiometreinä [m³],
 - 3) säiliössä kuljetettaville nestemäisille materiaaleille litroina [l],
 - 4) määrämittaisille tavaroille kappaleina [kpl], lavoina [lava] tai rullakoina [rl].
- (Oksanen 2004, 43.)

Hyötykuorman kasvattaminen on kuljetustalouden tärkeimpiä tehtäviä. Hyötykuormakykyä voidaan tehostaa mitoittamalla kuljetuskaluston kuormatila kuljetustarvetta vastaavaksi. Rajoitukset huomioiden tehostaminen voi olla ajoneuvon maksimimittojen käyttäminen tai ajoneuvon keventäminen kantavuuden lisäämiseksi. Optimaalinen hyötykuorma saavutetaan kun ajoneuvon kuormatilan tilavuus ja lakisääteinen kantavuus ovat molemmat hyödynnetty 100 %:sti. (Oksanen 2004, 43.)

3.6 Kalustovaatimukset irtolastikuljetuksille

3.6.1 Ajoneuvo varusteineen

Käytettävän ajoneuvokaluston ominaisuudet vaikuttavat kuljetuksen kilpailukykyyn. Kilpailukykyä lisääviä ominaisuuksia ovat ajoneuvon kantavuus, kuormatilan tilavuus, ajettavuus metsäteillä, kuorma- ja purkuvarustus. (Tekes 2003.) Ympärivuotiseen kuljetustoimintaan käytettävän ajoneuvon tulee olla metsätiekelpoinen. Metsätiekelpoisuus mahdollistaa ajoneuvon pääsemisen varmasti ja aikaa säästäten keruupaikoilla. Irtolastikuljetusajoneuvojen kuormausrusteena käytetään usein hydraulista nosturia, jolla kuorma- tai vetoauton kuormatila voidaan kuormata ilman erillistä kuormauskalustoa. (Vähänummi 6.6.2006.) Purkuvarustuksena vetoauto-kuljetuksissa käytetään vallitsevasti sekä hydraulikippia että ketjupurkulaitetta (Liite 2). Talvella tapahtuvaan lumessa ajon helpottamiseksi ajoneuvon renkaisiin voidaan asentaa lumi-ketjut. (Vähänummi 6.6.2006.) Katso kuva 6 tyypillisestä irtolastikuorma-autosta.



Kuva 6. Nosturilla ja hydraulikippillä varustettu Sisu E11 M K-PP 6x2 kuorma-auto.

Ruo'on tuotantopaikat muuttuvat ja samalla keruupaikat. Tämän seurauksena kuormauspaikan löytäminen saattaa olla ongelmallista. (Alakangas & Holviala 2003, 123.) Ajoneuvovarusteena voidaan käyttää ajoneuvoon liitettyä navigointijärjestelmää, jonka avulla hakeauto pystytään ohjaamaan tarkasti ruo'on keruu- ja purkupaikoille reaaliaikaisen tiedon perusteella. Käytössä olevia sovelluksia ovat esim. Digiroad, Genimap sekä Arbonaut Oy:n FleetManager-järjestelmä. FleetManager-järjestelmä koostuu internet-pohjaisesta toiminnan ohjaussovelluksesta, kartta-aineistopalvelimesta ja ajoneuvopäätelaitteesta. (Alakangas 2002, 131.) Internet-sovellusten karttapalvelut eivät täysin pysty vastaamaan vaadittua paikannustarkkuutta. Metsäliiton karttamateriaalit koetaan yleisesti käyttökelpoisiksi, koska niissä on valmiina kohdeinformaatiota (kääntöpaikat, ajosuunnat, painorajoitettut sillat tms.). (Alakangas 2002, 130.)

3.6.2 Perävaunu varustuneen

Kuormakapasiteettia rajoittaa kevyellä materiaalilla suurin sallittu tilavuus ja painavalla materiaalilla suurin sallittu kokonaispainopaino (Tekes 2003). Hakeautojen kuormatilatilavuus on Suomessa 100 – 145 m³, keskitilavuuden ollessa 120 m³. (Alakangas & Holviala 2003, 90.) Kuormakorin tulee suojata kuormattua irtolastimateriaalia kosteudelta. Vettyessään pelletti sekä briketti turpoavat että hajoavat. Paalien altistuminen kosteudelle vaikuttaa heikentävästi niiden poltto-ominaisuuksiin. Kuormakorin tulee olla päältä aukeava, joka mahdollistaa hakkeen kuormaamisen yläkautta joko pyöräkuormaajalla tai puhaltamalla. (Vähänummi 6.6.2006.) Erityisellä kuorman tiivistämislaitteella varustetut perävaunut voivat kaksinkertaistaa kuljetettavan hakkeen tilavuuspainon (Alakangas 2002, 125). Tiivistäminen rasittaa ajoneuvon rakenteita enemmän kuin normaali irtolastikuormaaminen. Kuorman tiivistämistä käytettäessä ajoneuvon kuormatilan laidat ja pohja tulisi olla katettu teräslevyillä. (Alakangas 2001, 57.)

Kaksi vallitsevaa ajoneuvon kuormakorin purkamismenetelmää ovat ketjupurkaimen avulla takaovista purkaminen ja hydraulisesti sivulle tai taakse kippaamalla purkaminen (haastattelu kts. liite 2). Ketjupurkain muodostuu kuormakoriin pitkittäissuunta-

sesti asennetuista esim. kolmesta ketjulenkistä. Ketjujen välissä on määrätyllä etäisyydellä kolia, jotka ketjujen vetäminä työntävät kuormatun materiaalin ulos kuormakorin takaovesta. (Vähänummi 6.6.2006.)

Esimerkkitapaus Kuljetusliike Hakonen.

Kuljetusliike Hakonen uudisti irtorisuaajoneuvon. Uusi ajoneuvo varustettiin suurella 200 kNm:n kuormaimella entisen 88 kNm:n sijasta, suuremmalla hakekauhalla ja suuremmalla erityisvahvalla kuormatilalla. (Alakangas 2001,161.) Kuvassa 7 on esitetty ajoneuvo nykymuodossaan. Kuormatilan tilavuus nousi 128 m³:iin. Ajoneuvon kuormakapasiteetti nousi 12 % vanhaan ajoneuvon verrattuna ja kuorman purkaminen nopeutui 40 % kuutiometriä kohden. Uudella varustuksella kuormattaessa kuormauksen ajanmenekki oli keskimäärin 1,6 min/m³, joka nopeutui 47 % vanhaan kalustoratkaisuun verrattuna. Kuorman purkamisen ajankulutukseksi saavutettiin 0,43 min/m³. Laskennalliset kokonaiskustannukset laskivat 20 % vanhaan kalustoon verrattuna.(Alakangas 2001, 162)

3.6.3 Kuormausalueen vaatimukset

Keruupaikalle johtavan tien tulee vastata nykyaikaisen tiekuljetuskaluston vaatimuksia. Hakekuljetuksissa käytetyn moduuliajoneuvon suurin sallittu kokonaismassa on 60 tonnia, kääntyvyysäteen ulkomitta 12,5 metriä ja korkeus 4,2 metriä. (Karhunen ym. 2004, 33, 40). Ajoneuvon massaa kantavaa tasaista tiepohjaa tulee olla vähintään neljän metrin leveydellä. Kuormauspaikalla tai sen välittömässä läheisyydessä tulee olla kääntyvyysäännön täyttävä alue. (Bioenergia 2006, 2.)

3.7 Kuorman vaikutus kuljetuksiin ja kuormauskalustoon

Kuljetuksellisesti irtolastikuljetuksen tärkein tekninen ominaisuus on sen massan suhde tilavuuteen (Alakangas 2000, 53). Optimaalinen kuljetussuhde saavutetaan, kun kuljetusajoneuvon täyttöaste ja kantavuus saadaan hyödynnettyä mahdollisimman tehokkaasti Alakangas 2003, 85). Kuorman määrää rajoittavat tieliikennelain asettamat

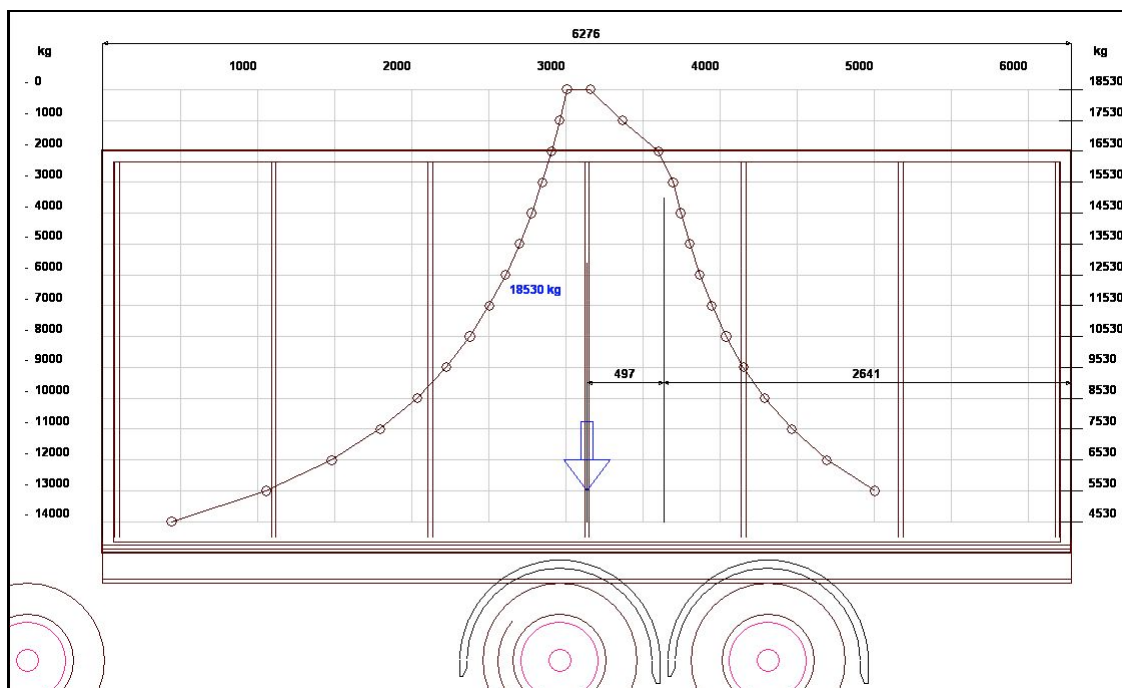
rajoitukset ajoneuvon suurimmista sallituista mitoista ja massoista (Karhunen ym. 2004, 33, 39, 40).

Kuljetuskalustoa suunniteltaessa lähtökohtana voidaan käyttää kerättävän alueen pinta-alaa ja kuorman fyysisiä ominaisuuksia. Järviruon keskimääräinen satotuotto on 5 tonnia kuivamateriaalia hehtaaria kohti. Suhteuttamalla kerättävän alueen kuivamateriaalin kokonaismassa esikäsittelymuotojen kuutiomassaan, pystytään laskemaan kunkin muodon kuljetustarve. (Hagelberg 2007.)

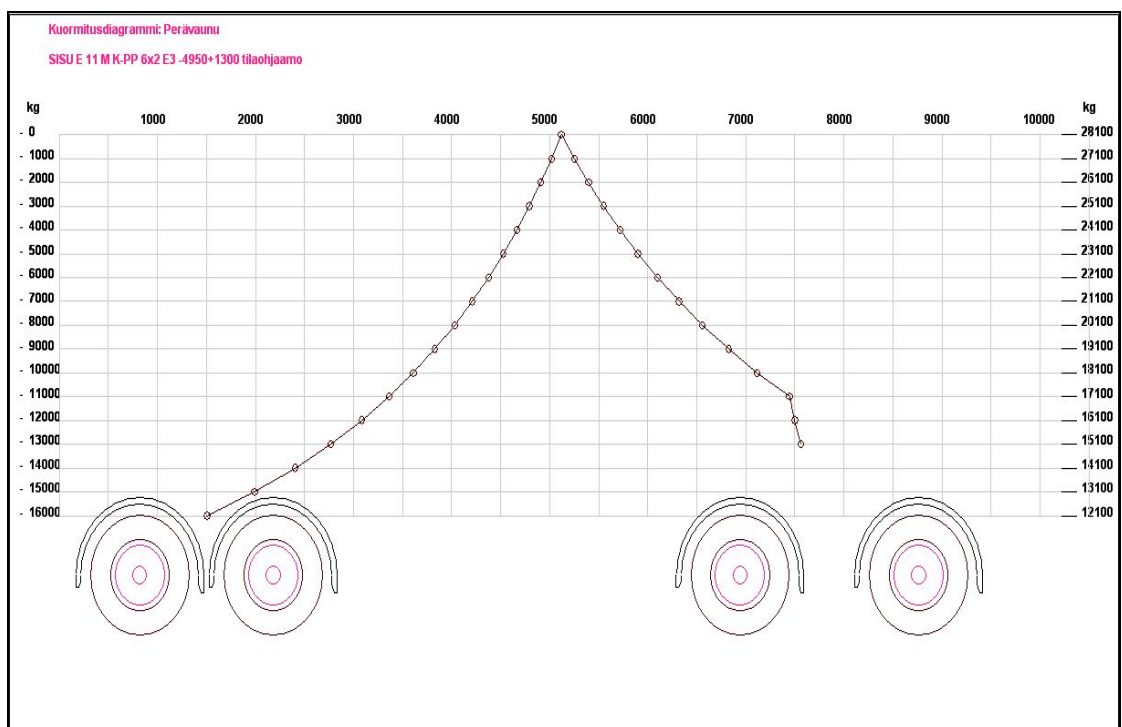
Kuorman painopisteen sijainti rajoittaa omalta osaltaan kuormausta. Epätasainen kuorma aiheuttaa momenttiyhtälön mukaisesti kuorman painopisteen siirtymisen kuormatilan päihin. Tällöin lakisääteiset akselimassat voivat ylittyä vajaillakin kuormilla. Kuorma-autolla painopisteen kohdistamisella telille saadaan optimaalinen kuormaustilanne, jolloin voidaan käyttää ajoneuvon maksimikantavuus hyväksi. Kuorman painopisteen kohdistaminen keskelle perävaunun akselien pituussuuntaista etäisyyttä mahdollistaa maksimikantavuuden hyväksikäytön.

Pienellä irtolastimateriaalilla kuorman painopiste kohdistuu tasaisesti koko kuormatilan lattiapinta-alalle. Tasainen kuormitus kohdistaa kuorman painopisteen kuorma-autolla telille tai perävaunussa akselien keskilinjalle, jolloin kuormaaminen voidaan suorittaa kantavuuden rajoissa. Katso taulukko 4 ja 5 kuorma-auton ja perävaunun kuormituksesta.

Taulukko 4. Nosturilla ja hydraulikipillä varustettu Sisu E11 M K-PP 6x2 kuorma-auton kuormitusdiagrammi.



Taulukko 5. Sisu E11 M K-PP 6x2 hydraulikipillä varustetun perävaunun kuormitusdiagrammi.



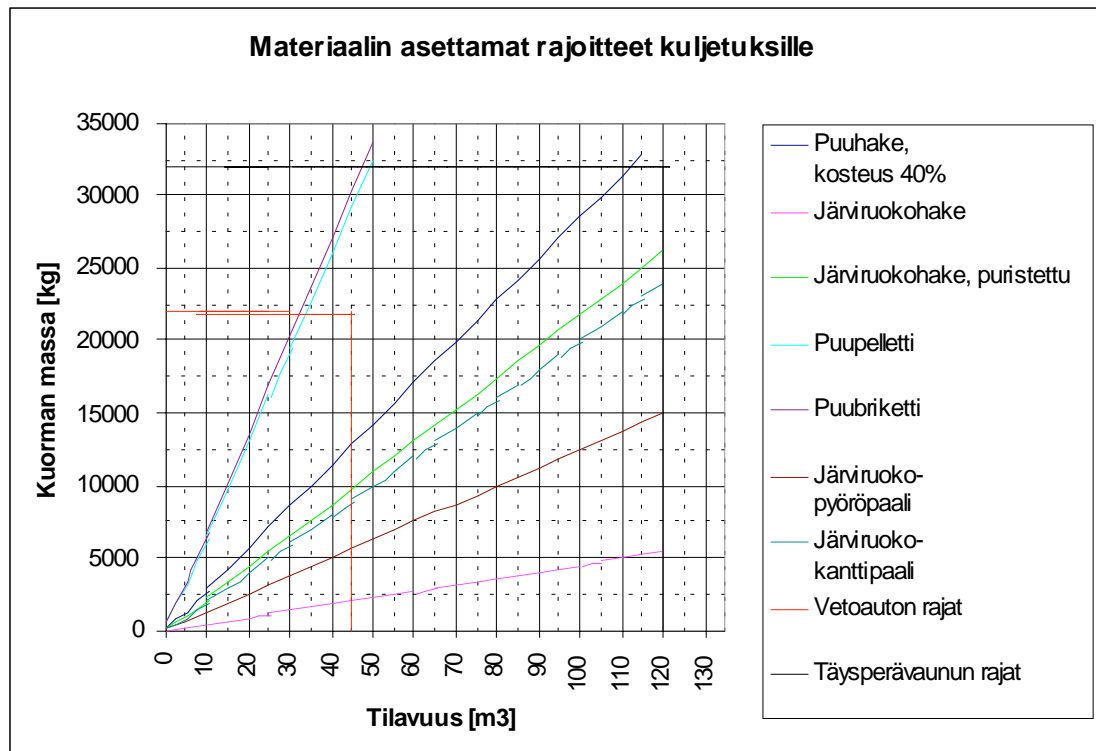
Kuljetettavan materiaalin fyysiset ja kemialliset ominaisuudet ovat kuormankäsittelylaitteiden valinnan perustana. Kiinteää irtolastitavaraa voidaan kuormata käyttämällä kauhoja, siiloja tai erilaisia irtolastikuljettimia. Kuorman purkaminen voidaan suorittaa kippaamalla tai irtolastimateriaalin purkulaitteella. (Oksanen 2003, 60.) Kuormaustehollisesti paras tulos irtolastitavaralla saavutetaan etukuormaajalla. Kauhalla kuormattaessa irtomateriaali pudotetaan ylhäältä kuormatilaan, jolloin kuormasta muodostuu selvästi tiiviimpi kuin esimerkiksi puhaltamalla kuormattaessa. (Alakangas 2001, 201.)

Pellettejä ja brikettejä kuormatessa sopiva kuormausmuoto on kauhalla varustettu etupyöräkuormaaja. Hydraulinen hakekoura rikkoo kuormattaessa pelletit ja brikitit. Kantti- ja pyöröpaaleja ei voida kuormata kauhalla. Sopiva kuormausmuoto paaleille on haarukkakauhalla varustettu pyöräkuormaaja. Käsittely-yksiköstä riippumatta lastaamiseen ja purkamiseen voidaan käyttää ajoneuvon kuormalavaan kiinnitettyä hydraulista nostinta. Nostimen nostokyvyn tulee olla maksimietäisyydellä vähintään 750 kiloa ja sen toimintaulottuvuus 4,2 metriä. Tyypillinen nosturi on asennettavissa suoraan kuormalavan runkoon. Runkoon asennetun kierukkavaihteen ansiosta sillä voidaan saavuttaa 330 asteen kääntökulma. (Teinilä 2.6. 2006.)

Kuljetustaloudellisesti irtolastimateriaalin lähtötiiviiden merkitys on tärkeämpi kuin kuorman lopputiiviyden. Tiiviyskertoimella osoitetaan kuinka paljon kiintokuutioita tulee yhdestä irtokuutiosta. Irtolastimateriaalin tiiviyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat palakoko, palan muoto, kosteus, kuormausmenetelmä ja painuminen. Hakkeella tiiviyden luokkaa 0,4. Kuorman painuminen on merkittävää kuljetuksen alussa mutta irtolastimateriaali tasaantuu jo 0-20 km:n kuluttua liikkeelle lähdöstä (Alakangas 2000, 51). Päältäkuormaamalla irtolastimateriaali saadaan kuormattua tiiviimpään muotoon kuin muilla kuormausmenetelmillä. Kuormauskalustot, joiden avulla pystytään kuormaamaan hakeajoneuvoa ja –vaunua yli niiden 4,2 metrisen kuormatilan kyljen, voidaan käyttää päältäkuormaamiseen. Ehdon täyttäviä käytettäviä menetelmiä ovat pyöräkuormaajalla, hihnakuljettimella ja puhaltamalla suoritettavat kuormaukset. Päältäkuormaaminen mahdollistaa kevyen irtolastimateriaalin kapasiteetin lisäyksen kuormatilan tilavuuden ollessa rajoittava tekijä. (Alakangas 2000, 50).

Kuormattavien irtolastimateriaalien ominaisuudet rajoittavat ajoneuvojen kuormausastetta. Pellettien ja briketin rajoittavana tekijänä on niiden suuri kuutiopaino. Ajoneuvojen sallittu kokonaismassa saadaan hyödynnettyä kuorma-autolla 72 – 75 %:n ja yhdistelmäajoneuvolla 40 – 41 %:n kuormatilan täyttöasteella. Hakkeen kuutiopaino on käsittelymuodoista kevyintä. Haketta kuljetettaessa saadaan ajoneuvon täyttöaste hyödynnettyä, mutta sallittua kantavuutta ainoastaan kuorma-autolla noin 9 % ja yhdistelmäajoneuvolla noin 17 %. (Vuorma 7.2.2007.) Kevyen materiaalin kuljettaminen korottaa tuotteen tonnikipometrikustannuksia aiheutuen materiaalin suuresta tilavuuden tarpeesta. Vastaavasti painavan materiaalin kuljetuksellinen kuutiokustannus on korkea verrattuna kevyen materiaalin kuutiokustannukseen. Katso taulukko 6.

Taulukko 6. Materiaalien vaikutus kuormaukseen.



4 AUTOKULJETUSTEN TOIMINTOLASKENTA

4.1 Toimintolaskennan tarkoitus

Taloudellisuus ja tuottavuus muodostavat perustan yrityksen kilpailukyvyille ja sen taloudelliselle tulokselle (Sakki 1999, 49). Toimintoperusteisessa laskentamallissa yrityksen organisaatio jaetaan toimintoihin, joita analysoimalla voidaan selvittää yrityksen todellinen toiminta-aste (Oksanen 2004, 25). Toimintolaskelman tehtävä on kohdistaa kustannukset oikean resurssikulutuksen mukaan yksittäisille toiminnoille. Kustannusten kohdistaminen suoritetaan käyttämällä kustannusajureita, joilla mallinetaan todellista tilannetta. (Pouri 1997, 202). Toiminnoille määritetään niiden aiheuttama resurssien kulutuksen rakenne ja kustannukset (Karrus 2001, 201). Ainoastaan oikein kohdistetulla resurssien kulutuksen seurannalla on mahdollista selvittää toimintojen todelliset kustannukset. (Karrus 2001, 200.) Yrityksen toimintoprosesseihin perustuva toimintolaskenta vastaa ja antaa perusteet kuljetustalouden toimintojen suorittamiselle. Tuottavuuden parantaminen ja kannattavuuden kehittäminen vaatii yritykseltä kykyä kohdistaa kustannukset oikeille kustannustekijöille oikealla hinnoittelulla. (Oksanen 2004, 29.)

Kuljetustoiminta vaatii toiminnan ja tehokkuuden seurantaan sisäisen laskentatoimen menetelmiä. Kuljetusyrityksen taloushallinnalla selvitetään yrityksen kuljetustuotannon talousarvion pääomavirtoja. (Karhunen, ym. 2004, 87.) Lähtökohtaisesti kustannusten kohdistaminen kuljetusvälineelle tapahtuu tuotos – panos perusajatuksen mukaisesti. Kaikki ne tuotantopanosten kustannukset, jotka aiheutuvat kuljetusvälineen käytöstä tai sen tuotoksen aikaansaamisesta, kohdistetaan aiheuttamisperiaatteella kuljetusvälineelle. (Oksanen 2004, 60.)

4.2 Toimintolaskennan tulosten hyödyntäminen

Toimintolaskennalla pystytään löytämään kannattavat ja kannattamattomat suoritteet. Toimintotietojen perusteella suoritteet pystytään asettamaan kannattavuusjärjestykseen. Teoriassa suoritteet kasvattavat yrityksen pääomavirtoja. (Karrus 2001, 203.) Toimintolaskennan mahdollistamalla analysoinnilla on mahdollista erotella asiakkaat taloudellisesti kannattavien, tuottamattomien ja ei-kannattavien ryhmiin. (Karrus 2001, 204.) Suoritettavina korjaustoimenpiteinä voidaan suorittaa sopimusten uudelleen tarkastelua ja toimintatapojen kehittämistä. Viimeisenä toimenä voidaan luopua toiminnosta tai asiakkaasta. (Karrus 2001, 203.) Ilmenevänä ongelmana voidaan todeta joidenkin ei-kannattavien toimintojen olevan yhteydessä muihin suoritteisiin. Aina ei ole mahdollista irrottautua ei-kannattavasta suoritteesta heikentämättä muiden suoritteiden kannattavuutta. Tällöin tavoitteena on minimoida ei-kannattavien suoritteiden osuus koko tuotannosta (Karrus 2001, 206.)

4.3 Toimintolaskennan määritteitä

Taloudellisuus on kuljetustoiminnan tärkein tavoite, joka heijastaa yrityksen kaikkiin muihin toimintoihin (Oksanen 2004, 29.) Näitä toimintoja ovat mm. kannattavuus, hinnoittelu, kilpailukyky, palvelutaso ja kuljetusvarmuus. Kuljetuskustannus on kuljetussuoritteiden käytettyjen tuotantotekijöiden todellinen arvo. Kuljetuksen taloudellisuuden laskemiseen tarvitaan tarkoituksenmukainen kuljetussuoriteyksikön valinta ja suoritteiden mittaaminen. Suoritteesta riippuen kuljetuksen taloudellisuuden lukuarvo muuttuu kustannusten säilyessä muuttumattomina. Kustannukset ovat sidoksissa suoritteisiin, koska kuljetusetäisyyden ja tavaramäärän muuttuessa myös kuljetustyö ja –kustannukset muuttuvat. (Oksanen 2004, 30.)

Kuljetussuorite voidaan katsoa kannattavaksi silloin kun sen tuotot ovat suuremmat kuin kustannukset. Mikäli aiheutuneet kustannukset ovat tuottoa suuremmat, kuljetussuorite on tappiolista. Kannattavuuden laskemiseksi tarvitaan kuljetussuoritteiden hinnoittelu- ja laskutusarvot, joista syntyy tuloa. Kannattavuus mittaa eri asioita taloudel-

lisuuteen verrattuna. Taloudellisuutta ja kannattavuutta yhdistää se, että taloudellisuuden kasvaessa myös kannattavuus paranee. (Oksanen 2004, 30.)

Tuottavuus mittaa kuljetussuoritteiden määrää tuotantopanosta kohden. Tuotantopanoksella tarkoitetaan tuotokseen suoritettua materiaalmäärää, aikaa ym. panosta. Yrityksen suoritustehokkuutta voidaan mitata työn tuottavuuslukua mittaamalla. (Hokkanen ym. 2004, 32.) Tuottavuusluvulla tarkoitetaan sitä arvoa, kuinka moninkertaisena yritys hyötyy palkkakustannussijoituksensa (Hokkanen, ym. 2004, 33).

4.4 Kustannustekijöiden luokittelu

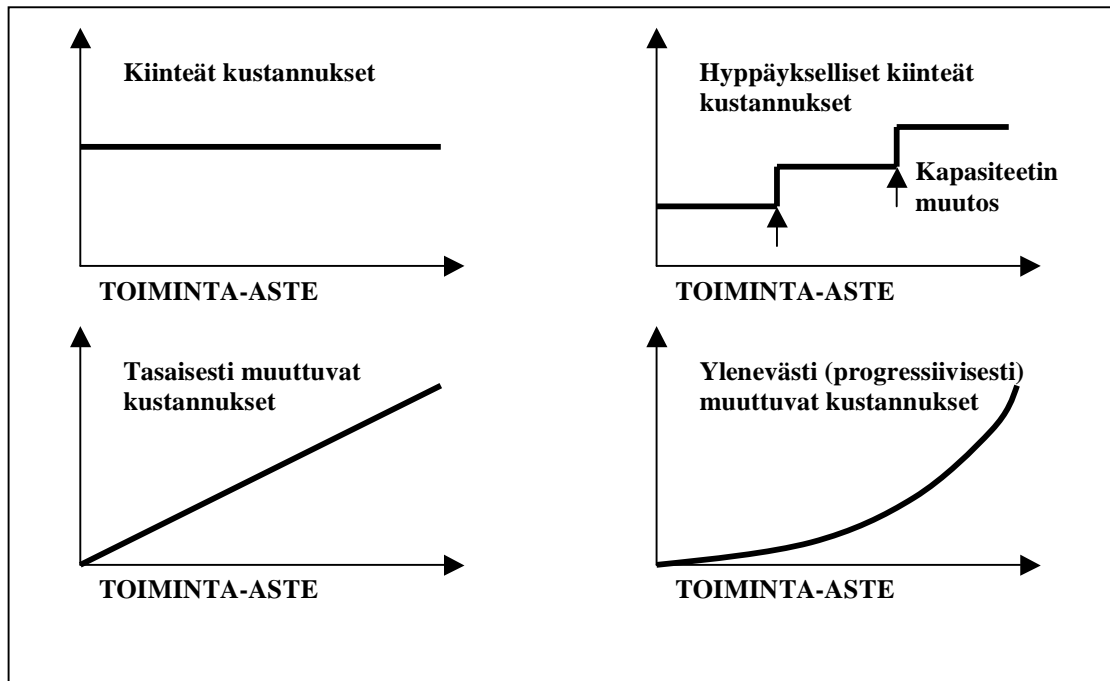
Kustannuksella tarkoitetaan tuotantotekijän sekä suoritteen rahassa mitattua käyttöä että kulutusta (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 43). Kuljetustaloudessa muodostuvat kustannukset ovat yleisluonteisesti luokiteltu työkustannuksiin, kuljetuskaluston kiinteisiin ja muuttuviin kustannuksiin (Oksanen 2004, 62.) Toimintokohtaisessa kustannuslaskennassa kiinteät ja muuttuvat kustannukset jaetaan edelleen välittömiin ja välillisiin kustannustekijöihin syy-yhteyden perusteella. Kustannuksen aiheutumisen syy-yhteyden perusteella kustannukset jaetaan edelleen erillis- ja yhteiskustannuksiin. (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 54.) Katso kuva 5. kustannusten luokittelusta (Oksanen 2004, 58).

Muuttuvat kustannukset	Välittömät kustannukset	Erillis- kustannukset	Kokonaiskustannukset
-----	-----	-----	
-----	-----	-----	
-----	-----	-----	
Kiinteät kustannukset	Välilliset kustannukset	Yhteis- kustannukset	

Kuva 7. Kustannusten luokittelu (Oksanen 2004, 58).

Kiinteät kustannukset muodostuvat kuljetuskapasiteetin hankintaan ja toimintavalmiuden ylläpitämiseen tarvittavista investoinneista. Ne eivät ole lineaarisesti yhteydessä toiminta-asteeseen tai kuljetussuoritteiden määrään. Kiinteät kustannukset syntyvät, vaikka tuotantoa ei olisi lainkaan käynnissä (Ala-Nissilä & Sinervo, 1995). Käytettävän kuljetuskapasiteetin muutos aiheuttaa hyppäyksellisen muutoksen kustannuksiin. (Oksanen 2004, 59.) Kiinteitä kustannuksia muodostavat liikennöintikulut, investointien pääomakulut, verot, vakuutukset ja laitteiden vuokrat. (Karhunen, Pouri & Santala 2004, 91.)

Kuljetuskaluston kiinteät kustannukset eivät ole suoraan yhteydessä ajosuoritteeseen tai toiminta-asteeseen. Tästä seuraten kiinteät kustannukset kohdistetaan ajoneuvolle vuosikohtaisesti. (Oksanen 2004, 91.) Ajoneuvon arvon aleneminen otetaan huomioon poistoin, jotka tarkoittavat renkaattoman ajoneuvon arvon vuotuista alenemista. Arvon aleneminen on luonteeltaan degressiivistä, eli arvo alenee vuosittain suhteellisesti edellisen vuoden jäännösarvosta laskettuna. Arvon alennusprosenttia tarvitaan ajoneuvokohtaisten kulujen laskentaan ja sillä ilmaistaan ajoneuvon arvon prosentuaalinen vuosittainen aleneminen. (Jalkanen, Kari, henkilökohtainen tiedonanto 20.9.2006.) Katso kuvasta 9 kuljetussuoritemäärän ja toiminta-asteen muutoksista riippuvat kustannukset.



Kuva 8. Kuljetussuoritemäärän ja toiminta-asteen muutoksista riippuvat kustannukset (Oksanen 2003, 41).

Kuljetustoiminnan *muuttuvat (suorat) kustannukset* ovat yhteydessä kuljetussuoritteiden määrään. Kaikki kuljetussuoritemäärästä ja toiminta-asteen muutoksista riippuvat kustannukset ovat muuttuvia kustannuksia. Riippuvaisuus voi olla lineaarisesti muuttuvaa, portaittaista tai progressiivisesti muuttuvaa. Muuttuvat kustannukset muodostuvat kuljetuskaluston poltto- ja voiteluainekustannuksista, rengaskustannuksista, varaosakuluista ja huoltokuluista. (Oksanen 2004, 59.) Kiinteitä kuljetuskaluston kustannuksia ovat kuljetusvälineen pääomakustannukset korkoineen sekä poistoineen, liikennöimismaksut, vakuutukset ja muut kiinteät kustannukset. (Oksanen 2004, 61.)

Kuljetuskaluston muuttuvat kustannukset ovat suoraan verrannollisia ajosuoritteeseen ja toiminta-asteeseen. Ne kohdistetaan ajoneuville kilometrikustannuksina. (Oksanen 2004, 94.) Muuttuvia kuljetuskaluston kustannuksia ovat kuljetusvälineen energia-kustannukset, huolto- ja korjauskustannukset, käynnissä pidon yleiskustannukset ja muut muuttuvat kustannukset. (Oksanen 2004, 61.)

Työkustannukset muodostavat maantiekuljetusten suurimman kustannustekijän. Ne muodostuvat kuljettajien palkoista sivukuluineen ja luontaisetuineen. Palkat voivat olla luonteeltaan aika- tai suoritesidonnaisia. (Oksanen 2004, 89.) Tehollisten työtuntien lisäksi palkkakuluihin luetaan erilaiset kuljetustyöhön liittyvät kuormaus-, ajo- ja lastausajat (Oksanen 2004, 90). Kuljetustyökustannuksia ovat kuljetustyöhenkilöstön aiheuttamat muuttuvat työkustannukset, suorat työkustannukset, välilliset palkkakustannukset ja henkilöstön kustannuskorvaukset. (Oksanen 2004, 61.)

Välittömät kustannukset pystytään kohdistamaan tietylle suoritteelle, koska syy-yhteys on selvä. Ne ovat useimmiten luonteeltaan muuttuvia. Välittömiä kustannuksia muodostavat esimerkiksi valmistuksen käyttämät raaka-aineet ja tarvikkeet. (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 54.) Välillisiä kustannuksia ei voida suoraan kohdistaa toimintoille, suoritteille tai asiakkaille vaikka ne olisivat välttämättömiä toiminnoille. Ne kohdistetaan tästä johtuen välillisesti toiminnoille jakamalla ne resurssista hyötyvien toimintojen kesken. (Oksanen 2004, 58.) Välilliset kustannukset ovat usein luonteeltaan kiinteitä kustannuksia (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 54).

Yhteiskustannukset ovat usealle toiminnolle tai laskentakohteelle yhteisiä. Niitä ei pystytä kohdistamaan vain yhdelle kohteelle. (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 55.) Vaikka toiminto tai suorite poistettaisiin, kustannustekijä jää jäljelle (Oksanen 2004, 58). Erilliskustannukset ovat selkeän syy-yhteyden perusteella kohdistettavissa suoraan kustannustekijälle. Kustannustekijän aiheuttaman toiminnon tai suoritteen jäädessä pois, myös kustannukset katoavat. (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 54.)

Kokonaiskustannukset saadaan selville laskemalla yhteen toiminnon kaikkien vaiheiden kiinteät ja muuttuvat kustannukset (Jyrkkiö & Riistamo 1999, 67). Toimintoprosessin kokonaiskustannus määräytyy jokaisen toimintoprosessiin käytetyn tuotantotekijän määrällä jaettuna sen yksikkökustannuksella (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 43). Laskennallisesti on tärkeää, että tuoton aiheuttavan toiminnon kustannukset ovat kohdistettu juuri oikealle toiminnolle (Neilimo & Uusi-Rauva 2001, 44).

Kustannusten rakenne ja määrä vaihtelevat ajoneuvokohtaisesti eri kustannustekijöistä johtuen. Ajoneuvokohtaisia kustannustekijöitä muodostavat ajoneuvon suoritekohtainen soveltuvuus, tarkoituksenmukaisuus, työaikojen suunnittelu, ajoneuvon energia-kustannukset ja vakuutuksiin sisältyvä riskien hallinta. Kustannuslajeja seuraamalla ja analysoimalla yritys voi vaikuttaa joko suoraan tai välillisesti kertyviin kustannustekijöihin. (Karhunen, ym. 2004, 91.) Kuljetuskustannusten tarkka seuranta ja analysointi auttavat yritystä arvioimaan taloudellisen kehityksen suunnan. Tämä mahdollistaa yritystä hinnoittelemaan tarjoamansa kuljetuspalvelut kannattaviksi. Kustannusseurannan tehokkuuden kannalta on olennaista, että ajoneuvokohtainen kustannusseuranta on luonteeltaan objektiivista. (Karhunen, ym. 2004, 94.)

4.5 Kustannukset ja hinnoittelu

Vuosittainen kokonaiskustannus syntyy kiinteistä ja muuttuvista kustannustekijöistä. Hinnoittelun periaatteena on toiminnoista aiheutuneiden kustannuksien kattaminen lisättynä sopivaksi päätetyllä pääoman korolla ja katteella. Hinnoittelun lähtökohtana toimii omakustannushinnan määrittely, joka koostuu omakustannusarvosta ja tuottovaatimuksen summasta. Omakustannusarvo määritellään kuljetussuoritteen investoinnin arvon ja ajan suhteenä. Lisäämällä tähän tuottovaatimus prosentteina, saadaan tulokseksi omakustannushinta. (Karrus 2001, 126.) Omakustannushinnan yksikkönä on tyypillisesti [€/km]. Kuormausasteen, kuljetus- ja paluumatkan avulla omakustannushinta voidaan muuntaa omakustannushinnaksi yksikköä kohden ([€/m³], [€/tn], jne.). (Karrus 2001, 127.)

Kuljetuksien vallitsevia maksumuotoja ovat aikaan sidonnaiset maksut, kilometrikohtainen maksu, yhdistetty aika- ja kilometrimaksu ja yksikkömaksu. Aikamaksua käytetään ajosuoritteen ollessa erikoisen lyhyt tai suoritteen sisältäessä paljon seisontaa, jolloin ajosuoritteen keskinopeus jää alhaiseksi. Kilometrikohtainen maksu on tyypillisesti käytössä pitkien ajoetäisyyksien suoritteilla. Kilometri- ja aikakohtainen maksu toimii maksuperusteena, kun ei tiedetä seisonta-ajan osuutta kokonaiskuljetussuoriteajasta. (Karrus 2001, 127.)

Esimerkki muuttujien vaikutuksesta kustannuksiin ja hinnoitteluun:

Päätetään toteuttaa järviruokokuljetuksia samalta korjuualueelta samalle käsittelylaitokselle. Käsittelymuotojen kuljetuskustannusvertailu suoritetaan hakkeella, pelletillä, briketillä, pyöröpaalilla ja optimikokoisella kanttipaalilla. Kuljetusmuotoina käytetään ensin 45 m³ kuorma-autoa ja myöhemmin 120 m³ ajoneuvoyhdistelmää. Jokaista käsittelymuotoa varten varataan 5 hehtaarin alue, josta järviruoko niitetään ja esikäsitellään valmiiksi kuljetuksia varten. Kuljetusten ajoetäisyydet ovat 40 kilometriä kuljetusyrityksestä korjuualueelle, 60 km korjuualueelta käsittelylaitokselle ja 50 km käsittelylaitokselta kuljetusyrityksen tiloihin. Kuljetusten laskennalliset lähtöarvot ovat esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Laskennalliset lähtöarvot.

Laskennallinen tekijä	Laskennallinen lähtöarvo
Työkustannus	11 €/h
Kilometrikustannus	1,13 €/h
Kuljetuksen keskinopeus	35 km/h
Kuorma-auton kuormatila	45 m³
Kuorma-auton kantavuus	22 t
Yhdistelmän kuormatila	120 m³
Yhdistelmän kantavuus	32 t

Laskentaesimerkin hinnoittelulla haketta ei ole mahdollista kuljettaa taloudellisesti kyseisillä kuljetuskalustoilla. Tuloksen aiheutti irtohakkeen tilantarve, joka on yli kymmenkertainen pellettiin ja brikettiin verrattuna. Taloudellisuuden saavuttamiseksi hakeajoneuvo tulisi varustaa kuormatiivistyslaiteella, jolla hakkeen irtokuutiopaino voitaisiin kasvattaa. Suuri kuljetustarve aiheutti hakekuljetukselle työaika- ja kuljetuskustannuksien kasvamisen vahvasti kannattamattoman tasolle. Sama ongelma esiintyi myös täysperävaunulla operoitaessa, mutta ei niin korostetusti. Kevyitä irtolastimateriaaleja kuljetettaessa yksikköhinnoittelu tulisi kohdistaa kuljetettaviin kuutioihin massan sijasta. Katso taulukko 8.

Taulukko 8. Muuttujien vaikutus kustannuksiin ja hinnoittelutarpeeseen.

Käsittelymuoto, kuormatilalla 45 m ³	Kuljetus- suorite [tkm]	Kuormitusaste, keskiarvo [%]	Kuljetus- kustannus [€/km]	Kuljetus- kustannus [€/m ³]	Kokonais- kustannus [€]	Omakustannus- hintaa [€/t]
Hake [556 m ³]	39750	27 %	46,09	4,98	2765	110,61
Pelletti [38 m ³]	6750	44 %	7,74	12,08	465	18,58
Briketti [37 m ³]	6750	43 %	7,74	12,54	465	18,58
Pyöröpaali [208 m ³]	20250	31 %	23,23	6,69	1394	55,75
Kanttipaali [125 m ³]	11250	35 %	12,77	6,13	540	30,65
Käsittelymuoto, kuormatilalla 120 m ³	Kuljetus- suorite [tkm]	Kuormitusaste, keskiarvo [%]	Kuljetus- kustannus [€/km]	Kuljetus- kustannus [€/m ³]	Kokonais- kustannus [€]	Omakustannus- hintaa [€/t]
Hake [556 m ³]	1570	29 %	18,20	1,97	1092	43,68
Pelletti [38 m ³]	3750	35 %	4,26	6,64	255	10,22
Briketti [37 m ³]	3750	35 %	4,26	6,90	255	10,22
Pyöröpaali [208 m ³]	6750	36 %	7,74	2,23	465	18,58
Kanttipaali [125 m ³]	3750	44 %	4,26	2,04	255	10,22

Pelletti ja briketti ovat kuljetustaloudellisesti hyvin samankaltaisia irtolastimateriaaleja. Molemmilla on suuri kuutiopaino, joka rajoittaa sekä kuorma-auton että ajoneuvoyhdistelmän kuormaamista kantavuuden rajoissa. Kuormatilan tilavuus ei ole rajoitteena pelletti- tai brikettikuljetuksissa. Kuormatilavuutta voidaan pienentää ja siten saavuttaa ajoneuvolle parempi ajettavuus. Ajettavuuden parantaminen johtaa suoritteiden keskinopeuden kohoamiseen ja laskee osaltaan työkustannuksia.

Pyöröpaalin muoto on epäedullinen tiivistä kuormaamista ajatellen. Paalin kulmien puuttuminen aiheuttaa kuormatilaan hukkakuumetrimetrejä, jotka ovat pois ajoneuvon kuormatilan käyttökapasiteetista. Optimikokoinen kanttipaali on kuljetustaloudellisesti esimerkin taloudellisin käsittelymuoto yhdistelmäajoneuvokuljetuksissa. Käytettäessä 45 m³:n kuorma-autoa kanttipaalikuljetus aiheutti suoritteille niukasti korkeammat menot kuin tuloja saatiin. Kyseisellä hinnoittelulla tämä ei osoittautunut kannattavaksi toiminnoksi. Kanttipaalikuljetuksen rajoittavana tekijänä on kuormatilan tilavuus. Kasvattamalla yhdistelmäajoneuvon kuormatila 140 m³:iin, voitaisiin toistuvien kanttipaalikuljetuksien taloudellisuutta parantaa. Esimerkkitapauksessa kuljetus-suoritemäärä ei muutu, koska kyseessä on rajallinen kuljetussuorite.

Kaikkien kuljetus- ja käsittelymuotojen yhteinen kuljetuskustannuksia korottava tekijä oli korkea tyhjänäajomäärä. Ajoneuvot kulkivat ilman paluukuormaa polttolaitokselta korjuualueelle, mikä oli tuottamatonta ja kustannuksia kasvattavaa toimintaa. Pitkillä kuljetusetäisyyksillä kuljetuskalustolle sopivia paluukuormia olisi kannattava etsiä reitin varrelta tai reitiltä poikkeamalla. Myös osamatkan kattava paluukuorma voi osoittautua taloudelliseksi ratkaisuksi. Tyhjänäajo voi toisaalta olla taloudellisempaa kuin paluukuorman odottaminen.

5 TUTKIMUSSELOSTUS

5.1 Tutkimuskohde

Tutkimuksen päätehtävänä oli selvittää järviruokokuljetusten kustannukset korjuualueelta käsittelykohteeseen. Laskentamalli perustui autokuljetuksiin kohdistuvaan toimintolaskentaan, jolla selvitettiin eri maantiekuljetustoimintojen aiheuttamat kustannukset logistiselle prosessille. Tutkimuksessa selvitettiin lisäksi järviruo'on esikäsittelymuotojen vaikutukset kuljetuksiin ja kustannuksiin.

Järviruoko (*Phragmites australis*) on 1 -3 metriä korkea monivuotinen heinäkasvi, joka kasvaa runsasravinteisissa vesistöissä (Alakangas 2000, 108). Se kasvaa tiheinä hehtaarien kokoisina kasvustoina ja tukahduttaa kaiken muun korkeamman vesikasvillisuuden. Viimeisten vuosien aikana järviruoko on levinnyt tehokkaasti uusille kasvi-alueille jopa 2 metriä vuodessa juurakkonsa haaroista. Järviruo'on levinneisyys Suomessa kattaa lähes koko maan ollen runsainta Etelä- ja Keski-Suomessa. (Paavilainen 2005, 12.)

Järviruo'on valittu käsittelymuoto vaikuttaa kuljetuskaluston valintaan ja -kustannuksiin. *Hakkeella* tarkoitetaan katkaistua ja 60 – 80 cm pituisiksi pätkiksi katkottua järviruokoa. Järviruokohakkeen irtokuutiopaino on 45 kg/i-m³. *Pelletti* ja *briketti* ovat sylinterinmuotoisia kappaleita, jotka ovat puristettu koneellisesti muotoonsa hienojakoi-

sesta järviruokoaineesta. Pelletin tyypillinen koko on $\varnothing > 25$ mm ja halkaisija pienempi kuin pituus. Briketin tyypillinen kappalekoko on $\varnothing < 25$ mm. Pellettien irtokuutiomassa on 650 kg/i-m^3 ja briketin 675 kg/i-m^3 . Paalit ovat ruo'osta muotoon puristettuja ja sidottuja yksiköitä. Paali voi olla muodoltan kantikas eli *kantipaali* tai sylinterin muotoinen eli *pyöröpaali*. Paalit voidaan tarpeen mukaan tehdä eri kokoisiksi vastaamaan käyttö- tai kuljetustarvetta. Pyöröpaali on irtomassaltaan 120 kg/i-m^3 ja kantipaali 200 kg/i-m^3 . (Alakangas 2006, 9.)

5.2 Tutkimuksen eteneminen

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa suoritin alustavan kirjallisuuskatsauksen logistiikan ja toimintolaskennan tuoreeseen kirjallisuuteen. Alustavan kirjallisuuskatsauksen suoritettuaani muotoilin opinnäytetyöni pilottisisällysluettelon, jonka perusteella etenin konkreettiseen aineiston keruuseen. Konkreettisen tiedon keruun pääpaino oli logistiikan ja toimintolaskennan avaintutkijoiden teoksissa, joita oli käytetty lähde- materiaalina muissa kirjallisuuskatsauksessa esiintyneissä julkaisuissa.

Konkreettisen tiedon keruun materiaalin pohjalta löysin synteessin puuirtolastikuljetuksien ja järviruokokuljetuksien välillä. Valitsin löytämäni synteessin perusteella tutkimusmenetelmäksi puuirtolastikuljetuksia soveltavan tutkimusmenetelmän. Tutustuin Valtion Tieteellisen Tutkimuskeskuksen (VTT) julkaisemiin Puuteknologian vuosikirjoihin 2001 - 2003, joissa esitettyjä tutkimustuloksia ja menetelmiä sovelsin järviruokokuljetustutkimuksiini. Tutkimusteoriakseni luoma synteesi puuirtolastikuljetuksiin ohjasi tiedonkeruutani ja edetessään jäsensi keräämääni lähdeaineistoa.

Haastattelin toimintolaskennan osuuden tiedonkeruuvaiheessa kotimaisia hakekuljetusyriytyksiä. Haastattelujen tarkoituksena oli selvittää kuljetuskalustoon sitoutunut pääoma ja maantiekuljetuskaluston käyttömenetelmät. Analysoin saamani haastatteluinformaation ja tilastoin tulokset. Haastattelujen ja VTT:n tutkimusten pohjalta rakensin teoreettisen toimintamallin, minkä päälle kehitin järviruo'on kuljetustoimintojen perustan. Toimintamallin rakentamisen yhteydessä vertailin teoriatasolla erilaisten kuljetusratkaisujen kustannustehokkuutta ja käyttökelpoisuutta järviruokokuljetuksiin.

Selvitettyäni irtolastimateriaalikuljetusten toimintamallin ja kustannustekijät, suoritin tietojen perusteella autokuljetusten toimintolaskennan. Käytin työvälineenäni Reijo Oksasen kehittämää Ekonvisio 2005-laskentaohjelmaa. Vertailin toimintolaskelmilla eri kuljetusetäisyyksien ja kuljetusmuotojen vaikutuksia ajosuoritteiden kustannustekijöihin. Toimintolaskennan tavoitteena oli ratkaista eri kuljetusmuotojen ja irtolastimateriaalien kuljetustaloudellinen yhteen sopivuus.

Alkuvaiheessa tutkimusmenetelmäni oli kvalitatiivinen, jolla pyrin selvittämään mittattavien seikkojen tarkoituksenmukaisuuden tutkimusongelman ratkaisemiseksi. Tutkimukseni keskivaiheessa muutin tutkimusmenetelmäni kvantitatiiviseksi, jonka perusteella suoritin numeeriset vertailut sekä haastattelun että tulosten analysoinnin.

6 TOIMINTOLASKELMA JA TULOKSET

6.1 Ekonvisio 2005-kustannuslaskentaohjelma

Ekonvisio 2005 on Reijo Oksasen kehittämä maantiekuljetusten kustannuslaskenta- ja hinnoitteluohjelma. Ohjelmalla voidaan laatia ajoneuvokohtaisia kustannuslaskelmia erilaisiin kuljetustehtäviin. Ekonvisio 2005 kohdistaa resurssikustannukset vuositasolla kuljetuksia suorittavalle ajoneuvolle. Kuljetuksen aiheuttamat työkustannukset kohdistetaan ajoneuvolle tehollisen kuljetusajan, valmistelu- ja apuaikojen sekä kuljetussuoritteiden lukumäärän mukaan. Ajoneuvokaluston pääomakustannukset sekä huolto- ja korjauskustannukset lasketaan koko ajoneuvon pitoajalle, josta ne jaksotetaan yhdessä muiden kiinteiden kustannusten kanssa keskimääräisiksi vuosikustannuksiksi. Muuttuvat kustannukset kohdistetaan ajoneuvolle vuotuisen ajosuoritemäärän perusteella. Syntyneet kustannukset ryhmitellään kuljetussuoritteesta saatujen käyttö-, suorite- ja kustannustietojen perusteella seuraavasti:

- 1) Työkustannukset
- 2) Ajoneuvon muuttuvat kustannukset
- 3) Ajoneuvon kiinteät kustannukset
- 4) Markkinointi- ja ajovälityskustannukset
- 5) Terminaali- ja käsittelykustannukset
- 6) Muut alihankinnat.

(Oksanen 2003, 116.)

Yrityksen organisaation kustannukset kohdistetaan ajoneuvoille niiden lukumäärän tai jakoprosentin perusteella. Kiinteät kustannukset voidaan jakaa erilaisiksi kokonaisuuksiksi tai jakaa eri kuljetustehtäville. Tyhjänäajokustannukset kohdistetaan joko seuraavalle kuljetustehtävälle tai yhteisesti kaikille saman piirin kuljetussuoritteille. (Oksanen 2003, 116.)

6.2 Järviruokokuljetusten toimintolaskenta

Toimintolaskennassa esitetyt kustannukset perustuvat kuljetusyrittäjille tehtyyn haastatteluihin. Haastatteluinformaatiosta on laskettu kustannustekijöiden keskiarvot, joita on käytetty laskennallisina arvoina. Ajoneuvojen kuormaamis- ja kuorman purkamisajat on mallinnettu VTT:n suorittamasta metsähakekuljetuksen ajankäytön jakaumaa ja kuljetustaloutta tarkastelevasta tutkimuksesta. Ajoneuvokalustoon sitoutuneen pääoman arvonalemisprosentti on laskettu alakohtaisen keskiarvon mukaan. Laskennassa ei ole huomioitu organisaation aiheuttamia kiinteitä kustannuksia.

Kustannuslaskenta suoritettiin sekä 5-akseliselle kuorma-autolle (varusteineen 176.000 € (alv 0 %)) että 7-akseliselle yhdistelmäajoneuvolle (150.000 € (alv 0 %)) perävaunuineen (49.000 € (alv 0 %)). Ajoneuvojen kokonaiskäyttösuoritteeksi määritettiin 1.137.500 km. Keskimääräisellä 200.000 km:n vuotuisella ajosuoritteella ajoneuvojen käyttöikäksi tuli 6 vuotta. Ajoneuvojen ja perävaunun rengaskustannukset on huomioitu laskennassa. Polttoainekustannukset ovat laskettu ajoneuvokohtaisesti huomioiden massan vaikutuksen polttoaineen kulutukseen. Polttoaineen hintana on käytetty 0,949 €/l (11.3.2007). Renkaiden laskennallinen käyttöikä on 96.000 km ja ne

pinnoitetaan kaksi kertaa ennen uuden rengassarjan hankintaa. Pinnoitetun renkaan käyttöikä on 80 %:a uuden renkaan ajomäärästä. Ajoneuvojen vuotuiset vakuutusmaksut on huomioitu kuljetusyrittäjien ilmoittamien vakuutusmaksujen keskiarvoa soveltaen. Pääoman poisto suoritetaan tasapoistoina ja koron osuus laskettiin pitoajalle keskimäärin sidotusta pääomasta. Laskelmassa ajoneuvojen vuotuinen arvonaleneminen määritettiin 20 %:ksi ja perävaunun arvonaleneminen 25 %:ksi.

Kuormattujen ajoneuvojen keskinopeudeksi on arvioitu 35 km/h ja kuormaamattomien 50 km/h. Ajoneuvojen kuormaamis – ja purkamisajoina ovat asetettu VTT:n metsähakekuljetustutkimuksen ilmoittamat ajoneuvokohtaiset keskiarvolukemat. Yhdistelmäajoneuvon kuormaamisaikana käytetään arvoa 62 minuuttia ja kuorma-auton arvona 30 minuuttia. Molempien ajoneuvojen purkamisajaksi on määrätty 20 minuuttia. Kuljettajan työkustannukset (11 €/h) on laskettu kuljetusalan keskituntipalkan mukaan. Kuljettajalle ei ole erikseen laskettu ruokataukoa, koska hänellä on aikaa syödä ja virkistäytyä kuormausaikoina.

Toiminto- ja kustannusanalyysin kohdealueena ovat Lounais-Suomen ympäristökeskuksen koordinoiman ”Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa” Interreg IIIA -hankkeen asettamat kuljetusetäisyydet. Kuljetusetäisyydet ovat laskettu 50 km:n kilometrin harppauksin välillä 50 – 150 km. Kuljetussuoritteiden kustannukset ovat eriteltyinä taulukoissa 9 ja 10 kuljetussuoritteiden etäisyyden funktiona. Katso liite 3 toimintolaskelmista.

Taulukko 9. Kuorma-auton kustannustekijät kuljetusetäisyyden funktiona.

Kuljetus-etäisyys	Vetoauto, yksikkökustannus $y=0,082x+3,06$	Vetoauto, yksikkökustannus. $y=0,0421x+2,182$	Vetoauto, yksikkökustannus. $y=8,7019x^{-0,3888}$	Kuljetuksen suoritekustannus. $y=1,80222x+67,498$
[km]	[€/t]	[€/m ³]	[€/km]	[€]
50	7,16	4,29	1,90	157,61
75	9,21	5,34	1,62	202,66
100	11,26	6,39	1,45	247,72
125	13,31	7,44	1,33	292,78
150	15,36	8,50	1,24	337,83

Taulukko 10. Yhdistelmäajoneuvon kustannustekijät kuljetusetäisyyden funktiona.

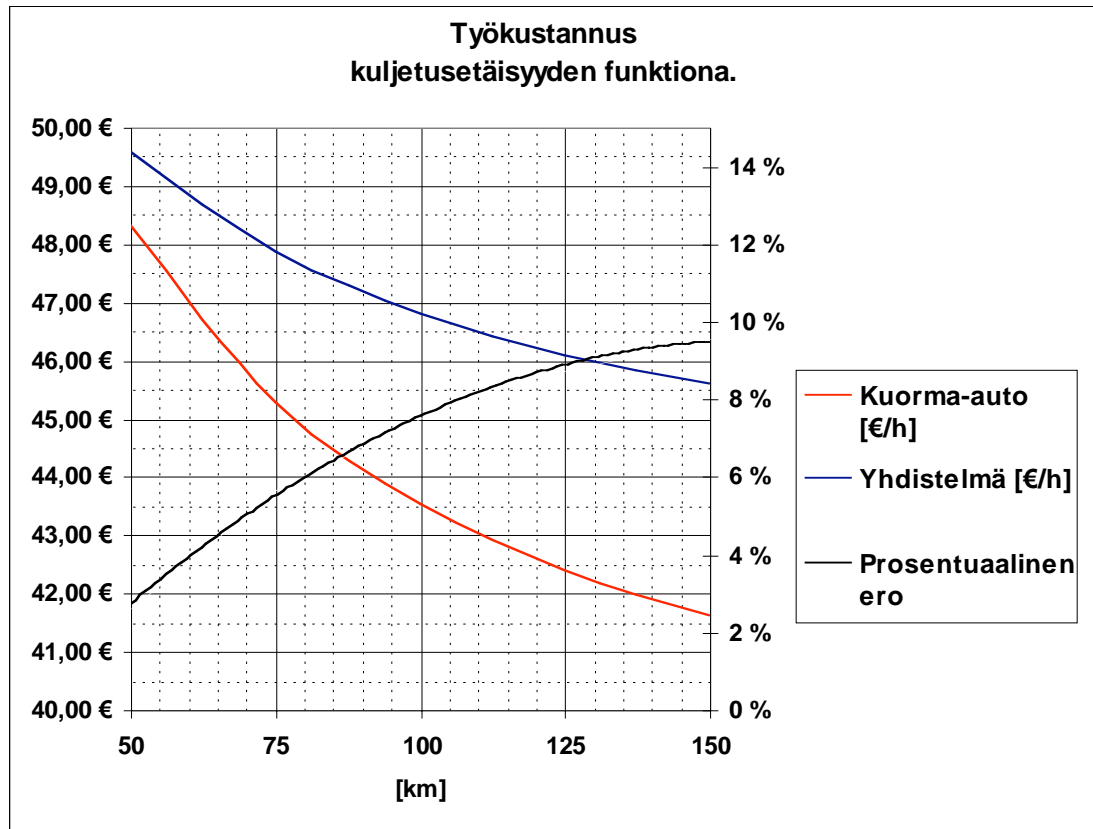
Kuljetus-etäisyys	Yhdistelmä, yksikkökustannus $y=0,0645x+2,652$	Yhdistelmä, yksikkökustannus. $y=0,0104x+0,66$	Yhdistelmä, yksikkökustannus. $y=5,5118x^{-0,3106}$	Kuljetuksen suoritekustannus. $y=2,063x+85,022$
[km]	[€/t]	[€/m ³]	[€/km]	[€]
50	5,88	1,18	1,64	188,17
75	7,49	1,44	1,44	239,75
100	9,10	1,7	1,32	291,32
125	10,71	1,96	1,23	342,90
150	12,33	2,22	1,16	394,47

6.3 Työkustannukset

Työkustannusten osuus kokonaiskustannuksista laskee suoritteen kuljetusetäisyyden kasvaessa. Työkustannusten lasku aiheutuu purku- ja kuormausaikojen suhteellisesta vähenemisestä kuljetuksen suoritus aikaan nähden. Yhdistelmäajoneuvolla on tarkastelluista kuljetusmuodoista korkeammat työkustannukset. Tämän aiheuttaa suuremman kuormatilan lastaamiseen kuluva pidempi aika. Ajoneuvon odottaessa kuormasta tai lastausta sille kertyy myös työkustannuksia, koska odotusaika vähentää kuljetuksen tehollista työaikaa. Tyhjänäajo aiheuttaa myös osaltaan korotuksen työkustannuksiin.

Kuormaus- ja purkukaluston tehostamisella voidaan vähentää ajoneuvon tuottamattonta seisonta-aikaa ja vaikuttaa työkustannusten osuuteen. Ajokerta-aikaa voidaan pienentää kehittämällä kuljetuskalustoa ahtaille rannikkoteille paremmin sopivaksi esimerkiksi kuormatilan mitoitus muuttamalla. Prosessin kuljetusketjun eri toimintojen yhteen sovittamisella voidaan poistaa turhia päällekkäisiä toimintoja ja odottamiseen kuluva aikaa. Logistisella suunnittelulla voidaan yhdistää organisaation useita eri toimintoja yhdeksi toimivaksi koordinoituksi kokonaisprosessiksi. Katso taulukko 11 työkustannuksien vaihteluista kuljetusetäisyyden mukaan. Taulukossa on eritelty työkustannusten prosentuaalinen ero kuljetusetäisyyden funktiona.

Taulukko 11. Työkustannus kuljetusetäisyyden funktiona.



Työkustannusero kuorma-auton ja yhdistelmäajoneuvon välillä on nousevasti degressiivinen. Kuljetusetäisyyden kasvaessa työkustannusero kasvaa lineaarisesti kunnes alkaa tasaantumaan noin 100 km:n kuljetusetäisyyden tienoilla. Tasaantumisen aiheuttaa kuorma- ja lastausaikojen suhteellinen pieneneminen kokonaisaika-suoritteeseen nähden.

6.4 Muuttuvat kustannukset

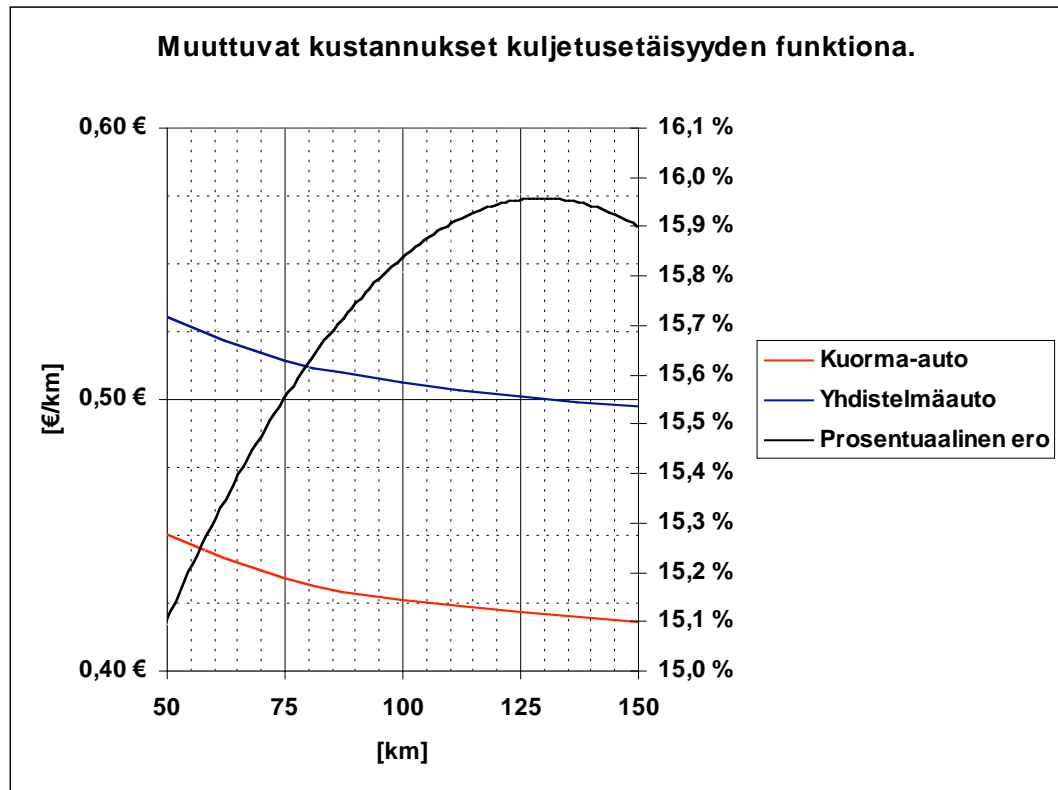
Kuljetussuoritteeseen suoran yhteydessä olevat kustannukset ovat muuttuvia kustannuksia. Muuttuvat kustannukset ovat käsitelty kustannuksina ajettua kilometriä kohden. Kuljetusmuotojen muuttuvat kustannukset muodostuvat polttoaine-, voiteluaine-, rengas- sekä korjaus- että huoltokustannuksista. Toiminta-asteesta riippuvat muuttuvat kustannukset kasvavat joko lineaarisesti, hyppäyksellisesti tai progressiivisesti toi-

minta-asteen kasvaessa. Esimerkiksi kuljetusvälineen korjaus- ja huoltokustannukset kasvavat progressiivisesti toiminta-asteen kasvaessa.

Voiteluainekustannukset ja korjaus- ja huoltokustannukset ovat samansuuruisia molemmilla kuljetusmuodoilla. Käytännössä ajoneuvon merkki ja huoltosopimuksen laatu voivat vaikuttaa korottavasti tai alentavasti huolto- ja korjauskustannuksiin. Myös kaluston käytöstä johtuva odottamaton rikkoutuminen voi nostaa huomattavasti korjauskustannuksia. Polttoainekustannukset ovat sidoksissa sekä ajettuun suoritemäärään että kuormamäärään. Yhdistelmällä polttoainekustannukset ovat hieman kuorma-auton arvoja korkeampia johtuen yhdistelmän suuremmasta massasta ja kantavuudesta.

Huomattavin ero kuorma-auton ja yhdistelmän muuttuvissa kustannuksissa on rengaskustannus, joka on yhdistelmäajoneuvolla 49 % korkeampi. Tämän selittää yhdistelmässä käytettävien renkaiden suurempi lukumäärä. Rengaskustannus on teoriassa suoraan verrannollinen ajettuun suoritemäärään. Käytännössä teiden huono kunto tai kova isku renkaaseen voi korottaa rengaskustannuksia uuden rengaskierroksen muodossa. Katso taulukko 12 muuttuvista kustannuksista.

Taulukko 12. Muuttuvat kustannukset kuljetusetäisyyden funktiona.



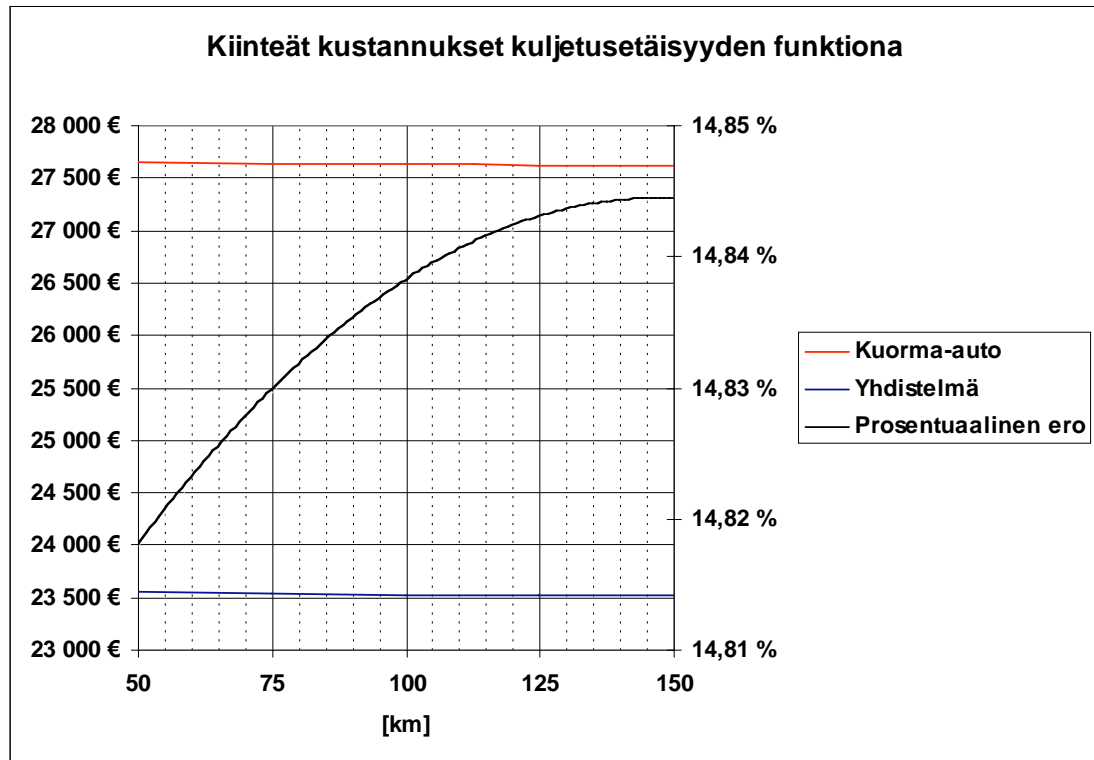
6.5 Kiinteät kustannukset

Kiinteitä kustannuksia muodostavat liikennöintikulut, investointien pääomakulut, verrat ja vakuutukset. Kuljetusalan kiinteät kustannukset eivät ole yhteydessä ajosuoritteeseen tai toiminta-asteeseen. Kiinteiden kustannuksien voidaan ajatella olevan ns. käyttövalmiuskustannuksia, jotka on maksettava siitä, että kuljetusala on käytettävissä tarpeen vaatiessa. Tästä seuraten kiinteät kustannukset kohdistetaan ajoneuvolle vuosikohtaisesti. Toimintoasteen lisääntyessä kuljetusten taloudellisuus kasvaa, koska toiminta-asteesta riippumattomat kiinteät kustannukset jakaantuvat suuremmalle suoritelmäärälle.

Kuorma-auton ja yhdistelmäajoneuvon hankintakulut sekä pääoman korko että poistoerät eivät ole samansuuruisia. Nämä erot aiheuttavat muutoksen ajoneuvokohtaisten kiinteiden kulujen muodostumiselle. Toimintolaskelman laskenta-arvoissa ei ole huo-

mioitu organisaation luomia kustannuksia. Kiinteiden korkojen suhteellinen ero on marginaalinen eikä sillä ole todellista vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Katso taulukko 13 kiinteistä kustannuksista.

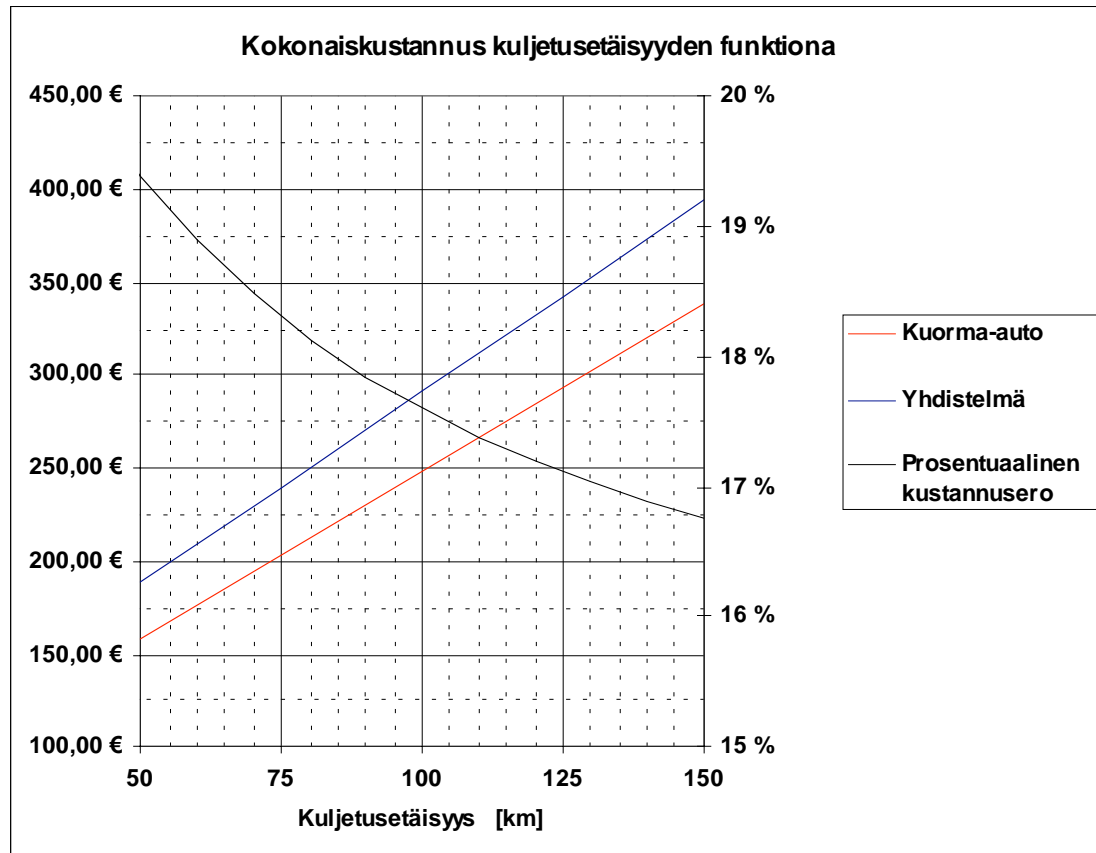
Taulukko 13. Kiinteät kustannukset kuljetusetäisyyden funktiona.



6.6 Kokonaiskustannukset ja kuljetustaloudellisuus

Kokonaiskustannus kuvaa yhden määrätyn pituisen suoritteen kuljetuskustannusta. Kuljetussuoritteiden kokonaiskustannuksiltaan yhdistelmäajoneuvo on kuorma-autoa kalliimpi kuljetusmuoto. Yhdistelmäajoneuvon pitempi kuormausaika ja suuremmat muuttuvat kustannukset korottavat kuljetuksen kokonaiskustannusta 17 – 19 %:a kuorma-autoon verrattuna. Muuttuvien kustannusten eron pienentyessä 125 km:n etäisyydellä, kuljetusten prosentuaalinen ero pyrkii tasoittumaan. Katso taulukko 14 kokonaiskustannusten muodostumisesta.

Taulukko 14. Kokonaiskustannus kuljetusetäisyyden funktiona.

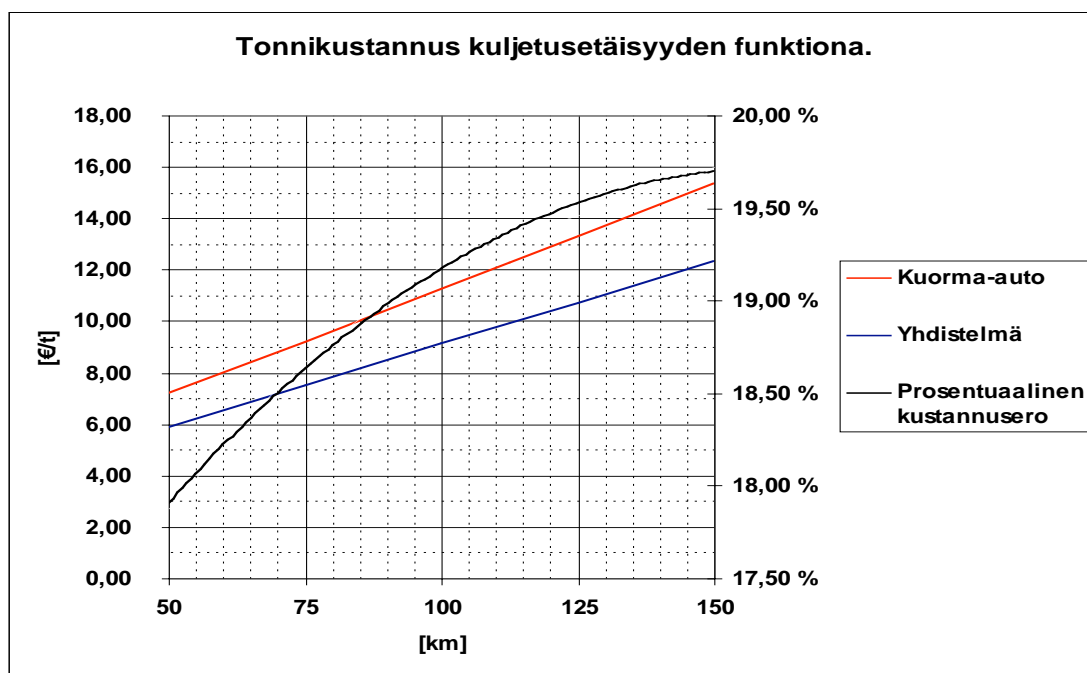


Ajoneuvon vuotuiset kokonaiskustannukset osoitetaan kustannusajurien avulla kuljetusyksiköille. Laskelmalliset kuljetusyksiköt valitaan kuorman fyysisten ominaisuuksien perusteella. Yksikkökustannus perustuu kuljetusetäisyyteen ja kuljetettuun tavaramäärään. Kokonaiskustannukset jaetaan valittua yksikköä kohden, jolloin saadaan irtolastimateriaalille yksikkökustannus. Laskelma on suoritettu olettaen, että ajoneuvot ovat kuormattu täydelle kapasiteetille (45/120 m³ ja 22/32 t). Kevyillä materiaaleilla kuormatilan tilavuus rajoittaa kuormausta ja raskailla materiaaleilla ajoneuvon kantavuus. Katso taulukko 15 ja 16.

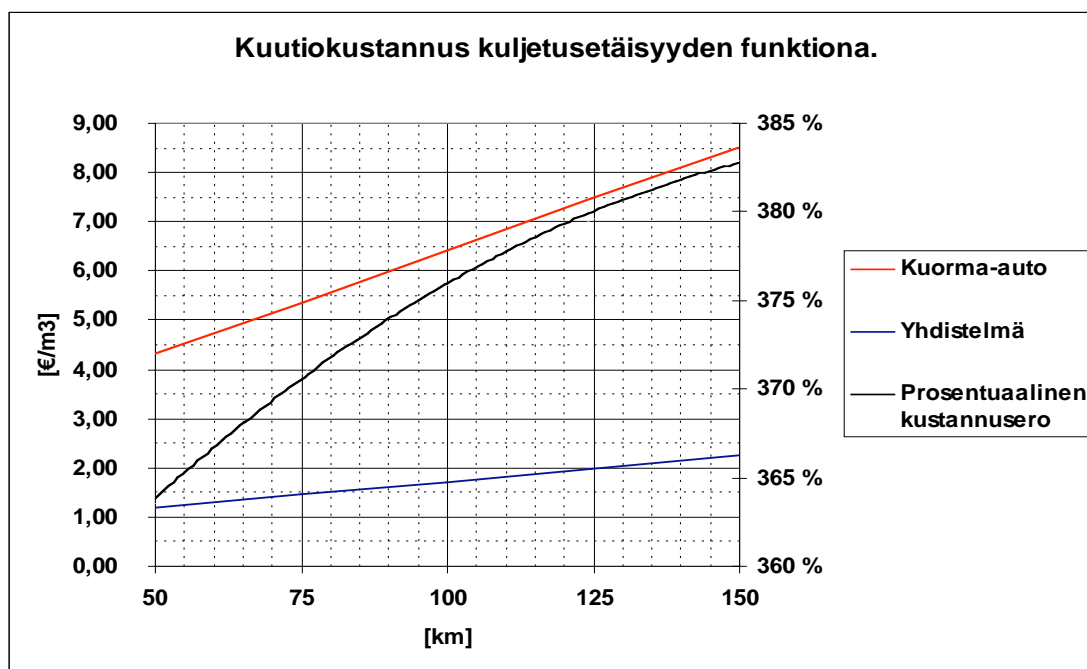
Kuljetustaloudellisesti yksikkökustannuksia tarkasteltaessa yhdistelmäajoneuvo on edullisempi kuljetusmuoto. Yhdistelmäajoneuvon suuri tilavuus- ja kantavuuskapasiteetti laskevat kuljetettavien yksiköiden (sekä m³ että t) kustannuksia kuorma-auton yksikkökustannuksiin verrattuna. Tonnikustannusten osalta yhdistelmäajoneuvon on noin 17 – 20 %:a kuorma-autoa edullisempi kuljetusmuoto. Kuutiokustannusten osalta

yhdistelmäajoneuvo on 360 – 385 %:a edullisempi kuljetusmuoto. Katso taulukot 15 ja 16 yksikkökustannuksista.

Taulukko 15. Tonnikustannus kuljetusetäisyyden funktiona.



Taulukko 16. Kuutiokustannus kuljetusetäisyyden funktiona.



Suhteuttamalla kuljetettavan irtolastimateriaalin kuormausta rajoittavat ominaisuudet verrattuna kuormatilan kantavuuteen ja tilavuuteen, on mahdollista laskea eri käsittelymuodoille yksikkökustannukset.

Taulukko 17. Kuorma-auton yksikkökustannukset

Kuorma- auto 22 t/ 45 m ³	50 km		75 km		100 km		125 km		150 km	
	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]
Hake	77,83	3,50	100,08	4,50	122,33	5,50	144,58	6,51	166,83	7,51
Pelletti	7,16	4,66	9,21	6,00	11,26	7,33	13,31	8,66	15,36	9,99
Briketti	7,16	4,83	9,21	6,22	11,26	7,60	13,31	8,98	15,36	10,36
Kanttipaali	17,51	3,50	22,52	4,50	27,52	5,50	32,53	6,51	37,54	7,51
Pyöröpaali	28,02	3,50	36,03	4,5	44,04	5,50	52,05	6,51	60,06	7,51

Taulukko 18. Yhdistelmän yksikkökustannukset

Yhdistelmä 32 t/ 120 m ³	50 km		75 km		100 km		125 km		150 km	
	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]	[€/t]	[€/m ³]
Hake	34,85	1,57	44,4	2,00	53,95	2,43	63,50	2,86	73,05	3,29
Pelletti	5,88	3,82	7,49	4,87	9,10	5,92	10,72	6,97	12,33	8,02
Briketti	5,88	3,97	7,49	5,06	9,10	6,15	10,72	7,23	12,33	8,32
Kanttipaali	7,84	1,57	9,99	2,00	12,14	2,43	14,29	2,86	16,44	3,29
Pyöröpaali	12,54	1,57	15,98	2,00	19,42	2,43	22,86	2,86	26,3	3,29

7 LOPPUPÄÄTELMÄT

Logistisen suunnittelun tehtävä on huolehtia siitä, että logistiikan palvelutaso ja kustannukset vastaavat organisaation myynnin ja tuotannon tarpeita. Suunnittelulla tasapainotetaan logistiikan vaiheiden, tuotannon ja myynnin toimintaan siten, että syntyvät kokonaiskustannukset ovat haluttuun palvelutasoon nähden edulliset. Autokuljetusten taloudellisuuteen ja kuormauskaluston toimivuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kuormauskaluston oikea aikainen käytettävyys vaikuttaa parantavasti koko kuljetusketjun logistiikkaan ja kustannustalouteen. Kuormauskalustosta paras tulos saavutetaan etukuormajalla. Kauhalla kuormattaessa irtomateriaali pudotetaan ylhäältä kuormatilaan, jolloin kuormasta muodostuu selvästi tiiviimpi kuin esimerkiksi puhaltamalla kuormattaessa. Raskaisiin kuljetuksiin liittyy tieverkoston rajoitteista

johtuvia ongelmatekijöitä. Kuljetusta suunniteltaessa selvitetään tiestön sekä siltojen kantavuusrajoitukset että mahdolliset voimalinjojen alikulut. Liitteessä 4 on eritelty neljän laajan ruovikkoalueen kuljetusetäisyydet.

Yhdistelmäajoneuvo on jokaisella käsittelymuodolla taloudellisempi kuljetusmuoto kuljetusetäisyydestä riippumatta. Alle 50 km:n kuljetuksissa kuorma-auton lyhyempi kuormausaika tasoittaa kuljetuskapasiteetin vajetta kuljetettaessa massaansa perustuvaa irtolastitavaraa. Korjuualueen ollessa maksimissa 4,4 hehtaaria, voidaan pelletti- ja brikettikuljetuksiin käyttää kuorma-autoa. Katso liite 5. Kevyttä tilavuuteen perustuvaa irtolastitavaraa kuljetettaessa yhdistelmäajoneuvo on kaikilla kuljetusetäisyyksillä huomattavasti taloudellisempi kuljetusmuoto. Haketta ei kannata kuljettaa kuin yhdistelmäajoneuvolla. Taloudellisesti on kannattavampaa suorittaa harvoin täyteen kuormattuja yhdistelmäajoneuvokuljetuksia kuin usein kuorma-autokuljetuksia.

Autokuljetuksia voidaan tehostaa kehittämällä ajoneuvokalustoa suoritteeseen ja käsittelymuotoon sopivaksi. Ajoneuvon suuri kantavuus rajoittaa sen kuormatilavuutta. Kuljetettaessa kevyitä materiaaleja kuten haketta ja paaleja, kuormatilavuutta voidaan lisätä keventämällä ajoneuvoa. Keventäminen voidaan suorittaa ajoneuvon alustaa, korirakennetta ja varustelua muuttamalla. Ajoneuvon kuormatila voidaan nostaa rakenteiden keventämisellä yhdistelmäajoneuvon keskiarvo 120 m³:stä 145 m³:iin asti. Raskaita materiaaleja kuten pellettiä ja brikettiä kuljetettaessa ajoneuvon kuormakapasiteettia voidaan vähentää, koska kuormatilaa ei voida täysin hyödyntää kantavuuden rajoittaessa kuormaamismäärää. Ajoneuvon mittojen vähentäminen parantaa sen ajettavuutta, jolloin ajoon kuluvaa aikaa voidaan vähentää varsinkin ahtailla metsä- ja rannikkoteilla. Katso liite 5 käsittelymuotojen vaikutuksista kuljetuksiin.

Kuljetukselle laskettu hinta ei välttämättä vastaa kuljetussuoritteen hinnoittelua, koska kuljetusalalla ei yleisesti ottaen tunneta toimintolaskentaperusteista hinnoittelua. Kuljetuskysynnän ja –tarjonnan epätasapaino saa aikaan markkina-hintojen käyttäytymisen juuri päinvastoin kuin toimintolaskenta edellyttää. Markkinoilla olevan kuljetuskapasiteetin ylittäessä kuljetustarpeen, laskennalliset yksikkökustannukset nousevat. Samalla markkinahinnat alenevat kireän kilpailutilanteen seurauksena. Katetuotto-

ajattelu ja minimikalkyyliin perustuva laskentamalli johtaa pidemmällä aikavälillä pysyvään hintojen alenemiseen. Kilpailun kiristyminen johtaa edelleen tilanteeseen, jossa yritykset joutuvat tehostamaan toimintaansa ja kiinnittämään entistä enemmän huomiota toiminta-asteeseen ja kustannustekijöihin. Tämä johtaa lopulta tilanteeseen, jossa yritykset ovat pakotettuja kehittämään kustannuslaskentamenetelmiään pitkällä tähtäimellä.

8 LÄHTEET

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. *Tutki ja kirjoita*. 10. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2004. *Logistisen ajattelun perusteet*. Kopijyvä Oy, Jyväskylä

Jyrkkiö, Esa & Riistamo, Veijo 1999. *Operatiivinen laskentatoimi*. WSOY, Porvoo.

Karrus, Kaij E. 2001. *Logistiikka*. 3. painos. WSOY, Juva.

Mäkelä, T., Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2005. *Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät*. Tampereen teknillinen yliopisto. Liikenne- ja kuljetustekniikan laitos. Tampere.

Neilimo, Kari & Uusi-Rauva, Erkki 2001, *Johdon laskentatoimi*. Business Edita, Tampere.

Oksanen, Reijo 2004. *Kuljetustuotannon toimintolaskenta*. Aaltospaino Oy, Tampere.

Sakki, Jouni. 1999. *Logistinen prosessi*. 4. painos. Jouni Sakki Oy, Espoo

Elektroniset lähteet

Alakangas, Eija 2006. Kiinteiden biopolttoaineiden tekniset spesifikaatiot. VTT Prosessit. S.l., [Viitattu 13.3.2007]. Saatavilla www-muodossa:

http://www.finbioenergy.fi/GetItem.asp?item=download;Alakangas_CEN_2007.pdf;348;56;attn

Alakangas, Eija & Holviala, Niina 2004. *Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2003*. VTT Symposium 231. Otamedia Oy, Espoo. [Viitattu 17.1.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2004/S231.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2004/S231.pdf)

Alakangas, Eija 2002. *Puuenergian teknologiaohjelman vuosikirja 2002*. VTT Symposium 221. Otamedia Oy, Espoo. [Viitattu 17.1.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http:// www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2002/S221.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/symposiums/2002/S221.pdf)

Alakangas, Eija 2000. *Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia*. VTT tiedotteita. Otamedia Oy, Espoo. [Viitattu 6.2.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf](http://virtual.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf)

von Bagh, A., Günther, C. & Salmenkari, R. 2000. *2000-luvun logistinen johtaminen*. Suomen Logistiikkayhdistys. [Viitattu 11.1.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.logy.fi/Piiri/2000-luvun.pdf](http://www.logy.fi/Piiri/2000-luvun.pdf)

Bioenergia 2006, *Ruokohelpin tie pellolta polttoon*. S.l., S.n., [Viitattu 3.2.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/863c4eb92ce012ecec93c2b282702f72/Ruokohelpi2006+esite.pdf](http://www.motiva.fi/attachment/f16d4d543f99d7a59f54560a69063a0e/863c4eb92ce012ecec93c2b282702f72/Ruokohelpi2006+esite.pdf)

Häyrynen, J-P., Kallberg, H. & Rantala J. 2004, *Tieliikenteen väyläpalvelujen merkitys elinkeinoelämälle*. Edita Prima Oy, Helsinki. [Viitattu 16.2.2007] Saatavilla www-muodossa: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200876-vtielikentvaylapalvmerk.pdf>

Imppola, Jorma 1998. *Logistiikan peruskurssi*. Vaasan yliopiston täydennyskoulutuskeskus. [Viitattu 20.1.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.tritonia.fi/vanha/ov/logi/kokoteos.html](http://www.tritonia.fi/vanha/ov/logi/kokoteos.html).

Kaakkois-Suomen Interreg III A 2005, *Metsähakkeen kuljetuslogistiikan kehittäminen sisävesillä osana EU:n pohjoista ulottuvuutta*. S.l., S.n. [Viitattu 26.1.2007]. Saatavilla www-muodossa:

[URL:http://www.kouvolaregion.fi/file/!id33347/files/attachment/Vesitieselvitys-Yhteenveto02.08.2005.pdf](http://www.kouvolaregion.fi/file/!id33347/files/attachment/Vesitieselvitys-Yhteenveto02.08.2005.pdf) -

Kallberg, Harri *Liikenneteknologia*. S.a. [viitattu 23.11.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.edu.fi/oppimateriaalit/teknologia/html/08-0.html](http://www.edu.fi/oppimateriaalit/teknologia/html/08-0.html)

KTM Energiakatsaus 4/2006, S.l., S.n. [Viitattu 9.1.2007]. Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.ktm.fi/files/17129/KTM_ekats_0406_www.pdf](http://www.ktm.fi/files/17129/KTM_ekats_0406_www.pdf)

Naula, T. , Ojala, L. & Solakivi, T. 2006. *Logistiikkaselvitys 2006*. [Viitattu 11.1.2007]. Saatavilla www-muodossa:

[URL:http://www.liikenneministerio.fi/oliver/upl287-Julkaisu%2035_2006.pdf](http://www.liikenneministerio.fi/oliver/upl287-Julkaisu%2035_2006.pdf)

Oksanen, Reijo 2003. *Kuljetusten toimintolaskennan sovellutukset ja toteutus*. [Viitattu 27.1.2007]. Saatavilla www-muodossa:

[URL:http://www.mintc.fi/www/sivut/dokumentit/julkaisu/julkaisusarja/2003/a172003.pdf](http://www.mintc.fi/www/sivut/dokumentit/julkaisu/julkaisusarja/2003/a172003.pdf)

Paavilainen, Pekka 2005. Järviruo´on hyötykäyttö kosteikoissa haja-asutuksen jätevesien ja maatalouden valumavesien puhdistuksessa. [Viitattu 13.3.2007] Saatavilla www-muodossa:

http://www.ruoko.fi/uploads/pdf/Paavilainen_OPN.pdf

Suomen laki. [Viitattu 22.1.2007]. Saatavilla www-muodossa:

[URL:http://www.finlex.fi/fi/](http://www.finlex.fi/fi/)

Suomen kuljetusopas. S.l., S.n., [Viitattu 24.1.2007]. Saatavilla www-muodossa:

[URL:http://www.kuljetusopas.com/kalusto/](http://www.kuljetusopas.com/kalusto/)

Tekes 2003. *Puuenergian teknologiaohjelman tuloksia 3/2002*. [Viitattu 2.2.2007].
 Saatavilla www-muodossa: [URL:http://www.tekes.fi/julkaisut/logistiikka2.pdf](http://www.tekes.fi/julkaisut/logistiikka2.pdf)

Tiehallinto, *Kotimaan tavaraliikenne vuosina 1960 – 2005*. S.l., S.n., [Viitattu 23.1.2007]. Saatavilla www-muodossa:
[URL:http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/10519.PDF](http://www.tiehallinto.fi/pls/wwwedit/docs/10519.PDF)

HENKILÖKOHTAISET TIEDONANNOT

Hagelberg, Eija 30.1.2007 (henkilökohtainen tiedonanto [viitattu 30.1.2007]). Lounais-Suomen Ympäristökeskus. Turku.

Teinilä, Juha 31.5.2006 & 2.6.2006 (henkilökohtainen tiedonanto [viitattu 2.6.2007]). Hiab Oy. Turku

Vuorma, Jani 7.2.2007 (henkilökohtainen tiedonanto [viitattu 7.2.2007]). Turku.

Vähänummi, Kari 6.6.2006 (henkilökohtainen tiedonanto [viitattu 6.6.2006]). Kuljetusliike Kalevi Huhtala Oy. Pori.

9 LIITTEET

LIITE 1: Raskaiden ajoneuvojen mitat ja massat Suomessa.

LIITE 2: Haakeyriyksien haastattelutulokset, tammikuu 2007.

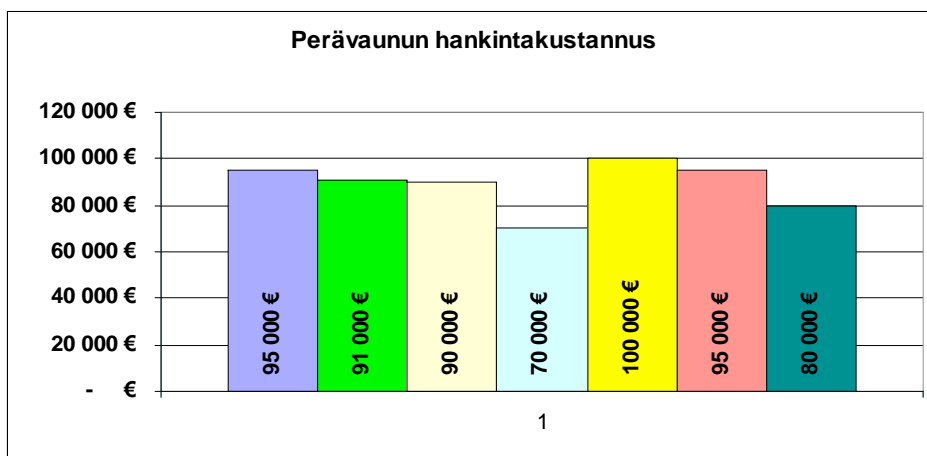
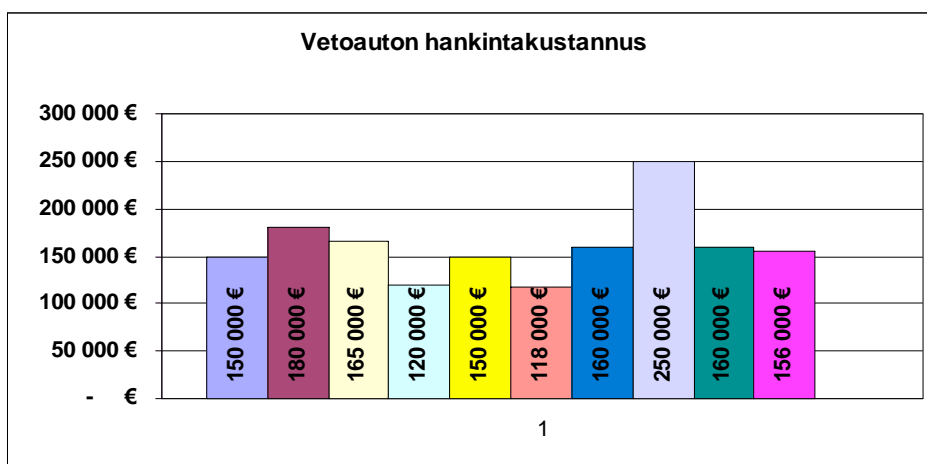
LIITE 3: Toimintolaskelmat

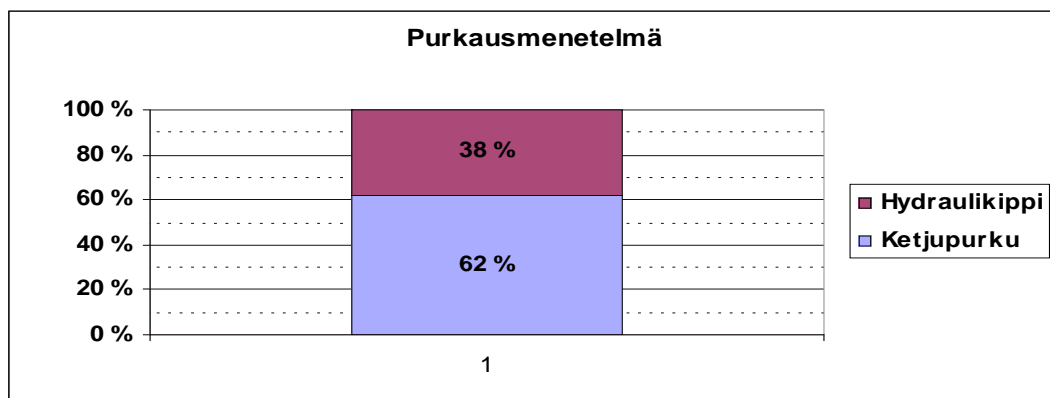
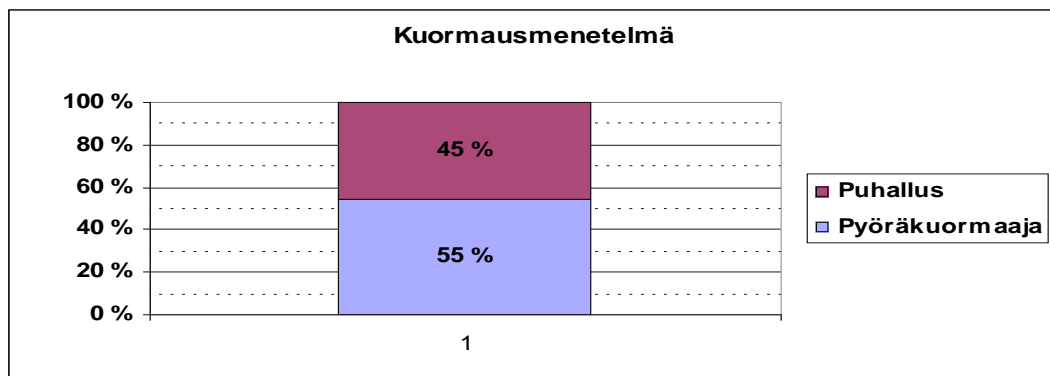
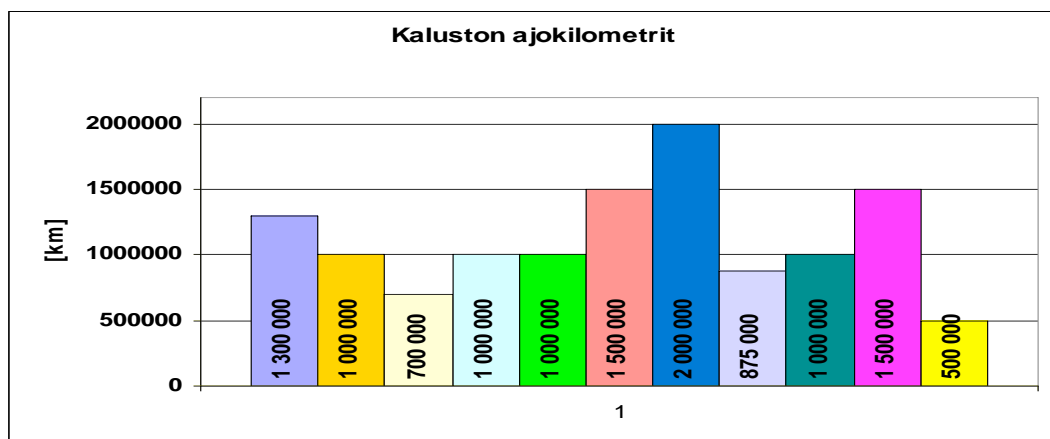
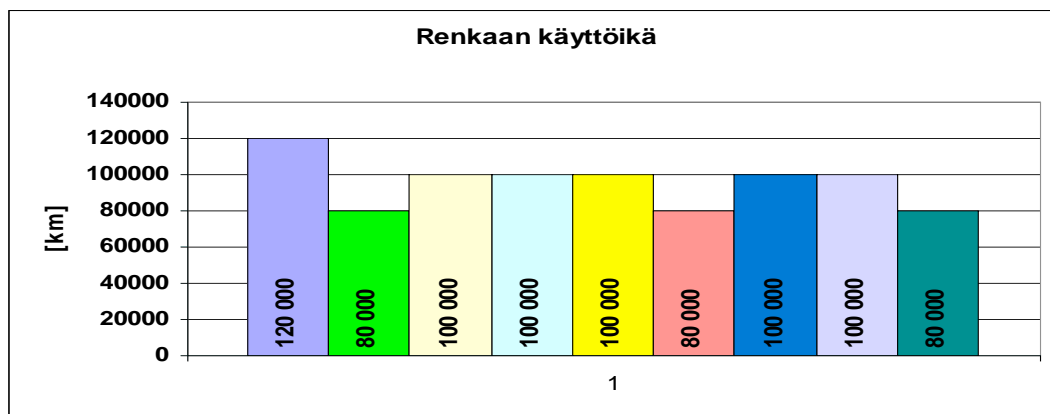
LIITE 4: Kuormattavan esikäsittelymuodon vaikutus kuljetukseen.

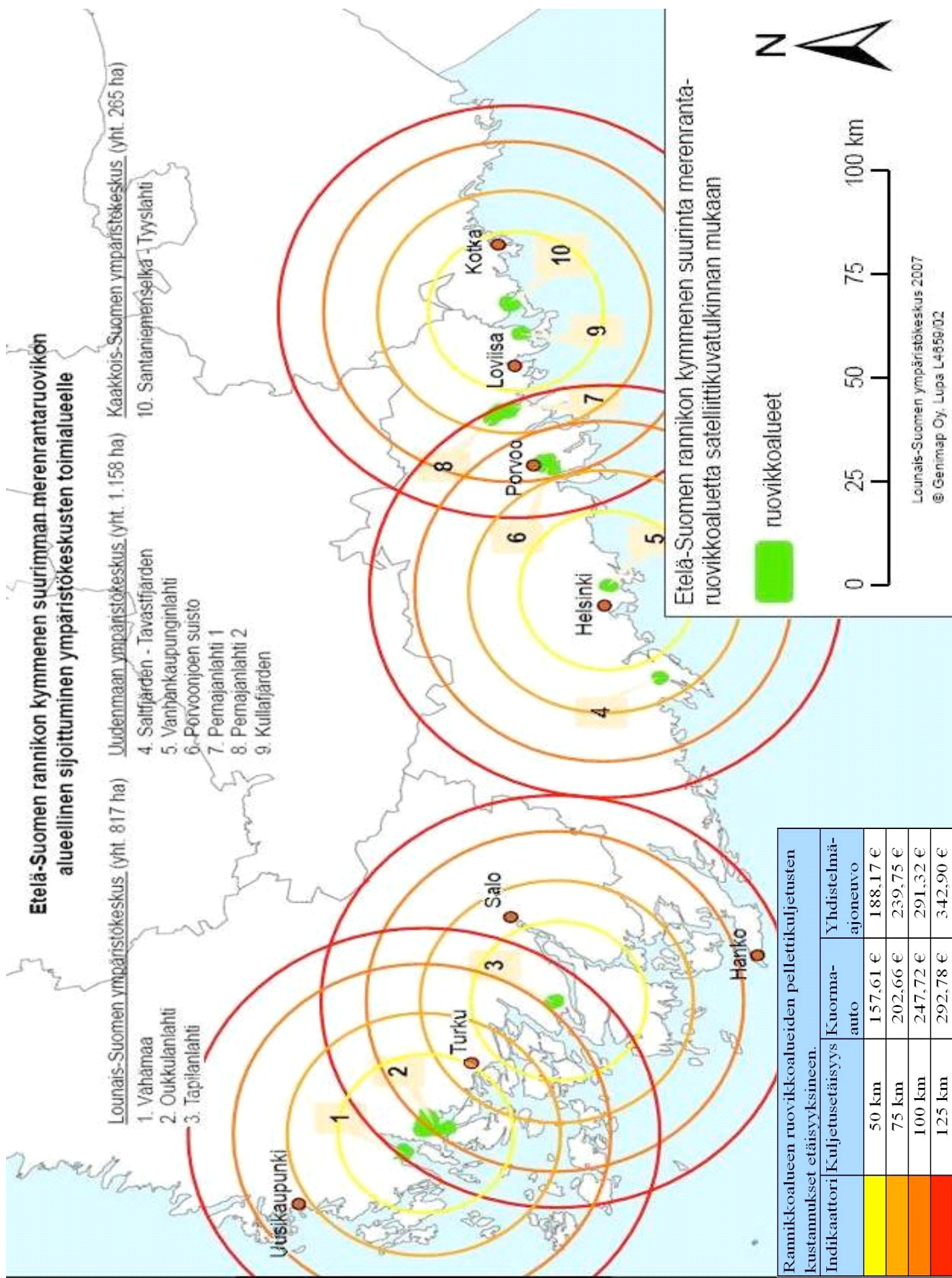
LIITE 5: Etelä-Suomen rannikkoalueiden suurimmat ruovikkoalueet ja kuljetusetäisyydet.

Haastattelin tammikuussa 2007 yhteensä 15 irtolastipuukuljetusta suorittavaa kotimaista yritystä. Haastattelu oli muodoltaan avoin puhelinhaastattelu. Haastattelun tarkoituksena oli kerätä tietoa yritysten kuljetuskalustoon sitoutuneesta pääomasta, kaluston käyttömenetelmistä ja rajoituksista. Haastattelutuloksia käytettiin toimintolaskelman arvoina. Yrityksiltä kysyttiin seuraavia asioita:

- 1) Kuorma-auton hankintakustannus [€].
- 2) Perävaunun ja sen rakenteiden hankintakustannus [€].
- 3) Renkaiden käyttöikä kilometreinä [km].
- 4) Renkaiden pinnoituskerrat [kpl].
- 5) Kuorma-auton maksimiamäärä [km].
- 6) Kuormausmenetelmä [avoin].
- 7) Purkausmenetelmä [avoin].







Rannikkoalueen ruovikkoalueiden pellettikuljetusten kustannukset etäisyyksineen.			
Indikaattori	Kuljetusetäisyys	Kuorma-auto	Yhdistelmäajoneuvo
	50 km	157,61 €	188,17 €
	75 km	202,66 €	239,75 €
	100 km	247,72 €	291,32 €
	125 km	292,78 €	342,90 €