

Lauri Heikkinen

# Kuorma-auton polttoaineenkulutus jakeluliikenteessä

Fuel Consumption of Delivery Trucks in Delivery Cycle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Auto- ja kuljetustekniikka

Logistiikka

Opinnäytetyö

28.5.2013

Tekijä Otsikko	Lauri Heikkinen Kuorma-auton polttoaineenkulutus jakeluliikenteessä
Sivumäärä Aika	34 sivua + 2 liitettä 28.5.2013
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Logistiikka
Ohjaajat	Lehtori Markku Haikonen Toimitusjohtaja Panu Ahlstedt, Kovanen Logistics Oy
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia jakeluautojen polttoaineenkulutusta niiden päivittäisessä liikennöinnissä. Työssä tutkittiin, löytyykö eroja niin erilaisen kaluston kuin eri kuljettajien välisessä kulutuksessa. Lisäksi työssä pohditaan, mistä kulutuserot johtuvat. Työssä käsitellään myös aiheeseen liittyvää taustatietoa sekä mittauksissa käytettyä kalustoa.</p> <p>Työn alussa tarkastellaan tutkimuksen taustaa ja syitä, miksi aihe kiinnostaa kuljetusyrityksiä nykypäivänä yhä enemmän. Tämän jälkeen käydään läpi toimeksiantajayritystä ja selvitetään Euro-luokitusten taustaa ja vaikutuksia, sillä tämän työn mittauksissa on käytetty Euro-luokituksestaan poikkeavia ajoneuvoja. Teorian jälkeen kuvataan mittaussuunnitelma ja työn toteutustapa.</p> <p>Mittausten suorittamisessa käytettiin kuljetusyrityksen käytössä olevaa ajoneuvoseuranta-järjestelmää. Järjestelmästä voi jäljittää auton liikkeitä ja seurata ajoneuvon polttoaineenkulutusta. Mittaukset suoritettiin neljän viikon jaksolla. Suurin osa mittaustuloksista vastasi odotuksia. Selviä eroja oli havaittavissa niin kuljettajien välillä kuin ajoneuvokalustonkin. Esimerkiksi eräessä kahden kuljettajan välisessä mittauksessa samalla reitillä toinen kuljettaja ajoi 3 l / 100 km pienemmällä keskilukuluksella.</p> <p>Työn lopussa on esitelty saadut tulokset ja verrattu niitä muiden samankaltaisten selvitysten materiaaleihin. Lopussa esitetään myös pohdintaa siitä, miten kuljettajan ajokäytös vaikuttaa polttoaineenkulutukseen. Ajoneuvojen ominaisuuksia ja niiden vaikutuksia on myös pohdittu. Yksi tärkeimmistä päätelmistä oli se, että kuljettajan täytyisi tuntea käyttämänsä ajoneuvo mahdollisimman hyvin pystyäkseen ajamaan sillä taloudellisesti.</p>	
Avainsanat	Polttoaineenkulutus

Author Title	Lauri Heikkinen Fuel Consumption of Delivery Trucks in Delivery Cycle
Number of Pages Date	34 pages + 2 appendices 25 May 2013
Degree	Bachelor of Science
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Logistics
Instructor(s)	Markku Haikonen, Principal Lecturer Panu Ahlstedt, Managing Director, Kovanen Logistics Oy
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to study the fuel consumption of delivery trucks in their daily usage. The goal was to discover the possible differences between two drivers as well as two different trucks. Another goal of the thesis was to examine the causes of the potential differences. The thesis also studies the background information on this topic as well as the vehicles used.</p> <p>Firstly, the reasons why this topic is more and more important for transportation companies nowadays were reviewed. Secondly, the company profile and operations are introduced in addition to the background information for euro emission regulations. Furthermore, the method of implementation and the measurement plan are described.</p> <p>The company's vehicle surveillance system was used to gather the data from the vehicles. The system can track vehicles' locations and give information about the fuel consumption and speed, for example. The measurements were made during a four week period. As a result, remarkable differences were discovered between the two drivers and two vehicles. For example, the two drivers drove the same route and it was discovered that the average fuel consumption of one driver was 3 l/100km lower than the other driver's fuel consumption.</p> <p>Finally, the results were compared to the data which was gathered from a similar kind of research. The driver's effect on the fuel consumption as well as the vehicle used is evaluated in the summary. One of the most important facts discovered is that the driver should know his / her vehicle's technical features thoroughly to drive it as effectively as possible.</p>	
Keywords	Fuel consumption, delivery trucks

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kovanen Logistics Oy	2
3	Euro-luokitukset	3
3.1	Euro-luokitusten käyttöönotto	3
3.2	Raskaan kaluston Euro-luokiteltujen moottorien päästörajat ja testisyklit	4
4	Tutkimuksen toteutustapa	5
4.1	Mittaussuunnitelma	5
4.2	Reitti ja kuorma	6
4.2.1	Reitti 1	6
4.2.2	Reitti 2	7
5	Mittalaitteet ja menetelmät	7
5.1	Seurantajärjestelmä	7
6	Kalusto	8
6.1	Päällirakenne	8
6.1.1	Korin ATP-luokitus ja sertifiointi	8
6.1.2	Lämpötilansäätelylaite	9
6.2	Axor 1829 jakeluauto	10
6.2.1	Auton mitat ja kantavuus	10
6.2.2	Moottori	11
6.3	Actros 2532 jakeluauto	13
6.3.1	Auton mitat ja kantavuus	14
6.3.2	Moottori	14
7	Kulutusmittaukset	16
7.1	Auto 1: Axor 1829 Euro 5, vuosimalli 2012	16
7.2	Auto 2: Axor 1829 Euro 4, vuosimalli 2007	17
7.3	Auto 3: Actros 2532 Euro 4	18
8	Tulokset ja vertailu	20
8.1	Autojen väliset erot	21

8.1.1	Euro 5 vastaan Euro 4	21
8.1.2	VTT:n mittaustuloksia vastaavalle autolle jakelusyklissä	22
8.1.3	Actros 2532:n mittaukset	23
8.2	Kuljettajien väliset erot	24
8.2.1	Kuljettajien vertailu 18 t:n kuorma-autolla	24
8.2.2	Kuljettajien vertailu 26 t:n kuorma-autolla	24
8.3	Virhetarkastelu	25
9	Yhteenveto ja pohdinta	26
9.1	Kaluston iän merkitys	26
9.2	Autotyypin merkitys kulutukseen	26
9.3	Kuljettajan merkitys	26
9.4	Yhteenveto mittauksista	27
	Lähteet	28
	Liitteet	
	Liite 1. Reittien 1 ja 2 kartat	
	Liite 2. Vuosikustannuslaskelma 26 t:n ajoneuvon polttoaineenkulutuksesta	

## 1 Johdanto

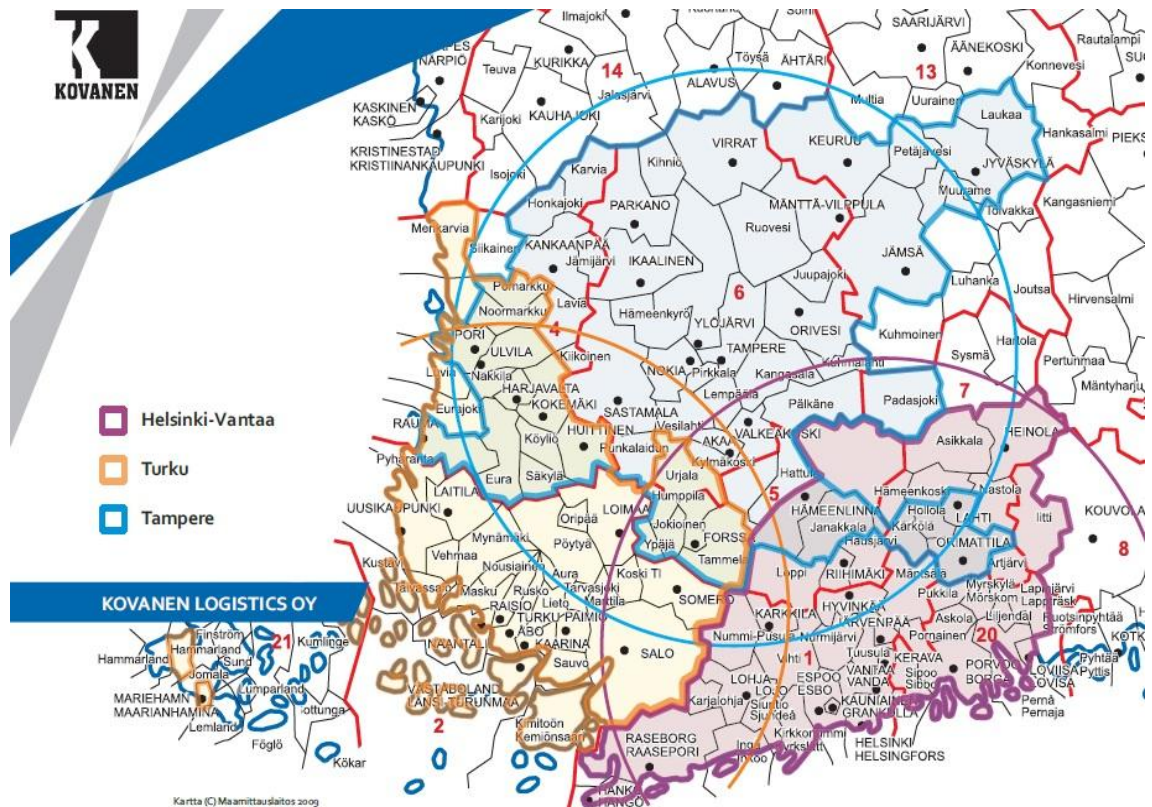
Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää polttoaineenkulutuksen vaihteluja jakelu- liikenteessä käytetyissä ajoneuvoissa. Työssä selvitettiin kaluston uusimisen sekä kuljettajan ajotavan vaikutusta jakeluauton polttoaineenkulutukseen. Tutkimuksen on ti- lannut Kovanen Logistics Oy, ja siihen liittyvät mittaukset suoritettiin yrityksen kalustol- la.

Polttoaineenkulutus ja sen pienentäminen on noussut suomalaisissa kuljetusyri- tyksissä erittäin merkittäväksi asiaksi ja siihen kiinnitetään entistä enemmän huomioita. Maail- manlaajuisesti ihmiset ovat entistä enemmän huolissaan maapallon kuormittamisesta päästöillä ja ympäristön huomioiminen kaikessa tekemisessä on yleistynyt ajattelumalli ympäri maailman. Yritystasolla polttoainekustannukset ovat kuljetusyri- tyksen toiseksi suurin kuluerä heti henkilöstön palkkojen jälkeen. Kuljetuksia tilaavat asiakkaat aiheut- tavat myös paineita kuljetusyri- tyksille. Asiakkaat ovat entistä ympäristötietoisempia ja vaativat myös tavarankuljettajiltaan ympäristöystävällistä toimintatapaa. Valveutuneet asiakkaat osaavat nykyään vaatia kuljetusyri- tyksiltä raportointia niiden polttoaineenku- lutuksistaan tai todistusta ympäristöystävällisyydestä sertifikaattien muodossa. Tästä johtuen ympäristöystävällisesti toimivalla ja se todentamiseen kykenevällä kuljetusyri- tyksellä on markkinoilla kilpailuetua.

Nykyinen heikohko taloustilanne ja korkea raakaöljyn hinta on lisännyt entistä enem- män yrittäjien mielenkiintoa vähemmän kuluttavia ajoneuvoja kohtaan. Moottoritekni- kan kehitystä ohjallaan korkeilta tahoilta, kuten Euroopassa EU:n tasolta. Tällä tavoin voidaan autonvalmistajia ohjata suunnittelemaan entistä ympäristöystävällisempiä moottoreita. Autonvalmistajille annetaan vaatimuksia moottorien päästötasoista ja ai- karaja, johon mennessä niihin on päästävää. Euroaluokituksesta ja niiden taustoista kerro- taan tarkemmin luvussa 2. Kuljettajien ajotapaan kiinnitetään myös aiempaa enemmän huomioita, sillä sen on todettu olevan yksi merkittävimmistä säästötoimenpiteistä. Kul- jettajien koulutus taloudellisempaan ajotapaan aiheuttaa pitkällä aikavälillä suuria sääs- töjä yrityksille. Ajonopeus ja ennakoiva ajotapa ovat erittäin tärkeitä elementtejä, kun tavoitellaan pienempää kulutusta ajoneuville. Nämä kaksi asiaa ovat täysin kuljettajas- ta kiinni ja yritysten on pyrittävä korostamaan näiden seikkojen tärkeyttä entistä voi- makkaammin kuljettajilleen.

## 2 Kovanen Logistics Oy

Tässä luvussa tarkastellaan työn toimeksiannon tehnyttä yritystä lyhyesti. Kovanen Logistics on Etelä-Suomen alueella operoiva logistiikka-alan yritys. Yrityksellä on perheyritystausta ja se on alkujaan perustettu 70-luvun lopulla. Kovanen Logisticsilla on kolme terminaalia, jotka sijaitsevat Tampereella, Turussa ja Vantaalla. Yrityksellä on tällä hetkellä käytössään yli sata erikokoista jakeluautoa. Yritys on keskittynyt pääasiallisesti lämpösäädelyihin elintarvikkeiden jakelukuljetuksiin. Jakelualue on erittäin kattava ja tavoittaa päivittäin noin 3,5 miljoonaa Suomalaista, kuten kuvassa 1 havainnollistetaan.



Kuva 1. Kartta Kovanen Logistics Oy:n jakelualueesta (1, s.4).

Kovanen on aina panostanut uuteen kalustoon ja pitämään ajoneuvonsa hyvässä kunnossa. Yrityksen kuorma-autojen kuormatilat ovat FRC-luokiteltuja ja niissä on mahdollista jakaa kuormatila kahteen eri lämpötilaosioon. Kalusto on myös ympäristösertifioitua. Moderni kalusto takaa kilpailuetua markkinoilla, joilla asiakkaat kilpailuttavat kuljetuspalveluitaan yhä enemmän. Etenkin loppuasiakas on nykypäivänä entistä enemmän kiinnostunut tuotteensa toimitusketjun läpiviennissä tapahtuvista päästöistä. (1, s. 1–4.)

### 3 Euro-luokitukset

Euroopan alueella käyttöönotettavilla raskaan kaluston moottoreilla on Euro-luokitus, joka ilmoitetaan raskaan kaluston yhteydessä usein arabiankielisillä numeroilla (Euro 1\_6). Myös roomalaista numerointia käytetään. Euroluokituksella on haluttu vähentää raskaan liikenteen päästöjä. Päästöstandardit pätevät jokaiseen yli 3500 kg:n kokonaisuuden ylittävään ajoneuvoon.

#### 3.1 Euro-luokitusten käyttöönotto

Säädös dieselmoottorien päästörajoituksista esiteltiin alun perin Euroopan neuvostojen direktiivissä 88/77/ETY joulukuussa 1987. Vuonna 2005 säädöksiä uudistettiin ja konsolidoitiin Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2005/55/EY. Euro 5 -vaiheesta alkaen lainsäädäntöä yksinkertaistettiin ja määräyksiä tiukennettiin entisestään. Tärkeimmät askeleet raskaan kaluston moottorien muutosvaatimuksista ovat seuraavat:

- Euro 1 -standardi esiteltiin vuonna 1992. Välittömästi tämän jälkeen esiteltiin Euro 2 -luokan vaatimustasot, jotka tulevat käyttöön vuonna 1996. Standardeja voitiin soveltaa niin kaupunkilinja-autoihin kuin kuorma-autoihin, mutta ne olivat yhä vapaaehtoisia.
- Vuonna 1999 EU:ssa hyväksyttiin direktiivi 1999/96/EY, jossa esiteltiin Euro 3 -standardit vuodelle 2000 ja siitä eteenpäin. Direktiivissä määriteltiin myös Euro 4 -päästörajat vuodeksi 2005 ja Euro 5 -päästörajat vuodeksi 2008. Tämä asetus sisälsi myös tiukemman päästörajan erittäin alhaiset päästöt omaaville ajoneuvoille (Enhanced environmentally friendly vehicles, EEV).
- Vuonna 2001 EU:ssa otettiin käyttöön direktiivi 2001/27/ETY, mikä kielsi irrationaalisten päästöjenvähennyskeinojen käytön. Tämä tarkoitti sitä, että auton täytyi täyttää päästövaatimukset myös tavanomaisissa käyttöolosuhteissa eikä pelkästään testilaboratorio-olosuhteissa.



- Direktiivi 2005/55/EY määriteltiin, että vuodesta 2005 eteenpäin tulisi autoihin asentaa ajoneuvon sisäisiä valvontajärjestelmiä (OBD-järjestelmiä). Direktiivissä tarkennettiin myös Euro 4 ja 5 -moottoriluokkien päästövaatimuksia, jotka oli aiemmin julkaistu vuonna 1999. Autojen päästötason ylläpidolle asetettiin myös vaatimuksia, sillä autojen päästötasot heikentyvät käyttöiän myötä. Tällöin autoon tulee suorittaa vaadittavat huoltotoimenpiteet, joilla auton päästövaatimukset täyttyvät vaaditun määräajan.
- Euro 6 -standardit esiteltiin ensimmäistä kertaa vuonna 2009 komission asetuksessa 595/2009, sen käyttö alkaa 2013–2014. Euro 6 -standardin tärkein lisä oli pienhiukkasten määrän vähentäminen pakokaasuista, ja se vaatii yhä tarkempia OBD-järjestelmiä ajoneuvoihin. Euro 6 -ajoneuvon täytyy täyttää asetetut rajat myös siinä tapauksessa, jos se testataan liikenteessä viranomaisten tarkastuksessa. (2)

### 3.2 Raskaan kaluston Euro-luokiteltujen moottorien päästörajat ja testisyklit

Taulukosta 1 näkyy eri pakokaasukomponenttien osuudet Euro-luokitukseltaan erilaisissa moottoreissa sekä niiden mittaamista varten kehitellyt testisyklit.

Taulukko 1: Eri Euro-luokitusten päästörajat ja niiden testaamiseen käytetyt testisyklit(2).

Luokka	Pvm	Testisykli	CO	HC	NOx	PM	PN	Savutus
			g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	1/kWh	1/m
Euro I	1992, ≤ 85 kW	ECE R-49	4,5	1,1	8,0	0,612		
	1992, > 85 kW		4,5	1,1	8,0	0,36		
Euro II	1.10.1996		4,0	1,1	7,0	0,25		
	1.10.1998		4,0	1,1	7,0	0,15		
Euro III	1.10.1999 vain EEV	ESC & ELR	1,5	0,25	2,0	0,02		0,15
	1.10.2000		2,1	0,66	5,0	0,10 <sup>a</sup>		0,8
Euro IV	1.10.2005		1,5	0,46	3,5	0,02		0,5
Euro V	1.10.2008		1,5	0,46	2,0	0,02		0,5
Euro VI	1.1.2013		WHSC	1,5	0,13	0,4	0,01	8,0×10 <sup>11</sup>

a - PM = 0,13 g/kWh moottoreille, jotka ovat iskutilavuudeltaan < 0,75 dm<sup>3</sup> sylinteriä kohden, nimellistehollaan kierrosnopeudella > 3000 r/min

TECE R-49 on 13-vaiheinen dieselmoottorin testisykli, joka otettiin käyttöön Euro 2 moottoreiden testaamista varten. Testisykli on Euroopan talouskomission hyväksymä ja sitä käytetään moottoreiden tyyppihyväksyntävaiheessa. Moottoria kuormitetaan dynamometrillä 13:lla eri rasiustasolla ja mitataan aiheutetut päästöt. (3)

ESC (European stationary cycle) on uudempia moottoreita varten kehitelty testisykli, joka otettiin käyttöön vuonna 2000. Se on myös 13-vaiheinen moottorien tyyppihyväksyntää varten kehitelty sykliajo kuten edeltävä R-49. (4)

ELR (European load response) on ESC:n kanssa kehitelty testisykli. ELR:ssä mitataan moottorin aiheuttamaa savun tiheyttä. ELR otettiin käyttöön Euro 3 -moottorien testausta varten. (5)

WHSC (World harmonized test cycle) on globaalisti käytetty testisykli, jossa huomioidaan entistä tarkemmin moottorin kylmänä ja lämpimänä käynnistämisen erot. Testisykliä on kehitetty mahdollisimman tarkasti Euroopan, Japanin, USA:n ja Australian olosuhteita varten. (6)

## 4 Tutkimuksen toteutustapa

Tutkimuksen tarkoituksena on vertailla uuden ja vanhan kaluston välistä polttoainekulutusta sekä kahden eri kuljettajan välistä eroa. Mittaus toteutettiin vertailemalla kahden eri kokoluokan kuorma-autoa ja kahta eri kuljettajaa. Vertailussa testattiin myös kahden eri-ikäisen ja Euro-luokitukseltaan erilaisen samankokoisen kuorma-auton eroavaisuuksia. Testiperiodi sijoittuu keväälle, jolloin tiet ovat Etelä-Suomessa jo sulaneet ja lämpötiloissa ei tapahdu suurta vaihtelua.

### 4.1 Mittaussuunnitelma

Tutkimus jaetaan neljän viikon ajalle, jolloin kukin testisykli on viiden päivän mittainen. Autot ajavat päivätasolla lähes vakioireittejä, jolloin viikkotasolla ajettu määrä pysyy suurin piirtein vakiona. Avainlukuna tutkimuksessa käytetään keskikulutusta (l / 100 km). Mittauksessa vertaillaan kahta eri-ikäistä kokonaismassaltaan 18 tonnin kuorma-

autoa sekä yhtä 26 tonnin kuorma-autoa kuljettajavertailussa. Testit ajoittuvat neljän viikon jaksolle taulukon 2 osoittamalla tavalla:

Taulukko 2. Testisykliä ajoitus: kuljettajat ja autot.

	Viikko 12	Viikko 15	Viikko 16	Viikko 17
Auto 1 (18 t Euro 5)	Kuljettaja A / Reitti 1	Kuljettaja B / Reitti 1		
Auto 2 (26 t Euro 4)	Kuljettaja B / Reitti 2	Kuljettaja A / Reitti 2	Kuljettaja B / Reitti 2	Kuljettaja A / Reitti 2
Auto 3 (18 t Euro 4)			Kuljettaja A / Reitti 1	Kuljettaja B / Reitti 1

#### 4.2 Reitti ja kuorma

Reittejä mittauksessa on kaksi erilaista. Molemmilla reiteillä ajetaan elintarvikekuormia jalostajalta tukkuliikkeille sekä jalostajan sisäisiä kuljetuksia kahden toimipisteen välillä. Reittien pituudet vaihtelevat päivätasolla, mutta viikkotasolla on samat vakiopysähdyspaikat, joiden lisäksi reitille saattaa tulla ylimääräisiä pudotuksia. Reitit sijoittuvat pääkaupunkiseudulle ja Etelä-Uudenmaan alueelle. Ajosyklin profiili on seuraavanlainen: pysähdyspaikkojen lähellä (n. 5 km:n säteellä) taajama-alueita ja suurin osa ajosta kehä- tai moottoritietä pitkin.

Ajettavat kuormat ovat tyypillisesti noin 75–100 % auton tilavuuskapasiteetista. Massat ovat kuorma-auton kantavuudesta noin 80–100 %. Nämä luvut kuvaavat tilannetta, jossa autot lähtevät ajoreitilleen.

##### 4.2.1 Reitti 1

Reitti 1, joka on mainittu taulukko 2:ssa, alkaa Itä-Vantaalta. Autona reitillä on 18 tonnin jakeluauto. Auto lastaa Vantaalla, suuntaa Keravalle, purkaa kuorman ja palaa lähtöpaikkaan. Tämän jälkeen auto ottaa uuden kuorman ja käy Espoossa. Espoon paikassa auto purkaa ja ottaa paluukuormaa kyytiin ja palaa lähtöpaikkaan Vantaalle. Reitillä saattaa olla myös satunnaispudotuksia suoraan kauppoihin. Näistä johtuvat pienet heitot päivittäisissä ajokilometreissä. Kuva reitistä 1 löytyy liitteestä 1.

#### 4.2.2 Reitti 2

Reitti 2 lähtee liikkeelle samasta paikasta kuin reitti 1, mutta se pysyy kokonaan pääkaupunkiseudulla. Reitillä 2 ajetaan 26 tonnin jakeluautolla kuorman suuremman massan vuoksi. Reitti alkaa Vantaalta, mistä auto suuntaa Espooseen, missä se pudottaa lastia muutama paikkaan. Tämän jälkeen se suuntaa asiakasyrityksen toiseen toimipisteeseen, joka sijaitsee Juvanmalmilla Espoossa. Sieltä se saa paluukuormaa takaisin Itä-Hakkilan toimipisteeseen, josta reitti alkaa. Kuten reitillä 1, on myös tällä reitillä satunnaisia pudotuksia kaappoihin reitin varrella, mikä aiheuttaa hajontaa päivittäisiin kilometreihin. Kuva reitistä 2 on liitteessä 1.

## 5 Mittalaitteet ja menetelmät

Työn mittausmenetelmänä käytettiin kuljetusyrityksen omaa tiedonkeruujärjestelmää. Järjestelmä tallentaa kuljettajakohtaiset sekä ajoneuvokohtaiset tiedot. Seurantajärjestelmän avulla on mahdollista kerätä tietoja niin päivätasosta aina vuosittaisiin tapahtumiin asti. Järjestelmän nimi on AC Panther, ja sen on valmistanut kotimainen AC-sähköautot Oy.

### 5.1 Seurantajärjestelmä

AC Panther on ajoneuvokaluston seurantaan kehitetty tietojärjestelmä. Järjestelmän tavoitteena on tarjota kuljetusyrityksille hyviä työkaluja kalustonsa käytön optimoimiseen. Järjestelmän tärkeimpiä ominaisuuksia ovat esimerkiksi

- työajanseuranta
- ajotapaseuranta
- ajopäiväkirja ja ajohistoria
- paikannus
- navigointi autossa
- peruutuskamera autossa
- väyläliittymä autossa (auton kilometrimittarin tiedot sähköisesti)
- lämpötilanseuranta. (7)

## 6 Kalusto

Tämän luvun tarkoitus on luoda katsaus ajoneuvokalustoon, jota esiintyy tässä tutkielmassa. Työn mittauksissa seurattava ajoneuvokalusto on Mercedes-Benz-merkkisiä jakelukuorma-autoja. Autot ovat kokonaismassoiltaan 18 ja 26 tonnia. Autot ovat mallinimiltään Axor ja Actros.

### 6.1 Päällirakenne

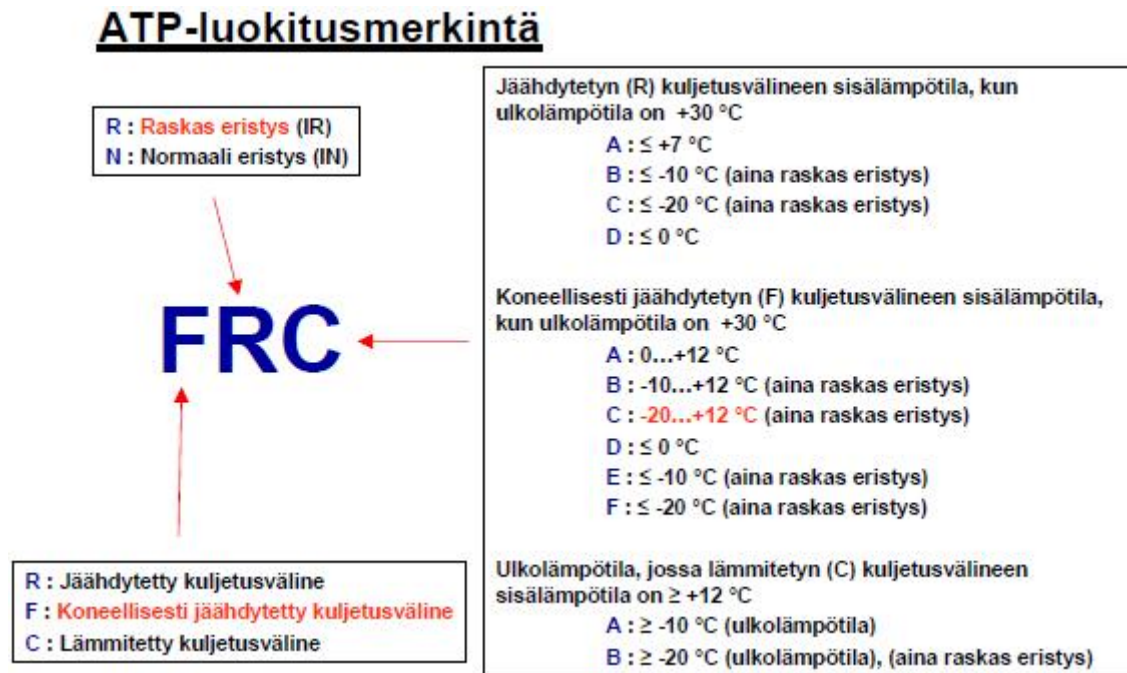
Kaikissa mittauksissa käytetyissä kuorma-autoissa on päällirakenteena elintarvikekuljetukseen soveltuva ATP-luokiteltu kuormakori. ATP-sopimus on helposti pilaantuvien elintarvikkeiden kansainvälisiä kuljetuksia ja tällaisissa kuljetuksissa käytettävää erityiskalustoa koskeva sopimus. Sopimuksen piiriin kuuluu 42 maata, koko Eurooppa, Venäjä sekä USA. (8, s. 2–3.)

#### 6.1.1 Korin ATP-luokitus ja sertifiointi

ATP-luokituksen ensisijainen luokitteluperuste on korin eristyskyky, joka ilmoitetaan k-arvolla. K-arvo on lämmönläpäisykerroin, joka ilmoittaa, kuinka monen watin lämpöteho siirtyy pinta-alaltaan yhden neliömetrin seinämän läpi, kun lämpötilaero seinän molemmilla puolilla on yksi celsiusaste. Luokituksen toissijaisia perusteita ovat kuormatilan lämpötila (A, B, C, D, E ja F) ja lämpötilansäätölaitteen toimintaperiaate (R, F ja C). Tärkeimmät ATP-luokat ovat

- FCR: Koneellisesti jäähdytetty raskaseristeinen C-luokan (+12...-20 °C) kuormakori.
- FNA: Koneellisesti jäähdytetty normaalieristeinen A-luokan (+12...0 °C) kuormakori.

Kuvassa 2 havainnollistetaan FRC -kirjainyhdistelmän merkitystä. Tähän työhön liittyvissä autoissa on jokaisessa FRC-luokiteltu kuormakori. (8, s. 4)



Kuva 1. ATP-luokitusmerkintä (8, s. 5).

Luokituksen saamiseksi täytyy kuormakorille saada ATP-sertifiointi. Sertifiointi perustuu ATP-sopimuksessa määriteltyihin normeihin, ja sen suorittaa puolueeton kolmas osapuoli. Suomessa ATP-sertifikaatteja myöntää Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, MTT. Kuormakorille voidaan myöntää ATP-tyyppihyväksyntä kuudeksi vuodeksi kerrallaan, jonka jälkeen kori on tuotava tarkastettavaksi uudelleenhyväksyntää varten. Uudelleentarkastuksen jälkeen tyyppihyväksyntä voidaan uusiksi kolmeksi vuodeksi kerrallaan. (8, s. 6.)

### 6.1.2 Lämpötilansäätelylaite

FRC-luokitus asettaa tietyt vaatimukset myös kuormatilan lämpötilansäätelylaitteelle. Testeissä käytetyissä autoissa on Thermo King -merkkiset laitteet. Uudemmassa automallissa (Axor 1829) on Thermo King T-1200R -mallinen laite.

Laite on mikroprosessoriohjattu kuljetuskaluston käyttöön suunniteltu lämmönsäätölaite. T-sarjan laitteet asennetaan kontin etuosaan ja ne saavat käyttövoimansa omasta dieselmoottorista. Laitteessa on myös oma 400 VAC-sähkämoottori, joka mahdollistaa käytön myös sähköverkkokäytöllä. Laitteen dieselmoottori on kolmesylinterinen ja tuottaa tehoa 14,6 kW. Laitteen valmistaja ei anna polttoaineenkulutustietoja, sillä niiden

määrittäminen on monien tekijöiden summa. Kulutus riippuu pääasiallisesti siitä, mikä lämpötila konttiin on asetettu ja mikä on ulkoilman lämpötila. (9, s. 6.)

## 6.2 Axor 1829 jakeluauto

Axor on Mercedes-Benzin jakeluliikenteeseen suunnittelema kuorma-auto malli. Sen suunnittelussa on pyritty saamaan kevyellä rakenteella kuorma-auton massa mahdollisimman alhaiseksi ja tätä kautta mahdollisimman suuri hyötykuorma. Kuljetusyrityksen kustannuksiin ja kuljettajan työskentelymukavuuteen on kiinnitetty entistä enemmän huomiota. Kuvassa 3 on tämän työn mittauksissa käytetty auto. (10, s. 26.)



Kuva 2. 18 tonnin Axor 1829 -kuorma-auto.

### 6.2.1 Auton mitat ja kantavuus

Tässä työssä käytetty Axor on kaksiakselinen malli. Auton kokonaispituus on 1041 cm ja auton korkeus 380 cm. Kuormakorin sisämitat ovat 840 \* 248 \* 250 cm. Korin pituus 840 cm mahdollistaa 16 Fin-lavan (100 cm \* 120 cm) tai 20 Euro-lavan (80 cm \* 120 cm) lastaamisen autoon. Auton suurin sallittu kokonaismassa tieliikenteessä on 18 000



kg. Auton omamassa on 10 700 kg, jolloin hyötykuorman suuruudeksi jää 7 300 kg.  
(11)

### 6.2.2 Moottori

Uudessa Axor -mallissa on moottorina Euro 5 -luokiteltu BlueTec® 5 -moottori, mallimerkinnältään OM 906 LA. Moottorin rakenne näkyy kuvasta 4.



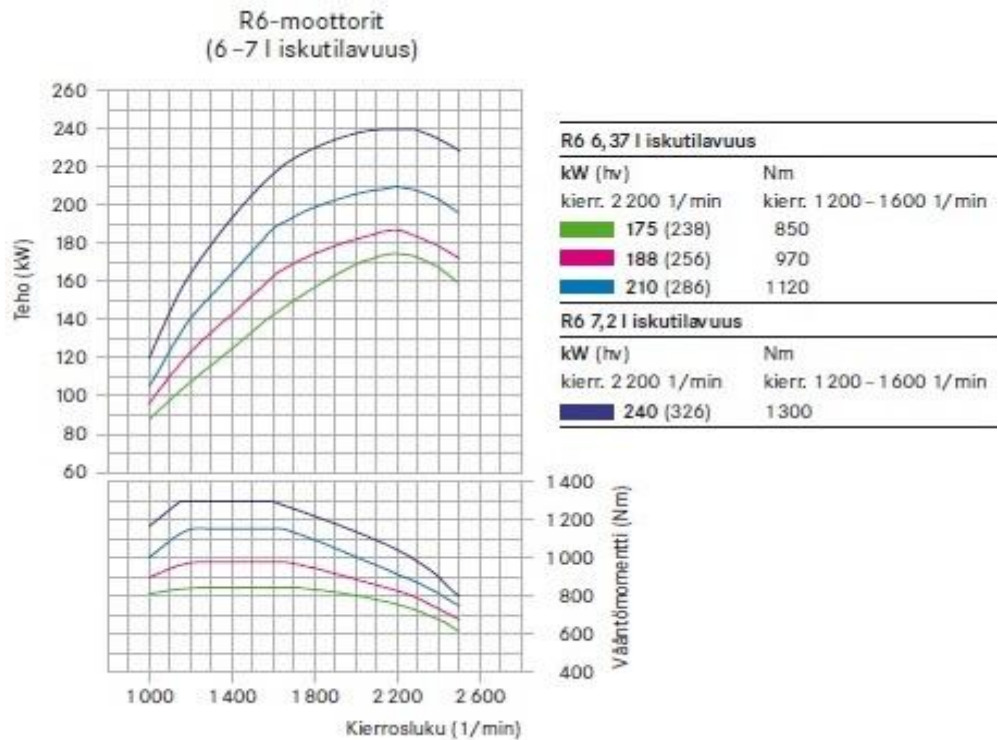
Kuva 3. BlueTec® 5 sarjan 6-sylinterinen rivimoottori (10, s. 35).

Valmistaja lupaa moottorin olevan erittäin taloudellinen ja samalla hyvin suorituskykyinen. Moottori on tekniikan osalta suurin tekijä, joka vaikuttaa auton kulutukseen. Kuljetuskaluston moottorin täytyy olla optimaalisen kokoinen ja valittu vastaamaan kuljetustarvetta. Axor -mallin moottorivalikoimaan kuuluu kolmen eri kokoluokan moottoreita:

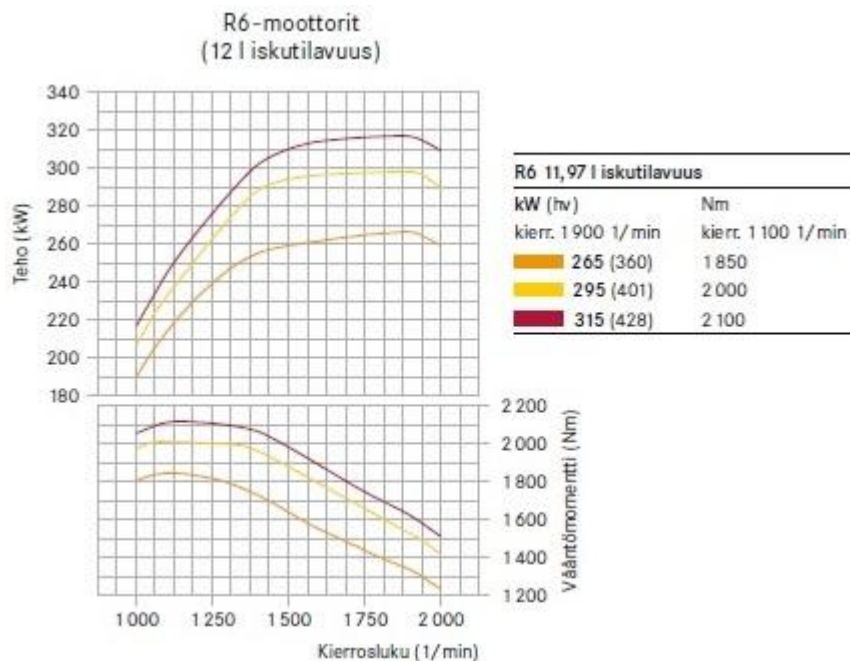
- Iskutilavuus 6,37 l, tehovaihtoehdot 175–210 kW.
- Iskutilavuus 7,2 l, tehovaihtoehdona 240 kW.
- Iskutilavuudella 11,97, tehovaihtoehdoina 265–315 kW

Yllä mainittujen moottoreiden teho- ja vääntökäyrät ovat nähtävissä kuvissa 5 ja 6.





Kuva 4. Iskutilavuudeltaan 6-7 l:n Bluetec®-moottoreiden teho- ja vääntökäyrät (10, s. 36).



Kuva 6. Iskutilavuudeltaan 12 l:n Bluetec®-moottoreiden teho- ja vääntökäyrät (10, s. 36).

Kaikki moottorivaihtoehdot ovat tyypiltään 6-sylinterisiä rivimoottoreita. Moottorien maksimivääntöalue on optimoitu 1200–1600 rpm:n väliselle alueelle 6–7 l iskutilavuuden moottoreissa. Se on taloudellinen ajatellen jakeluajon sykliä, jossa on paljon py-

sähdyksiä ja kiihdytyksiä. Suuremmissa 12 l moottoreissa maksimivääntöalue on hieman suppeampi sijoittuen alueelle 1100–1300 rpm. Moottorit käyttävät Mercedes-Benzin BlueTec® SCR -dieselteknologiaa, jossa SCR-katalysaattori suihkuttaa pakokaasuvirtaan AdBlue-urealiuosta. AdBlue pelkistää typen oksideja pakokaasusta vähentäen NOx-päästöjä Euro 5 -normin vaatimalle tasolle. Tämän tutkimuksen mittauksissa käytettävissä autoissa on 210 kW:n tehoinen moottori, mallinimeltään OM 906 LA. Vanhemmassa mallissa on sama moottori, mutta se on Euro 4 -luokiteltu. Tämä tarkoittaa sitä, että sen SCR-katalysaattori ei ole yhtä tehokas ja auto on päästötasoltaan hieman heikompi kuin vastaava Euro 5 -malli. (10, s. 35–37.)

### 6.3 Actros 2532 jakeluauto

Actros on Mercedes-Benzin kuorma-automallisarjan suurin auto. Actrosin suunnittelussa on keskitytty samoihin arvoihin kuin muissakin Mercedes-Benzin kuorma-autoissa: kustannustehokkuus, luotettavuus, ympäristöystävällisyys, turvallisuus ja käyttömukavuus. (12) Tässä työssä käytetty auto on kolmiakselinen jakeluauto, joka on varustettu FRC-luokitetulla kylmäkuormatilalla. Kuvassa 7 näkyy kyseinen auto.



Kuva 5. Mittauksissa käytetty 26 tonnin Actros 2532 -kuorma-auto.

### 6.3.1 Auton mitat ja kantavuus

Testeissä käytetty Actros-kuorma-auto on kolmeakselinen. Auton kokonaispituus on 1174 cm ja korkeus 400 cm. Korin sisämitat ovat 950 \* 248 \* 257 cm. Autoon voidaan lastata 18 kpl Fin-lavoja tai 21 kpl Euro-lavoja. Kantavuudeltaan Actros on lähes kaksinkertainen Axoriin nähden. Actrosin suurin sallittu kokonaismassa tieliikenteessä on 26 000 kg ja omamassa 12 600 kg. Tällöin saadaan hyötykuormaksi jopa 13 400 kg. (13)

### 6.3.2 Moottori

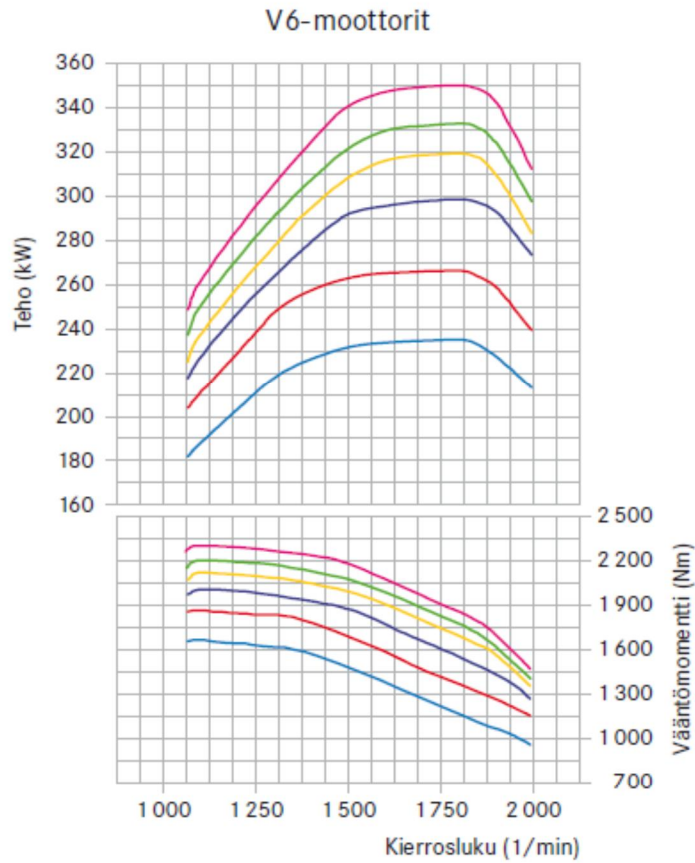
Actrosin moottorivalikoimaan kuuluu kahden eri konfiguraation omaavia moottoreita. Malliston pienemmässä päässä on tilavuudeltaan 11,95 litran V6-moottorit tehovaihtoehtoina 235 kW, 265 kW, 300 kW, 335 kW ja 350 kW. Isoimmissa malleissa on 15,93-litrainen V8, joissa on tehovaihtoehtoina 375 kW, 405 kW ja 440 kW. Kaikki edellä mainitut moottorit hyödyntävät BlueTec® SCR -teknologiaa ja ovat Euro 5 -normin mukaisia.

Mittauksessa käytetyssä autossa on kuvan 8 mukainen 235 kW:n V6-moottori, mallimerkinnältään OM 501 LA, joka on Euro 4 -luokiteltu.



Kuva 6 OM 501 LA -V6-moottori (12, s. 18).

Moottorin väännön maksimiarvo 1650 Nm saavutetaan 1080 rpm pyörimisnopeudella, jolloin autosta saadaan mahdollisimman paljon irti heti matalilta kierroksilta alkaen. Kuvassa 9 on V6-moottoreiden teho- ja vääntökäyrät. (12, s. 18–19.)




---

**V6 12l iskutilavuus**


---

kW (hv)	Nm
kierr. 1800 1/min	kierr. 1080 1/min
235 (320)	1 650
265 (360)	1 850
300 (408)	2 000
320 (435)	2 100
335 (456)	2 200
350 (476)	2 300

---

Kuva 7. 235 kW:n tehoisen OM 501 LA -moottorin teho- ja vääntökäyrät (vaaleansininen viiva) (12, s. 19).

## 7 Kulutusmittaukset

Kuorma-autojen polttoaineenkulutusta seurattiin jokaisen ajoneuvon kohdalla kahden viikon mittaisen periodin ajan. Testin tarkoituksena oli selvittää autojen polttoaineenkulutusta niiden päivittäisessä jakelutehtävässä ja huomioida myös eri kuljettajan vaikutusta siihen. Testimateriaalissa on lukuja, joista ilmenee ajatut kilometrit, käytetty polttoaine ja avainlukuna kulutus / 100 km. Kaikki mittauksissa käytetty data on peräisin yrityksen ajoneuvoseurantajärjestelmästä.

### 7.1 Auto 1: Axor 1829 Euro 5, vuosimalli 2012

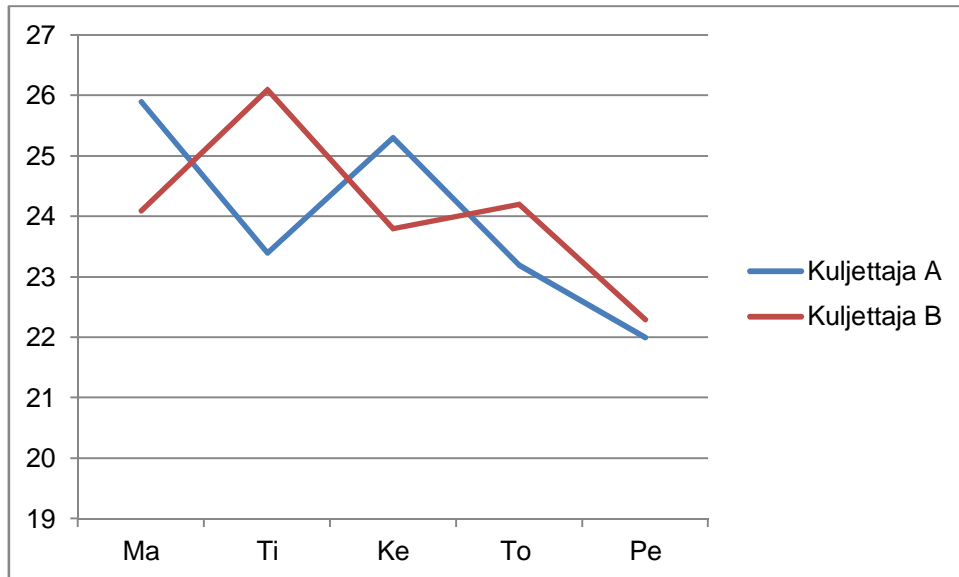
Alla olevista taulukoista näkyy Axor 1829:n Euro 5 -kulutusmittausten tulokset. Viikon testiperiodin kulutuskeskiarvo on merkitty vihreällä värillä taulukoihin 3 ja 4, ja graafinen yhteenveto on kuvassa 10.

Taulukko 3. Kuljettajan A ajama periodi vk 12.

Kuljettaja A, Reitti 1		Auto 1: Axor 1829 Euro 5	
Viikko 12	Ajomatka km	Käytetty polttoai- ne l	Kulutus l / 100 km
Ma	82,2	21,3	25,9
Ti	189,9	44,5	23,4
Ke	134,5	34,1	25,3
To	167,2	38,8	23,2
Pe	165,8	36,4	22,0
Yht.	739,6	175,1	23,96

Taulukko 4. Kuljettajan B ajama periodi vk 15.

Kuljettaja B, Reitti 1		Auto 1: Axor 1829 Euro 5	
Viikko 15	Ajomatka km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l / 100 km
Ma	153	36,9	24,1
Ti	129,2	33,6	26,1
Ke	135,2	32,2	23,8
To	119,3	28,9	24,2
Pe	119,4	29	22,3
	656	160,6	24,1



Kuva 10. Vertailu kulutuksen vaihtelusta kuljettajien välillä reitillä 1, y- akselilla kulutus l / 100km ja x-akselilla viikonpäivät.

## 7.2 Auto 2: Axor 1829 Euro 4, vuosimalli 2007

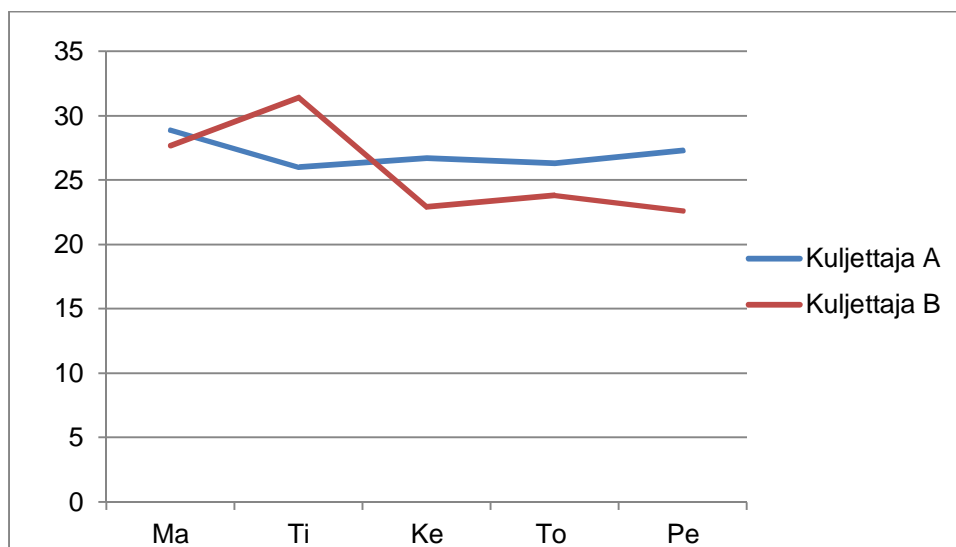
Alla olevista taulukoista näkyy kyseisen auton kulutusmittaukset. Viikon testiperiodin kulutuskeskiarvo on merkitty vihreällä värillä taulukoihin 5 ja 6, ja graafinen yhteenveto on kuvassa 11.

Taulukko 5. Kuljettajan A ajama periodi vk 16.

Kuljettaja A, Reitti 1		Auto 3: Axor 1829 Euro 4	
Viikko 16	Ajomatka km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l/100 km
Ma	80,6	23,3	28,9
Ti	126,8	33	26
Ke	104,9	28	26,7
To	150,2	39,4	26,3
Pe	151,4	41,4	27,3
	613,9	165,1	27,04

Taulukko 6. Kuljettajan B ajama periodi vk 17.

Kuljettaja B, Reitti 1	Viikko 17	Auto 3: Axor 1829 Euro 4	
Viikko 17	Ajomatka km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l/100 km
Ma	107,7	29,8	27,7
Ti	88,5	54,3	31,4
Ke	291,3	66,6	22,9
To	227,9	54,6	23,8
Pe	339,2	76,8	22,6
	1054,6	282,1	25,68



Kuva 11. Vertailu kulutuksen vaihtelusta kuljettajien välillä reitillä 1, y- akselilla kulutus l / 100km ja x-akselilla viikonpäivät.

### 7.3 Auto 3: Actros 2532 Euro 4

Alla olevista taulukoista näkyy Actros 2532 Euro 4 kulutusmittauksen tulokset. Viikon testiperiodin kulutuskeskiarvo on merkitty vihreällä värillä taulukoihin 7–10. Poikkeuksena edellisiin, tällä autolla mitattiin molemmilta kuljettajilta kahden viikon mittausperiodi. Tämä sen vuoksi, että voitaisiin tutkia kuljettajien välistä eroa tarkemmin. Kuvassa 12 havainnollistetaan tuloksia graafisesti.



Taulukko 7. Kuljettajan B ajama periodi vk 12.

Kuljettaja B, Reitti 2	Auto 2: Actros 2532 Euro 4		
Viikko 12	Ajomatka km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l / 100 km
Ma	143,6	45,3	31,5
Ti	218,1	66,7	30,6
Ke	217,7	64,7	29,7
To	203,1	65,1	32
Pe	144,4	44,2	30,6
	926,9	286	30,88

Taulukko 8. Kuljettajan A ajama periodi vk 15.

Kuljettaja A, Reitti 2	Auto 2: Actros 2532 Euro 4		
Viikko 15	Ajomatka Km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l / 100 km
Ma	144,5	40,9	28,3
Ti	162,9	43	26,4
Ke	143,1	38,7	27
To	240	64,2	26,8
Pe	144,7	40,1	27,7
	835,2	226,9	27,24

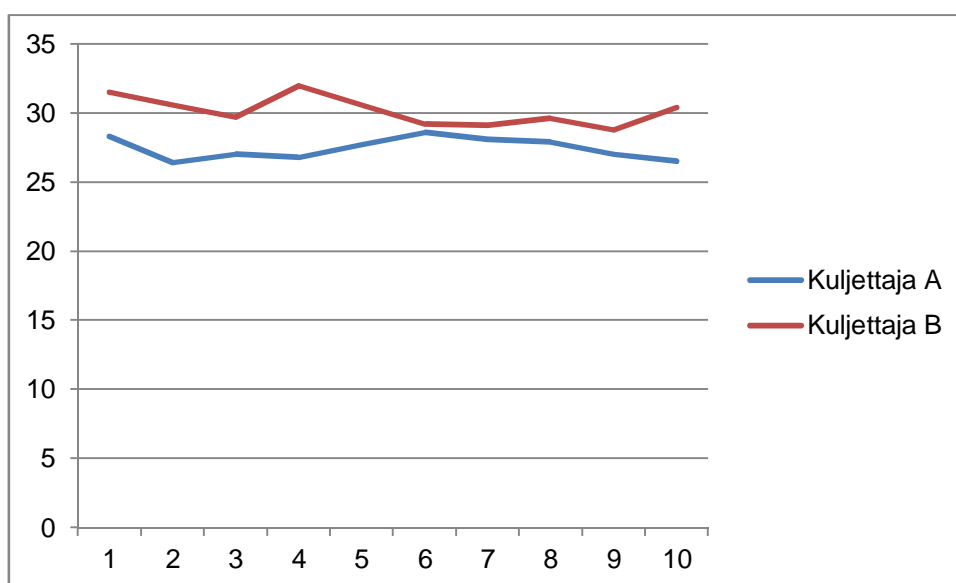
Taulukko 9. Kuljettajan B ajama periodi vk 16.

Kuljettaja B, Reitti 2	Auto 2: Actros 2532 Euro 4		
Viikko 16	Ajomatka Km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l / 100 km
Ma	143,7	42,0	29,2
Ti	163,2	58,3	29,1
Ke	143,7	42,5	29,6
To	214,4	61,7	28,8
Pe	187,5	57,0	30,4
	852,5	261,5	29,42



Taulukko 10. Kuljettajan A ajama periodi vk 17.

Kuljettaja A, Reitti 2	Auto 2: Actros 2532 Euro 4		
Viikko 17	Ajomatka Km	Käytetty polttoaine l	Kulutus l / 100 km
Ma	143,2	41	28,6
Ti	159,8	45	28,1
Ke	215	60	27,9
To	156,9	42,4	27
Pe	142,4	37,7	26,5
	817,3	226,1	27,62



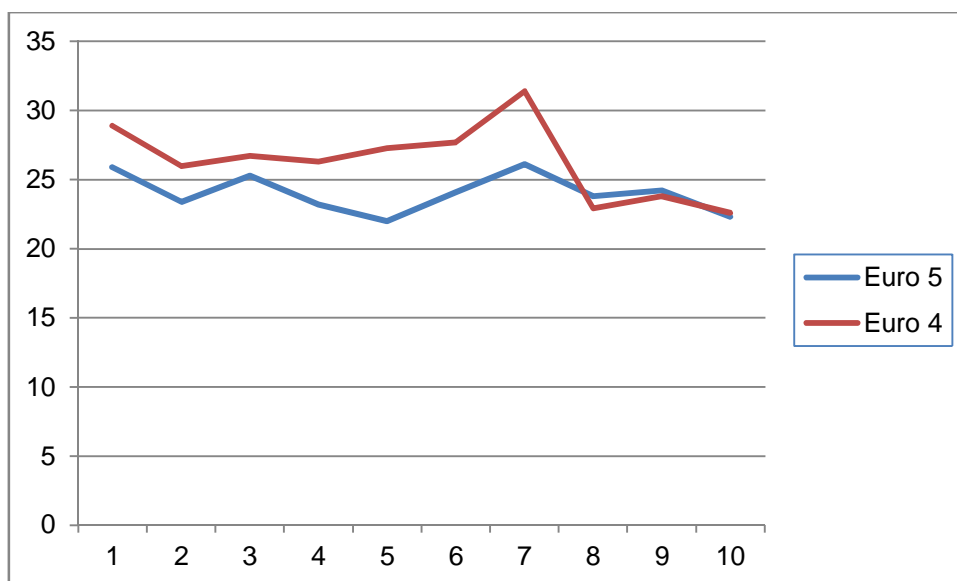
Kuva 12. Vertailu kulutuksen vaihtelusta kuljettajien välillä reitillä 2, y-akselilla kulutus l / 100 km ja x-akselilla kymmenen päivän ajoperiodi.

## 8 Tulokset ja vertailu

Tässä luvussa analysoidaan mittauksista saatuja tuloksia ja vertaillaan niitä muista tutkimuksista saatuihin tuloksiin, lähinnä VTT:n. Auton valmistaja ei anna yksittäiselle kuorma-autolle kulutuslukemia, sillä lukemat riippuvat täysin auton ajotehtävästä ja autokohtaisista säädöistä. Myöskään EU:lla ei ole virallisia ajosyklejä kuorma- ja linja-autojen kulutusmittausta varten. Tämä on toinen syy miksi raskaalle kalustolle ei ole virallisia l / 100 km lukemia. (14, s. 11.)

## 8.1 Autojen väliset erot

Testeissä kävi selvästi ilmi, että uudella autolla on pienempi polttoaineenkulutus samassa jakelutehtävässä 18 t:n kuorma-autolla. Testeissä pyrittiin minimoimaan muuttujat olosuhteiden sallimissa rajoissa. Kahden eri-ikäisen auton kulutuslukemissa oli huomattavaa eroa, joka käy ilmi alla olevasta kuvasta 13, joka on laadittu taulukoista 3–6 saadusta datasta.



Kuva 13. Euro 5- ja Euro 4 -luokitettujen samankokoisten jakeluautojen kulutusvertailu, Kulutus l / 100 km on y-akselilla ja x-akselilla kymmenen päivän ajoperiodi.

Mittausperiodina on kymmenen päivän jakso, jolloin molemmat kuljettajat ajoivat molemmilla autolla viisi päivää. Olosuhteiden pakosta Euro 4 -luokiteltu auto joutui viimeisellä testijaksolla eri tehtäviin viimeisten kolmen päivän ajaksi, joten päivien 8–10 data ei ole yhtä vertailukelpoista kuin päivien 1–7 data.

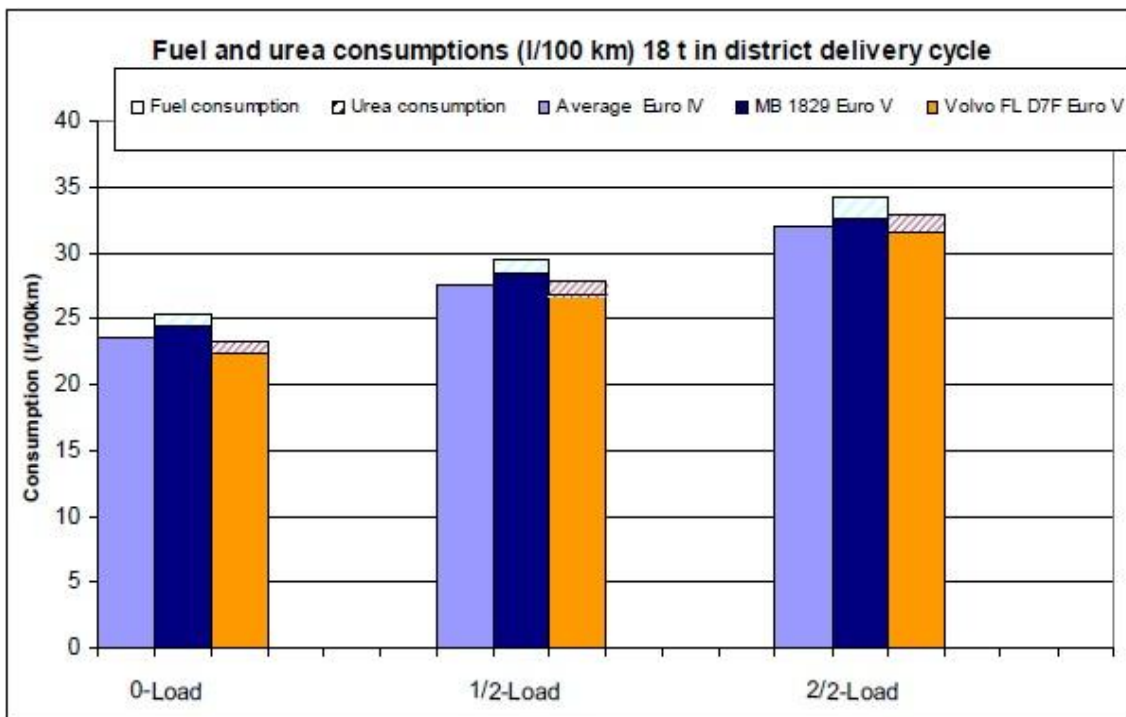
### 8.1.1 Euro 5 vastaan Euro 4

Autolle 1 (18 t Euro 5) tuli kymmenen päivän kulutuskeskiarvoksi 24,03 l / 100 km. Auton 3 (18 t Euro 4) vastaava lukema oli 26,36 l / 100 km koko periodi huomioon otettuna, mutta jos kolme viimeistä päivää jätetään huomiotta, niin kokonaiskulutukseksi saadaan 27,76 l / 100 km. Ero on huomattava, kun ajattelee autojen käyttöä vuositasolla.

### 8.1.2 VTT:n mittaustuloksia vastaavalle autolle jakelusyklissä

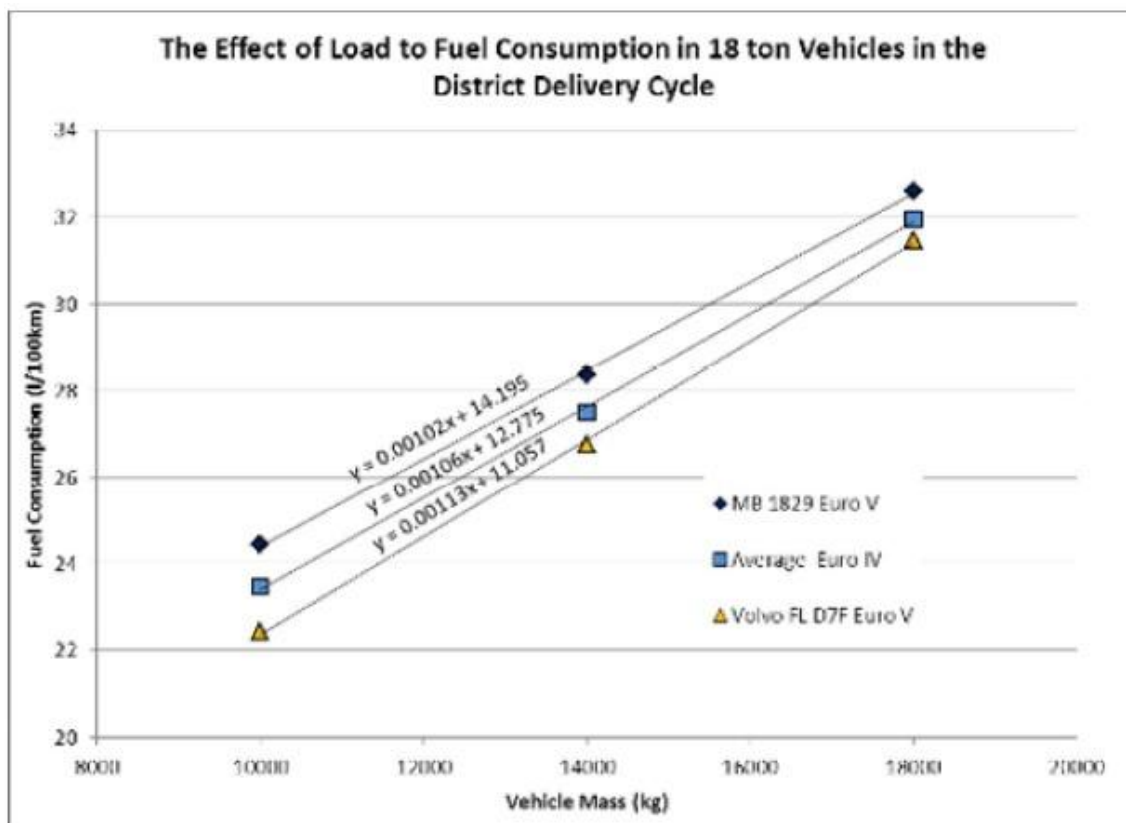
Vertailukohtana voidaan käyttää VTT:n päästötutkimuksesta saatua kulutuslukemaa, joka on saatu alustadynamometrillä simuloituna. Dynamometriin on ohjelmoitu jakeluajoa kuvaava sykli, joka on luotu todellisen 18 t:n jakeluauton ajosta kerättyjen tietojen perusteella. VTT:n testiajossa on ollut käytössä samankaltainen Mercedes-Benz Axor 1829 Euro 5 -kuorma-auto kuin tämän työn mittauksissa.

Kuvassa 14 näkyy tarkastellun auton tulokset tummansinisenä pylväänä eri kuormitusasteilla. On huomattava, että VTT:n mittauksissa ovat kulutuslukemat kuormattuna suuremmat kuin tämän testin mittaolosuhteissa saadut keskiarvot. Kuviossa on myös referenssinä Euro 4 -luokan autojen keskiarvotulos vaaleansinisellä palkilla kuvattuna, joka on tämän työn tuloksia ajatellen ristiriitainen, sillä Euro 4 -autojen keskiarvo on hieman Euro 5 -tasoa alhaisempi. Euro 4 -tason alhaisuus on yllättävä myös tämän testin tulosta ajatellen, sillä tämän työn mittauksissa Euro 4 kulutti huomattavasti enemmän kuin Euro 5. (15, s 49–56.) Arvelen että ero johtuu siitä, että VTT:n mittauksissa käytetyt ajoneuvot ovat suhteellisen uusia, kun taas tämän testin käytössä ollut auto oli otettu käyttöön 27.4.2007. Iän tuoma kuluminen lisää kulutusta, mutta sen suuruuden määrittely vaatisi omat mittaukset.



Kuva 14. VTT:n mitaamat kulutuslukemat 18 t:n kuorma-autolle jakeluajoa kuvaavassa ajosykliä (15, s. 50).

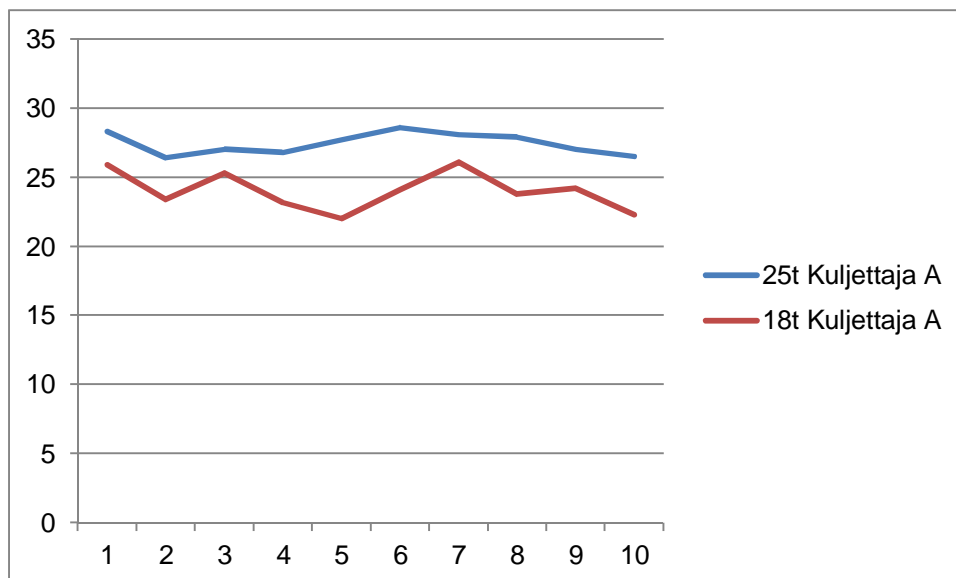
Kuvassa 15 havainnollistetaan kuorman vaikutusta auton kulutukseen samassa jakelusyklissä. Kuvion ylin viiva kuvaa MB Axor 1829 -kuorma-autoa. Kuvaajasta nähdään, että Axorin kulutus nousee noin 1 l / 100 km massan kasvettua yhden tonnin verran.



Kuva 15. Massan vaikutus polttoainenkulutukseen jakelusyklissä (15, s.54).

### 8.1.3 Actros 2532:n mittaukset

Actrosin mittaukset antoivat yhteensä 20 päivän keskilukulukseksi 28,79 l / 100 km, joka on keskiarvo taulukoiden 7–10 datasta. Tämä ei ole tutkimuksen kannalta kaikista mielenkiintoisin arvo, sillä tähän arvoon on yhteenlaskettu molempien kuljettajien ajamat 10 päivää. Mielenkiintoisempaa on se, että kuljettajien väliltä löytyi merkittävää eroa polttoainenkulutuksessa. Tästä on tarkempi selvitys luvussa 9.2. Luku kertoo kuitenkin sen, että kyseisen 26 t:n ajoneuvon ja uuden 18 t:n ajoneuvon välillä on eroja kulutuksessa. Tämä johtuu ensinnäkin autojen ja moottorien kokoerosta. Myös kuljettajien reitti on erilainen, kuten liitteen 1 kuvista 17 ja 18 käy ilmi, ja 26 t:n auton reitillä ajetaan suurempia massoja. Seuraavassa kuvassa 16 on graafinen vertailu kuljettajan A ajamasta testijaksosta kummankin kokoluokan autoilla.



Kuva 16. kulutuksen vaihtelu autojen välillä. Y-akselilla kulutus l / 100 km ja x-akselilla kymmenen päivän ajoperiodi.

## 8.2 Kuljettajien väliset erot

Kahden eri kuljettajan päivittäisessä polttoaineenkulutuksessa paljastui eroavaisuuksia etenkin 26 t:n kuorma-autolla. 18 t:n kuorma-autolla erot olivat pienempiä.

### 8.2.1 Kuljettajien vertailu 18 t:n kuorma-autolla

Kuten kuvista 10 ja 11 kävi ilmi, ei 18 tonnin kuorma-autolla ajettaessa kuljettajien välille syntynyt suuria eroavaisuuksia. Taulukoiden 3 ja 4 tuloksissa (Euro 5 -auto) kuljettajien ajoperiodin välinen kulutuskeskiarvojen ero on vain 0,5 l / 100 km. Päivätasolla on heittoja nähtävissä, mutta sen aiheuttavat pienet poikkeavuudet massoissa ja mahdolliset ylimääräiset pudotukset reiteillä. Vanhemman auton osalta (Euro 4) on hankalampi vertailla kuljettajien välistä eroa kuljettajan B testiperiodin vajavaisuuden takia, kuten jo luvussa 8.1 todettiin.

### 8.2.2 Kuljettajien vertailu 26 t:n kuorma-autolla

26 tonnin kuorma-autolla saatiin selviä tuloksia kuljettajien polttoaineenkulutuksen välille. Kuvasta 12 näkee selkeästi, kuinka kuljettajalla A on koko testiperiodin ajan matalampi kulutusluku kuin kuljettajalla B. Kuljettajan A keskikulutus koko mittauspe-

riodin ajalta oli 27,43 l / 100 km, kun taas kuljettajan B vastaava lukema oli 30,15 l / 100 km.

Taulukoiden 7–10 mukaan neljän viikon periodin yhteiskilometrimääräksi muodostui 3431,9 km. Jos tästä numerosta otetaan päiväkeskiarvo ja kerrotaan siitä vuosittainen ajosuorite (250 arkipäivää), voidaan laskea suuntaa-antava lukema rahallisista säästöistä eri kulutuksella ajettuna. Vuosittainen ajosuorite ajettuna kulutuksella 27,43 l / 100 km antaa käytetyn polttoaineen määräksi 11 767,13 l / vuosi, kun taas 30,15 l / 100 km kulutuksella polttoainetta kuluu 12 933,97 l. Lukujen erotus on 1 166,84 l. Tämän päivän (16.5.2013) dieselpolttoaineen hinnalla 1,478 €/l (16) tulee erotuksen hinnaksi 1724,59 €. Hinnassa ei ole huomioitu arvonlisäveroa. Tämä osoittaa selvästi kuinka suuri merkitys taloudellisella ajotavalla todellisuudessa on. Tarkemmat laskutoimitukset löytyvät liitteestä 2.

### 8.3 Virhetarkastelu

Kuten jo aiemmin on mainittu, on kaikki mittauksiin saatu data peräisin yrityksen ajoneuvoseurantajärjestelmästä. Järjestelmä kerää tietonsa ajoneuvon CAN-väylästä, joten tieto on sama kuin ajoneuvon ajotietokoneella. Ajotietokoneen mittaustarkkuudet ovat parantuneet tekniikan kehityksen myötä vastaamaan mahdollisimman tarkasti oikeita kulutuslukemia, mutta pieni virhemarginaali on olemassa. On vaikea arvioida ilman todentavia mittauksia, kuinka suuri yksittäisen auton todellinen kulutuslukema poikkeaa ajotietokoneen antamasta luvusta. Virheen suuruusluokka on kuitenkin niin pieni, että tutkimuksen tulosten suuntaa-antavuuteen voi luottaa.

Reiteillä tapahtuvat satunnaisvaihtelut ovat myös vaikuttaneet päivittäisten tulosten tarkkuuteen. Ajotapahtumien luonne ei kuitenkaan ole muuttunut dramaattisesti, vaan niillä on ajettu pääkaupunkiseudulla lyhyitä ajopätkiä kerrallaan. Testiperiodien viikon valikoitiin sen perusteella, että niissä ei ole ylimääräisiä pyhiä, jotka voivat vaikuttaa tavaramäärien tilapäiseen nousuun.

## 9 Yhteenveto ja pohdinta

Nykyaikaisen kuljetusyrityksen on jatkuvasti kehitettävä toimintaansa kustannustehokkuutta ajatellen. Polttoaineenkulutuksen vähentäminen on parhaita keinoja lähteä pienentämään kuluja sillä siihen on mahdollista vaikuttaa jo pienillä teoilla. Taloudellinen ajotapa on myös asiakkaan mieleen, sillä vihreät arvot ovat jatkuvasti enemmän esillä päivittäisessä toiminnassa.

### 9.1 Kaluston iän merkitys

Tämän tutkimuksen tulokset osoittivat siihen suuntaan, että uudempi auto selviää pienemmällä kokonaiskulutuksella samasta ajotehtävästä kuin vanhempi ajoneuvo. Tekniikan kehittyessä autonvalmistajat pyrkivät valmistamaan entistä vähemmän kuluttavia ajoneuvoja. Yrityksen on pyrittävä määrittelemään autolle järkevä käyttöikä. Auton kulutus nousee moottorin ja muiden liikkuvien osien kulumisen myötä, ja yleisesti huoltokustannukset myös kasvavat.

### 9.2 Autotyypin merkitys kulutukseen

Testituloksien mielenkiintoisimpia seikkoja on se, kuinka auton tyyppi vaikuttaa kulutukseen. Testeissä käytettyjen autojen vääntöominaisuudet ovat hyvin erilaiset, kuten luvuissa 6.2.2 ja 6.3.2 mainittiin. 18 t:n Axor-jakeluautossa on maksimivääntöalue paljon laajempi, kuin 26 t:n Actrosissa. Tämä mahdollistaa sen, että kuljettajan on helpompi hyödyntää auton vääntöpotentiaalia, vaikkei hän ajattelisi koko asiaa. Actrosissa taasen huippuväännön alue on suppeampi, jolloin kuljettajan olisi ensiarvoista tietää millä kierroslukualueella on järkevää ajaa. Tästä johtopäätöksenä se, että 26 t:n auton kuljettajan täytyisi olla enemmän perillä auton ominaisuuksista, jotta hän pystyisi ajamaan mahdollisimman taloudellisesti.

### 9.3 Kuljettajan merkitys

Kuljettajan merkitys kulutukseen pystyttiin todentamaan erittäin hyvin 26 t:n auton vertailuperiodilla. Kuvioista 3 näkyy selkeästi, kuinka kuljettajalla A on jatkuvasti pienempi kulutus kuin kuljettajalla B. Tämä tukee myös luvussa 9.2 pohdintaa auton merkityksestä ja kuljettajan ajotaidosta erilaisilla autoilla.

#### 9.4 Yhteenveto mittauksista

Yhteenvetona mittauksista selviää, miten auton iällä ja kuljettajan ajotavoilla on vaikutusta polttoaineen kulutukseen. Keskustelimme tuloksista toimeksiantajan kanssa ja päädyimme seuraavankaltaisiin päätelmiin. Yrityksen kannalta on toki kannattavaa pitää autokalustoa mahdollisimman modernina, mutta lisäämällä kuljettajien tietoutta taloudellisesta ajotavasta voi säästää paljon rahaa jo pienellä investoinnilla. Hieman pitemmälle vietyinä olisi ensiarvoisen tärkeää, että kuljettaja tuntisi oman autonsa ominaisuudet. Tällöin kuljettaja voisi pyrkiä mahdollisimman taloudelliseen ajotapaan. Tämän seurauksena kuljettaja osaa neuvoa ja perehdyttää uutta kuljettajaa tai tuuraajaa ajamaan paremmin.



## Lähteet

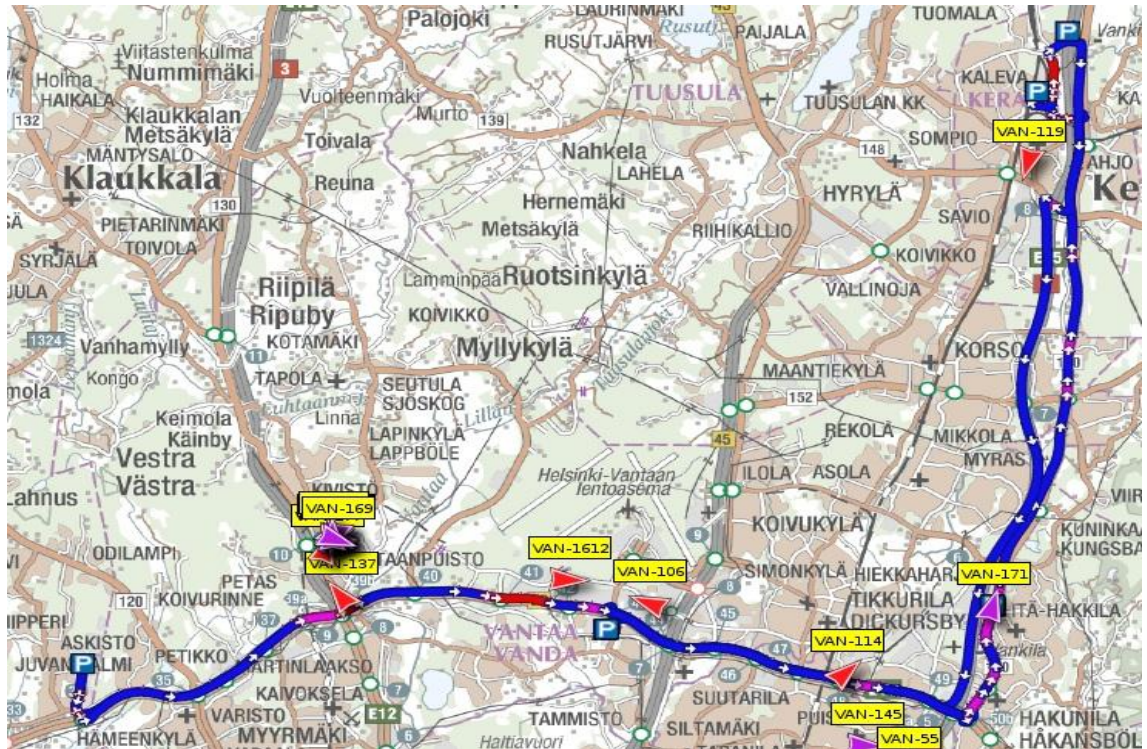
- 1 Kovanen Logistics Oy. 2009. Esite.
- 2 Euroopan päästöstandardit raskaalle kalustolle. 2012. Verkkodokumentti. DieselNet <<http://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>>. Luettu 10.4.2013.
- 3 ECE R49 – testisykli. 2012. Verkkodokumentti. DieselNet <[http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece\\_r49.php](http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_r49.php)>. Luettu 10.4.2013.
- 4 ESC – testisykli. 2012. Verkkodokumentti. DieselNet <<http://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.php>>. Luettu 10.4.2013.
- 5 ELR – testisykli. 2012. Verkkodokumentti. DieselNet <<http://www.dieselnet.com/standards/cycles/elr.php>>. Luettu 10.4.2013.
- 6 WHSC – testisykli. 2012. Verkkodokumentti. DieselNet <<http://www.dieselnet.com/standards/cycles/whsc.php>>. Luettu 10.4.2013.
- 7 AC Panther kuljetustenseurantajärjestelmä. 2013. Verkkodokumentti, AC sähköautot Oy <<http://www.acev.fi/node/13>>. Luettu 12.4.2013.
- 8 ATP-kuljetusvälineiden luokittelu ja testaus. 2007. Verkkodokumentti, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus <[http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/valvonta\\_ja\\_yrittajat/elintarvikekuljetukset/koulutus/atp-kuljetusvalineet\\_04-2008\\_turku\\_\\_5\\_.pdf](http://www.evira.fi/attachments/elintarvikkeet/valvonta_ja_yrittajat/elintarvikekuljetukset/koulutus/atp-kuljetusvalineet_04-2008_turku__5_.pdf)>. Luettu 15.4.2013.
- 9 VTA-Tekniikka Oy. 2010. Käyttöohje T-series.
- 10 Mercedes-Benz Axor yleistiedot. 2010. Verkkodokumentti. Mercedes-Benz Finland <[http://www.mercedes-benz.fi/content/finland/mpc/mpc\\_finland\\_website/fi/home\\_mpc/trucks\\_/home/drivers\\_world/brochures/axor.html](http://www.mercedes-benz.fi/content/finland/mpc/mpc_finland_website/fi/home_mpc/trucks_/home/drivers_world/brochures/axor.html)>. Luettu 28.3.2013.
- 11 Axor mitat ja massat. 2013. Rekisteriote. Kovanen Logistics Oy / Mercedes-Benz
- 12 Mercedes-Benz Actros yleistiedot. 2010. Verkkodokumentti. Mercedes-Benz Finland <[http://www.mercedesbenz.fi/content/finland/mpc/mpc\\_finland\\_website/fi/home\\_mpc/trucks\\_/home/drivers\\_world/brochures/actros.html](http://www.mercedesbenz.fi/content/finland/mpc/mpc_finland_website/fi/home_mpc/trucks_/home/drivers_world/brochures/actros.html)>. Luettu 30.3.2013
- 13 Actros mitat ja massat. 2013. Rekisteriote. Kovanen Logistics Oy / Mercedes Benz
- 14 Viisaita valintoja autoiluun. 2012. Verkkodokumentti. Motiva <[http://www.motiva.fi/files/6224/Viisaita\\_valintoja\\_autoiluun.pdf](http://www.motiva.fi/files/6224/Viisaita_valintoja_autoiluun.pdf)>. Luettu 6.5.2013.
- 15 Energiategohakas ja älykäs raskas ajoneuvo- HDENIQ vuosiraportti. 2010. Verkkodokumentti.

VTT

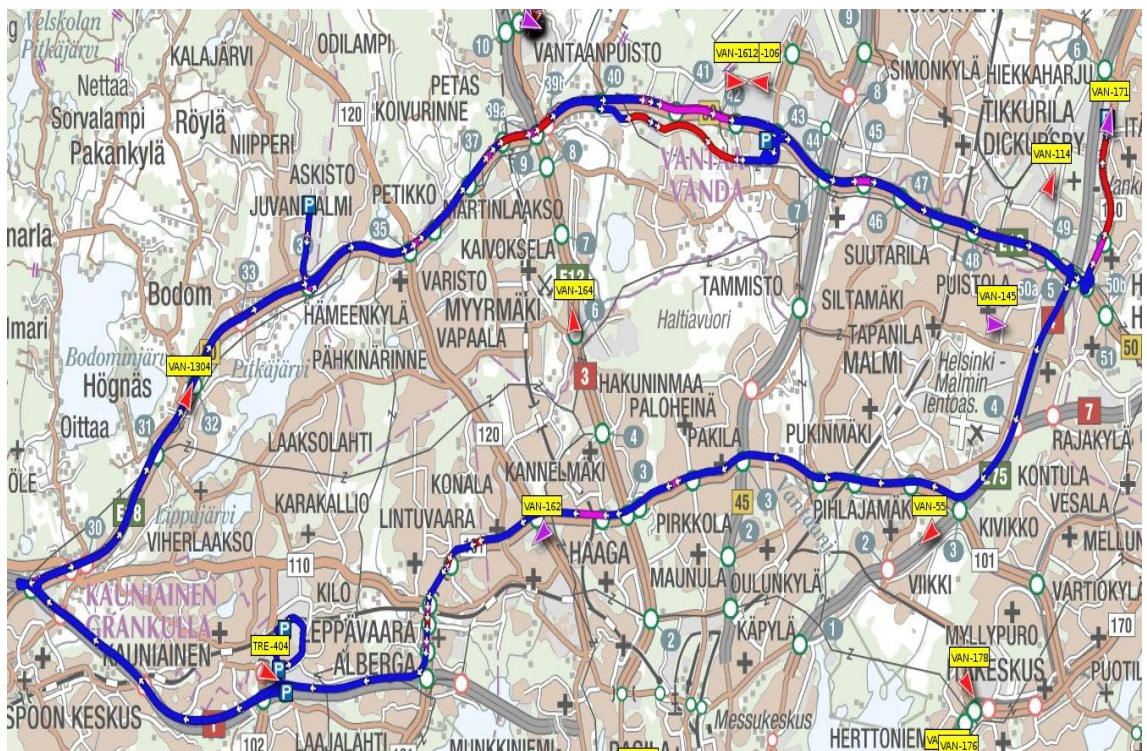
<[http://www.transec.fi/files/693/Energiatehokas\\_ja\\_alykas\\_raskas\\_ajoneuvo\\_HDENIQ\\_Vuosiraportti\\_2010\\_VTT-R-04847-11.pdf](http://www.transec.fi/files/693/Energiatehokas_ja_alykas_raskas_ajoneuvo_HDENIQ_Vuosiraportti_2010_VTT-R-04847-11.pdf)>. Luettu 15.4.2013.

16 Polttoaineen hintaseuranta. Verkkodokumentti. 2013. <  
<http://www.polttoaine.net/Vantaa>>. Luettu 16.5.2013.

## Reittien 1 ja 2 kartat



Kuva 17. Reitti 1 pääpiirteissään kuvattu sinisellä viivalla, P- merkityt kohdat ovat purkupaikkoja.



Kuva 18. Reitti 2 pääpiirteissään kuvattu sinisellä viivalla, P- merkityt kohdat ovat purkupaikkoja.

## Vuosikustannuslaskelma 26 t ajoneuvon polttoaineenkulutuksesta

Keskikulutuksen laskukaava (l / 100 km):  $\frac{\text{Käytetty polttoaine}(l)}{\text{Ajettu matka}(km)} * 100$

Vuosittaiset kilometrit laskettuna neljän viikon periodin päiväkeskiarvolla ja kerrottuna vuoden 2013 arkipäivien määrällä, joita on 250 kpl:

$$\frac{926,9 \text{ km} + 835,2 \text{ km} + 852,5 \text{ km} + 817,3 \text{ km}}{20 \text{ d}} * 250 \text{ d} = 42898,75 \text{ km}$$

Vuosittainen kulutus litroina mitattuna kuljettajalle A saadulla keskikulutuksella 27,43 l /100 km:

$$\frac{27,43 \frac{l}{100} \text{ km} * 42898,75 \text{ km}}{100} = 11767,13 \text{ l / vuosi}$$

Vuosittainen kulutus litroina mitattuna kuljettajalle B saadulla keskikulutuksella 30,15 l /100 km:

$$\frac{30,15 \frac{l}{100 \text{ km}} * 42898,75 \text{ km}}{100} = 12933,97 \text{ l/vuosi}$$

Vuosittaisen kulutuksen erotus litroina:

$$12933,97 \frac{l}{\text{vuosi}} - 11767,13 \frac{l}{\text{vuosi}} = 1166,84 \frac{l}{\text{vuosi}}$$

Vuosittainen säästö euroiksi muunnettuna, käyttäen dieselin hintaa päivämäärältä 16.5.2013, joka on 1,478 €/l

$$1166,84 \frac{l}{\text{vuosi}} * 1,478 \frac{\text{€}}{l} = 1724,59 \text{ €/vuosi}$$

Erotuksen hinnassa ei ole huomioitu arvonlisäveroa.