

Teemu Tuominen

MAASTON JA  
MOOTTORIKUORMITUKSEN  
VAIKUTUS POLTTOAINEEN  
KULUTUKSEEN

Opinnäytetyö  
Auto- ja kuljetustekniikan ko.


Huhtikuu 2012




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  29.4.2012				
<b>Tekijä(t)</b>  Teemu Tuominen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b>  Auto- ja kuljetustekniikan ko.				
<b>Nimeke</b>  Maaston ja moottorikuormituksen vaikutus polttoaineen kulutukseen					
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, minkälaisissa olosuhteissa polttoaineen keskikulutusta voi tiputtaa. Tätä tutkittiin kuormittamalla moottoria enemmän kuin tavallisessa maantieajossa moottori yleensä kuormittuu. Työssä tutkittiin polttoaineen kulutusta mäkisessä maastossa sekä erilaisissa kiihdytys-hidastus-ajoissa. Tämän tarkoituksena oli saada moottorista suurempi hyötysuhde, jonka perusteella voitiin erilaisten laskutoimitusten perusteella olettaa polttoaineen kuluvan suhteellisesti vähemmän.</p> <p>Työssä tutkittiin polttoaineen kulutusta erilaisin fyysisin mittauksin aidoissa olosuhteissa. Opinnäytetyössä käytettiin apuna moottorinohjauksikköä ja sen kanssa yhteensopivaa älypuhelinä. Älypuheliin saatiin ohjelmia jotka toimivat yhdessä kiihtyvyyssantureiden, gps-paikantimen ja moottorinohjauksikköön kanssa. Mittaukset tehtiin bensiinimoottorisella henkilöautolla.</p> <p>Polttoainetta saatiin säästymään lähes 20 prosenttia mäkisessä maastossa ajettuna ja yli 10 prosenttia kiihdytys-hidastus-ajossa verrattuna tasaisella ajoon. Pienimmillään polttoaineen kulutus oli kuormittamalla moottoria noin 60 prosenttia maksimistaan. Taajamassa ajettu vertailuajo kiihdytysvoimakkuuksien välillä osoitti myös polttoaineen kulutuksen olevan pienimmillään moottoria kuormitettaessa 60-70 prosenttia maksimistaan. Kaiken kaikkiaan polttoainetta saatiin kulumaan vähemmän ajamalla eri tavalla kuin normaalisti ajetaan.</p>					
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Autoilu, hyötysuhde, ajotapa, kuormitus					
<b>Sivumäärä</b> 19 sivua + liitteet 15 sivua	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b>	<b>URN</b>	Suomi	
<b>Kieli</b>	<b>URN</b>				
Suomi					
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>					
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b>  Kari Ehrnrooth	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>				

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  29.4.2012	
<b>Author(s)</b>  Teemu Tuominen		<b>Degree programme and option</b>  Automotive and transportation engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b>  Impact of terrain and load of the engine on fuel consumption			
<b>Abstract</b>  <p>The purpose of this Bachelor's thesis was to find out in what kind of circumstances it is possible to decrease average fuel consumption. This was studied by straining the engine more than it would strain in average driving on a highway. Bachelor's thesis also studied fuel consumption in mountaneous terrain and also in different kinds of acceleration-deceleration driving. The purpose was to gain greater efficiency coefficient from engine. Based on that it can be assumed with different kinds of calculations that fuel consumption is relatively lower.</p> <p>The thesis studied fuel consumption with different kinds of physical measurements in authentic circumstances. In Bachelor's thesis ECU with matching smartphone was utilized. The smartphone had programs which functioned hand in hand with acceleration sensors, Global Position System (GPS) and ECU. The measurements were made with a gas engine passenger car.</p> <p>Gas consumption decrease was almost 20 per cent in mountaneous terrain and over 10 per cent in acceleration-deceleration driving compared to driving in flat terrain. Fuel consumption was the smallest when the engine was loaded approximately 60 per cent from the maximum. Also when driving in a an urban zone, fuel consumption is at a minimum, when engine load was 60-70 per cent of maximum. Overall fuel consumption were lower by driving different ways than driving in normal way.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Motoring, efficiency, way of driving, strain			
<b>Pages</b> 19 page + 15 appendix	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b>  Kari Ehrnrooth		<b>Bachelor's thesis assigned by</b>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	TESTAUSVÄLINEISTÖ .....	1
2.1	Koeauto .....	1
2.2	Diagnoosilaitte .....	2
2.3	Muut käytetyt laitteet .....	3
3	AJOTILAPIIRROS .....	3
4	EU-YHDISTETYN KULUTUKSEN MITTAAMINEN .....	4
5	TODELLINEN POLTTOAINEEN KULUMINEN .....	5
6	VÄÄNTÖMOMENTIN JA POLTTOAINEEN KULUTUKSEN SUHDE .....	6
7	POLTTOAINEEN KULUTUS MÄESSÄ .....	8
7.1	Mäki jyrkkyydeltään 1 aste .....	8
7.2	Mäki jyrkkyydeltään 2 astetta .....	9
7.3	Mäki jyrkkyydeltään 3 astetta .....	10
7.4	Mäki jyrkkyydeltään 5 astetta .....	10
7.5	Yhteenvedo .....	11
8	KIIHDYTYS-HIDASTUS .....	12
8.1	60-40-60 kolmosvaihteella .....	12
8.2	70-60-70 nelosvaihteella .....	13
8.3	80-70-80 nelosvaihteella .....	13
8.4	80-60-80 nelosvaihteella .....	14
8.5	80-70-80 viitosvaihteella .....	14
8.6	80-60-80 viitosvaihteella .....	14
8.7	90-80-90 viitosvaihteella .....	15
9	TAAJAMA-AJO .....	15
9.1	Mittaukset .....	16
10	TULOKSET .....	18
11	POHDINTA .....	19

### LÄHTEET

### LIITTEET

- 1 Kuvia testausvälineistä
- 2 Kuvia mittauspaikoilta
- 3 Mittaustulokset ja laskutoimitukset
- 4 Ajotilapiirros

## 1 JOHDANTO

Olen paljon autoilevana pitkään pohtinut mielessäni, mitkä seikat vaikuttavat polttoaineen kulumiseen ja millä tavoin polttoainetta saataisiin kulumaan vähemmän. Pohdintaa on aiheuttanut myös se, millä tavalla moottorista saatu vääntömomentti on verrannollinen polttoaineen kulutukseen. Tiedetään, että polttomoottorin kokonaishyötysuhde on maksimiteholla parhaimmillaankin vain noin 35 %, mutta osakuormalla enää vain noin 10 %. Loput polttomoottorin tuottamasta lämpöenergiasta kuluu pakokaasuihin, jäähtymiseen, sekä kitkaan, säteilyyn ja apulaitteisiin (Rantala 2002, 190). Koska suurin osa matka-ajosta tapahtuu vain osakuormalla ajettaessa, on selvää, että polttoainetta kuluu huomattava määrä hukkaan.

Työssäni on tarkoitus tutkia, putoaako polttoaineenkulutus kuormittamalla koeauton moottoria ajamalla sitä ylämäkeen, jolloin sen hyötysuhteen pitäisi olla parempi, ja onko siitä saatu hyöty niin suuri, että vastaavanlaisen mäen laskemalla alas olisi kokonaispolttoaineenkulutus pienempi, kuin ajettaessa sama matka tasaisella. Samaa teoriaani testaan myös kiihdyttämällä koeautoa tietystä nopeudesta tiettyyn nopeuteen ja antamalla auton hidastua alkuperäiseen nopeuteensa, jonka jälkeen tarkastetaan, onko polttoaineenkulutuksessa eroja. Lopuksi ajan taajama-ajoa muutaman kerran saman reitin ja tarkastelen, millainen polttoaineen kulutus syntyy milläkin ajotavalla. Testauslaitteina aion käyttää mahdollisimman paljon nykyaikaisia tietokone- ja matkapuhelinsovelluksia.

## 2 TESTAUSVÄLINEISTÖ

Testausvälineistöä tutkimusta varten pyrin saamaan mahdollisimman paljon omasta takaa, sillä mittaukset suoritetaan pääosin Uudellamaalla. Tällöin koululta lainaamani laitteisto olisi turhan pitkän ajan käytössäni, sillä en ole kovin usein enää Mikkelissä käynyt. Toisena kriteerinä on myös saada tarvittavat mittalaitteet mahdollisimman edullisesti. Kuvia testausvälineistöstä on esitetty liitteessä 1.

### 2.1 Koeauto

Opinnäytetyöni tärkein yksittäinen testilaitte on testiauto, jolla kaikki mittaukset suoritetaan. Koeautolta vaadin, että se on suurin piirtein nykyaikainen ja nykyaikaista tek-

niikkaa sisältävä, jotta kaikki mittaukset voidaan sillä suorittaa. Koeautossa on oltava nykyaikainen moottorinohjausjärjestelmä, jotta siitä saadut mittaustulokset ovat todennukaisia ja siihen on saatava liitettyä diagnoosilaitte (OBD-testeri). Lisäksi koeautossa täytyy olla suhteellisen pienet vierintävastusvoimat mukaan lukien moottorin vierintävastus, jotta testiauto kulkee omalla painovoimallaan mahdollisimman loivassa mäessä. Oma autoani en tässä näiden kaikkien seikkojen jäätyä täyttämättömiksi voi käyttää, mutta sain tyttöystävältäni käyttöönsä hänen Opel Vectransa. Opel on vuosimallia 2001, ja siinä on 2,2-litrainen bensiinimoottori, jossa on General Motorsin oma GMPT E-15, elektroninen monipistesuihkutus- moottorinohjausjärjestelmä. Ajotilapiirrosta varten tarvitsemani tiedot sain pääosin internetistä ja auton rekisteriotteesta. Mittauksissa käytetyt renkaat olivat kokoa 195/65R15, auton ilmanvastuskerroin on 0,28 ja otsapinta-ala 1,99 m<sup>2</sup>. Vaihdevälityksistä sain tietoa Opelin asiakaspalvelun kautta. Moottorin vääntömomenttitiedot ovat Rototest-internetsivustolta. (ks. Ajovalo 2004; Opel-Infos 2010; RRI 2012.)

## 2.2 Diagnoosilaitte

Mittauksiani tehdessäni oli käytössäni ELM 327- diagnostiikkatyökalu (kuva 1). Laitte on yhteensopiva kaikkien OBD2-protokollaan kuuluvien ajoneuvojen kanssa. Laitte kytketään auton diagnoosipistokkeeseen, ja sen jälkeen diagnoosilaitteeseen otetaan yhteys bluetooth-yhteyden avulla esimerkiksi kannettavalla tietokoneella tai matkapuhelimella (Elekma 2012). Itse käytin mittauksia tehdessäni yhteyslaitteena Android-matkapuhelintani, koska sille oli helppo saada sovelluksia, jotka hyödyntävät diagnoosilaitetta. Puhelimessa käytin mittauksia tehdessäni apunani Torque-nimistä Android-sovellusta, jonka avulla sain koko ajan reaaliaikaista tietoa auton moottorinohjausyksiköltä.



**KUVA 1. Diagnoosilaitte**

Ohjelman käyttöliittymä on hyvin selkeä, ja sitä saa muokata oman mielensä mukaisesti. Ohjelmassa on seitsemän eri pyyhkäistävää sivua, joille saa kullekin laittaa mieleisensä ”mittarit”. Mittareita on valittavana useita erilaisia analogisia ja digitaalisia. Diagnostiikkatyökalun ja puhelimen toimiessa yhdessä puhelimeen saa samanaikaisesti tiedon puhelimen GPS- ja kiihtyvyyssantureilta sekä ajoneuvon omilta antureilta. Näin ollen samanaikaisesti pystyy vertaamaan esimerkiksi ajotietokoneen ilmoittamaa nopeutta ja satelliittien mittaamaa nopeutta. Diagnoosityökalun avulla saa puhelimeen reaaliaikaista tietoa esimerkiksi kierrosnopeudesta, kaasuläpän asennosta, imusarjan paineesta, jäähdytysnesteen lämpötilasta, moottorin kuormituksesta ja polttoaineen määrästä sekä polttoaineen kulutuksesta. Diagnoosityökalun avulla pystytään myös lukemaan ja poistamaan auton yleisiä vikakoodeja.

### **2.3 Muut käytetyt laitteet**

Mittauksia tehdessäni käytössäni oli jo aiemmin mainittu Android-puhelimeni mallia Samsung Galaxy S II. Puhelin oli todella kätevä laite mittauksia tehdessäni, sillä siihen oli mahdollista saada lukuisia sovelluksia, joita käyttää hyödyksi. Puhelinta sai siis käytettyä OBD-testerinä, jolla sain lukuisia reaaliaikaisia arvoja moottorin ohjausyksiköltä. Lisäksi puhelimeen sai sovelluksen, joka piirtää kartalle reaaliaikaisesti reitin, jota käytetään, sekä samalla mittaa kiihtyvyyssanturin avulla kiihtyvyyksiä pitkittäis- ja poikittaissuunnassa. Puhelimeen sai myös vatupassia mukailevan ohjelman, joka näyttää mitatut kulmat asteina, ja sitä pystyi hyödyntämään mitattaessa eri mäki- en jyrkkyyksiä. Koska minulla ei ollut testiajajen aikana mahdollisuutta tallentaa diagnoosilaitteen antamia tietoja järkevällä tavalla ja järkevään tiedostomuotoon, käytin vanhaa Nokia N95:tä ääninauhurina mittauksia tehdessäni, ja mittaukset päätettyäni kirjasin paperille ne.

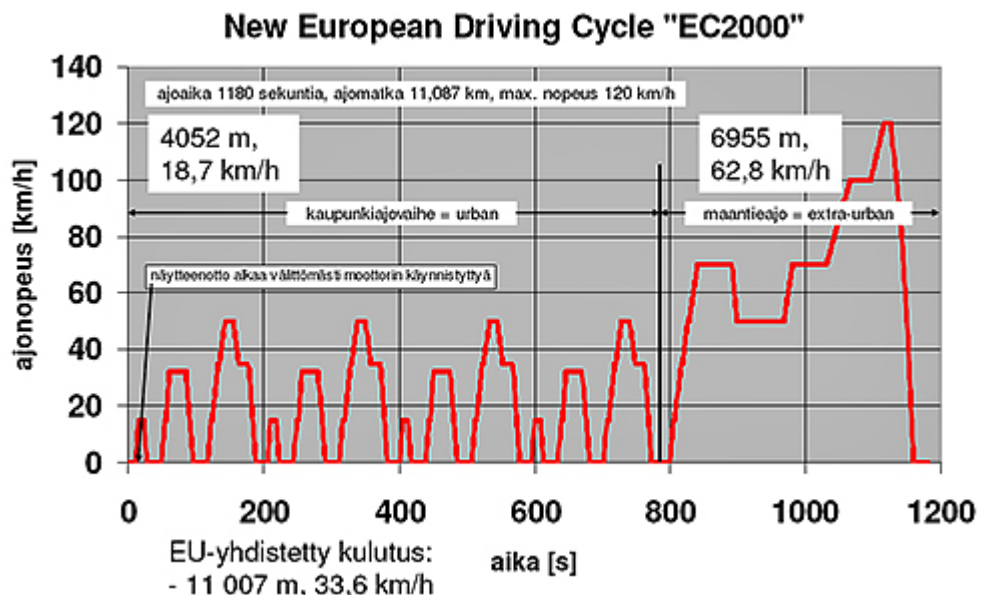
## **3 AJOTILAPIIRROS**

Opinnäytetyön apuvälineeksi päätin tehdä omasta testiautostani ajotilapiirroksen, jonka avulla saisin erilaisia fysikaalisia ominaisuuksia ajoneuvosta esille. Ajotilapiirrokselta ei ollut tarkoitus tehdä täydellistä eikä kokonaista, eikä siihen ole tarkoitus luottaa sokeasti. Ajotilapiirroksen avulla oli helppo laskea eri vastusvoimien summat ja päätellä, millaisilla nopeuksilla suurin piirtein testiajoja tullaan tekemään sekä millai-

sia mäkiä joudun etsimään. Ajotilapiirroksen avulla sain myös laskettua, mikä on nopeus milläkin vaihteella tietyllä moottorin kierrosnopeudella. Ajotilapiirroksesta sai myös selville, minkälaiset kokonaisvastusvoimat syntyvät erijyrkissä mäissä ja minkälaisissa mäissä auton pitäisi vapaasti milläkin nopeudella alas laskeutua.

#### 4 EU-YHDISTETYN KULUTUKSEN MITTAAMINEN

Useissa ajoneuvoihin liittyvissä medioissa mainitaan sanat yhdistetty kulutus sekä kulutus kaupunkiajossa että maantieajossa. Kovinkaan moni ei kuitenkaan tiedä, mitä nämä todellisuudessa tarkoittavat. Näiden seikkojen mittaamisille on olemassa EU:n määrittämät kulutustietomittaukset, jotka ovat osa ajoneuvon tyyppihyväksyntää ja ne mitataan dynamometrillä laboratoriossa riippumattomissa, EU-jäsenvaltioiden määrittämässä mittauslaitoksissa. Mittaus perustuu EC 2000 – ajosyklimitäukseen. Mittauksessa jäljitellään erikseen sekä kaupunki- että maantieajoa. Mittauksista kerätään pakokaasut pussiin ja pussista analysoidaan kokeen jälkeen CO-, HC- ja CO<sub>2</sub> – komponentit. Hiilidioksidipäästöt ovat suoraan verrannolliset polttoainenkulutukseen, joten pussista mitatun hiilidioksidin määrästä voidaan laskea polttoaineen kulutus. Mittauksissa ei oteta huomioon lisälaitteiden, esimerkiksi ilmastointilaitteen, tuomaa lisää polttoainenkulutukseen.



**KUVA 2. EU-yhdistetyn polttoainenkulutuksen ajojaksotus**

Yllä olevassa kuvaajassa (kuva 2) on havainnollistettu, millä tavalla ja minkälaisissa sykleissä mittaus suoritetaan. Ensimmäisessä osiossa (kaupunkiajovaihe) ajetaan neljä



samanlaista 195 sekunnin mittaista kaupunkiajojaksoa yhteensä 4052 metriä ja ne ajetaan keskinopeudella 18,7 km/h ja maksiminopeus jaksoissa on 50 km/h. Sen jälkeen ajetaan yksi maantieajojakso 6955 metriä, ja se ajetaan keskinopeudella 62,8 km/h ja maksiminopeus maantieajossa on 120 km/h. Mittausaika maantieajossa on 400 sekuntia. Mittauksissa ajosyklit ovat eripituiset, joten niistä ei suoraan lasketa keskiarvoa, vaan EU-yhdistetty kulutus saadaan näiden kahden ajovaiheen painotetulla keskiarvolla. Kaupunkikulutuksessa painokerroin on 36,81 % ja maantiekulutuksessa 63,19 %. Pakettiautoille käytetään tätä samaa mittaustapaa päästö- ja kulutusmittauksissa, mutta raskaammalle kalustolle ei ole olemassa omaa virallista mittaustansa. (ks. Uutisverkko 2012; Motiva 2011; Robert Bosch GmbH 2003, 376.)

## **5 TODELLINEN POLTTOAINEEN KULUMINEN**

Käytössäni olevassa autossa on itsessään ajotietokone, joka ilmoittaa mm. hetkellisen polttoaineenkulutuksen (litraa/100 km). Tämän lisäksi sain diagnoosilaitteen avulla vastaavan lukeman puhelimeeni. Näiden lukemien paikkansapitävyydestä ei kuitenkaan voida olla 100 % varmoja johtuen moottorinohjausyksikön mittaustavasta, nopeusmittarin virheestä, kulutusmittarin tahallisuudesta polttoaineenkulutuksen aliarvioinnista asiakkaan harhauttamiseksi ja vastaavista seikoista. Näiden seikkojen vuoksi päätin vielä tarkastaa kulutusmittarissa esiintyvää mahdollista mittavirhettä.

Polttoainetankin ollessa lähes tyhjä eli polttoaineen merkkivalon syttyttyä testiauto ajettiin välittömästi tankkausasemalle. Tankkausasemalla testiautoa tankattiin 30,8 litralla. Tämän jälkeen testiautolla ajettiin maantieajoa ympäri Etelä-Suomea 454,9 km matkan, jonka jälkeen polttoaineen merkkivalo syttyi jälleen. Ajotietokone ilmoitti tällä matkalla käytetyn polttoaineen määrän olevan 30,6 litraa, eli lähes sama määrä, mitä polttoainetankkiin ennen testiajoa laitettiin. Virhe on lähes olematon: < 1 %. Keskikulutukseksi tällä matkalla ajotietokone ilmoitti yhden desimaalin tarkkuudella 6,7 litraa/100 km. Todellisista kilometreistä ja käytetystä polttoaineesta laskettuna saadaan keskikulutukseksi 6,72 litraa/100 km, joten tätä ajotietokoneen ilmoittamaa polttoaineen kulutusta voidaan pitää luotettavana. Nopeusmittarin virhettä ajatun matkan määrään tarkasteltaessa ajotietokoneen näyttämän hetkellisen nopeuden ollessa 100 km/h on todellinen nopeus GPS-mittauksella 97,8 km/h eli mittavirhe on n. 2 %. Näiden kaikkien seikkojen perusteella voidaan todeta ajotietokoneen ilmoittavan polt-

toaineenkulutuksen pitävän hyvin paikkansa, jotta mittaukset voidaan tällä ajoneuvolla suorittaa.

### TAULUKKO 1. Mahdolliset mittalaitteiden virheet

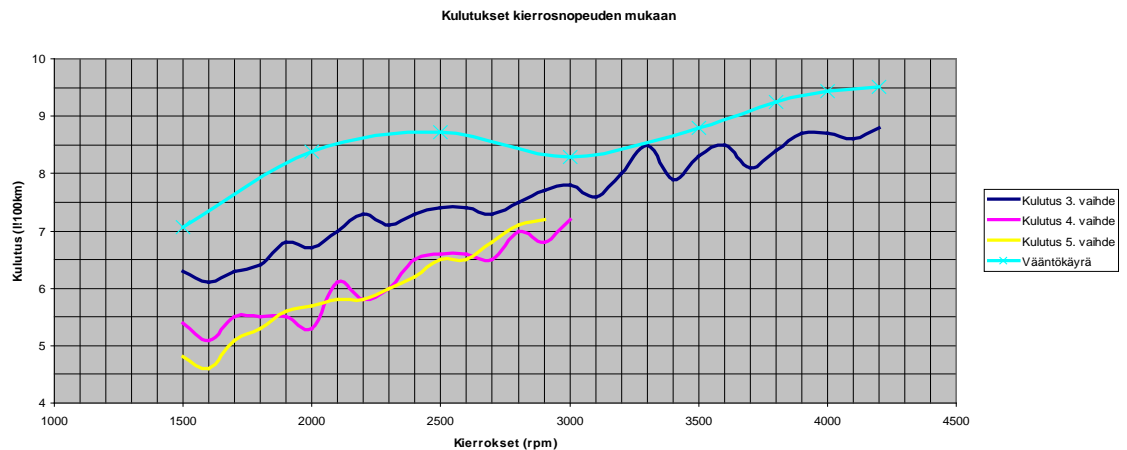
	Mitattu	Todellinen	Ero
<b>Polttoaineen määrä</b>	30,6 litraa	30,8 litraa	0,7 %
<b>Keskikulutus</b>	6,7 l/100 km	6,73 l/100 km	ei ole
<b>Nopeusmittari</b>	97,8 km/h	100 km/h	2,2 %

## 6 VÄÄNTÖMOMENTIN JA POLTTOAINEEN KULUTUKSEN SUHDE

Polttoaineenkulutuksen mittaukset tasaisella tiellä tehtiin vain kolmella suurimmalla vaihteella. Kahden ensimmäisen vaihteen kulutusten mittaamisen en nähnyt olevan oleellisia tutkimuksessani, sillä harvemmin näillä vaihteilla ajetaan muuta kuin liikkeelle lähtiessä, enkä työssäni käsittele niinkään tätä asiaa. Lisäksi tasaisia tuloksia olisi hankala saada näillä vaihteilla. Mittaustulokset on mitattu kolmannella vaihteella kierrosalueella 1500–4200 kierrosta minuutissa (myöhemmin rpm) ja kahdella suurimmalla vaihteella moottorin pyöriessä 1500–3000 rpm ja 100 rpm välein, sillä se on mielestäni riittävän suuri otos, koska tällä kierrosalueella yleensä ajetaan. Kolmannella vaihteella mitatut polttoaineenkulutukset on tehty suuremmalla kierrosalueella, jotta tuloksia voidaan vertailla enemmän vääntömomenttikuvaajaan. Mittauksissa hyödynnettiin lisäksi diagnoosilaitteesta saatuja kaasuläpän asentoa sekä kuormituksen määrää. Näiden kahden muuttujan tarkoituksena oli lähinnä toimia suuntaa antavana apuna siitä, että moottoria jouduttiin kuormittamaan vähitellen enemmän nopeuden noustessa ja niiden avulla pienennettiin mittausvirheiden mahdollisuutta. Tasaisella tiellä tehdyt mittaukset on tehty aurinkoisessa säässä ja n. -2°C lämpötilassa.

Vääntömomenttikuvaaja sekä vääntömomenttiarvot kullakin moottorin pyörintänopeudella ovat Rototest.com –internetsivustolta, jota pidetään hyvin luotettavana lähteenä tämänkaltaisille mittauksille. Sivustolla on satoja eri automalleja, joista kustakin on omansa vääntömomenttimittaukset. Tutkimustani varten saamani tiedot ovat hie-man suppeat, sillä mittaamallani kierrosalueella on vain harvakseltaan vääntömomenttiarvoja. Tämän vuoksi polttoaineen kulutuksen ja vääntömomentin välinen yhteys on

tarkimmillaan ainoastaan kolmannella vaihteella mitatuissa arvoissa, koska ne ovat ainoita, jotka pystyttiin lain sallimissa rajoissa mittaamaan suuremmalla skaalalla.



**KUVA 3. Polttoaineen kulutus kierrosnopeuden mukaan**

Yllä olevassa kuvaajassa (kuva 3) on esitetty hetkittäiset polttoaineenkulutukset kierrosnopeuden funktiona. Kuvaajassa on kolmen suurimman vaihteen (3,4,5) polttoaineenkulutukset sekä moottorista saatu vääntömomenttikäyrä suhteutettuna kuvaajaan. Kuvaajasta katsottuna polttoaineenkulutuksessa ei ole huomattavaa eroa vääntömomentin kasvaessa eikä päinvastoin. Mielenkiintoinen yksityiskohta taulukossa on se, että jokaisella vaihteella on taloudellisempaa ajaa 1600 rpm kuin 1500 rpm nopeuksilla, mutta 1700 rpm kohdalla polttoaineenkulutus jälleen nousee. Kierrosnopeuden 2000 rpm kohdalla on pieni notkahdus kolmannen ja neljännen vaihteen kohdalla alaspäin, muttei merkittävästi. Ajettaessa n. 2500 rpm, jolloin vääntömomenttikuvaajassa on ensimmäinen ”piikki”, polttoaineenkulutus selkeästi tasoittuu, eikä enää nouse niin jyrkästi. Kierrosnopeusalueella 2900-3300 rpm vääntömomenttikuvaajassa on ”laakso”, jolloin polttoaineenkulutuksessakin näkyy nousua. Myös loppupäässä n. 4000 rpm paikkeilla, jolloin vääntömomentti on suurimmillaan, myös polttoaineenkulutus tasoittuu. Mikäli moottoria olisi saatu kuormitettua testissä enemmänkin kuin pelkästään ajovastusten voittamiseen tarvittava määrä, olisi moottorin vääntömomentin ja polttoaineen kulutuksen välille voinut syntyä selkeämpi yhteys. Tätä varten olisi kuitenkin tarvittu jo vastaavanlainen kuormituspenkki, mitä käytetään yhdistetyn polttoaineen kulutuksen mittaamiseen.

## 7 POLTTOAINEEN KULUTUS MÄESSÄ

Työn hankalimmaksi asiaksi osoittautui sopivien mäkien löytyminen suhteellisen läheltä. Jotta mittaukset olisivat luotettavia ja helposti toteutettavissa, on mäkien oltava suhteellisen pitkiä, jotta tasainen ajonopeus saavutetaan. Mäkien täytyy olla myös suorina, ettei niissä kääntyminen vaikuta millään tavalla mittauksiin. Mäkien on oltava myös luonnollisesti yhtä jyrkkiä koko mittausalueen ajan. Mäkien jyrkkyyden määrittäminen jo aiemmin mainitulla Android-puhelimellani asettamalla puhelimen apukuljettajan penkin jalkatilaan paikkaan, jossa se tasaisella ollessa näyttää nollaa astetta kullekin (x,y,z) akselille. Mäessä mittasin jyrkkyyden pysähtymällä eri kohdissa mäkeen ja samalla puhelimen sovellus ilmoittaa sen hetkisen jyrkkyyden astelukuna. Testi tehtiin molemmista suunnista mitattuna, jotta voitiin välttää mittavirheet. Puhelimessa oleva vatupassia mukaileva sovellus ei kuitenkaan ilmoita astelukuja kuin yhden asteen tarkkuudella, joten tästä syystä pieniä mittavirheitä saattaa syntyä. Matka, joka ajettiin mäkisessä maastossa, ei olennaisesti pitene verrattaessa tasaisella ajoon. Liitteessä 2 on esitetty kuvia mittauspaikoilta. Liitteessä 3 on esitetty laskutoimitukset ja mittaus tulokset liittyen mäkiajoihin.

### 7.1 Mäki jyrkkyydeltään 1 aste

Yhden asteen mäen mittaukset tehtiin Pornaisten ja Järvenpään välisellä tieosuudella Linsvedintiellä. Sää oli pilvinen, ja pakkasta oli 1°C. Ensimmäisenä tässä mäessä oli määrittää, minkälaisella nopeudella ajoneuvo laskeutuu tämän mäen niin sanotusti omalla painollaan alas. Nykyaikaiset suihkutussmoottorit osaavat katkaista polttoaineenkulutuksen kokonaan moottorijarrutettaessa, eli tässä tapauksessa alamäkeen ajettaessa. Tällöin polttoainetta ei kulu lainkaan. Tätä mäkeä auto ei tullut edes suurimmalla vaihteella ajettaessa itsestään alas, joten päätin mitata kulutuksen vaihde vapaalla, mutta jouduin lisäämään polttoaineen kulutukseen auton kuluttaman polttoainemäärän sen vapaalla ajettavan ajon verran. Alas laskettaessa ajoneuvon nopeus pysyi tasaisena 74 km/h vauhdissa, joka vastaa n. 2000 rpm pyörintänopeutta. Tällöin polttoaineenkulutus joutokäynnillä oli 1,6 litraa/100 km. Tämän jälkeen ajoin samaa mäkeä ylös tämän kierrosalueen molemmiin puoliin. Taulukosta 2 näemme polttoaineen kulutukset eri kierrosalueella tästä mäestä ylöspäin ajettuna.

**TAULUKKO 2. Mittaustuloksia yhden asteen mäestä**

Kierrokset (rpm)	1900	2000	2100	2200	2300	2400
Kulutus (l/100 km)	7,8	7,9	7,7	8,1	8,3	8,5
Kaasupoljin (%)	33	36	35	37	39	40
Kuorma (%)	50	51	49	52	55	52
Nopeus (km/h)	71	75	79	82	86	90

Tällä kierrosalueella huomaa selkeästi, kuinka polttoaineen kulutus nousee nopeutta lisättäessä. Keskiarvona ylöspäin tällä kierrosalueella polttoaineenkulutus oli 8,05 l/100 km. Siihen lisättyä tuo aiemmin mainittu 1,6l/100km tulee kokonaiskulutukseksi 9,65 l/100 km. Jotta tästä ylä- ja alamäkiajosta saadaan keskikulutus, pitää tuo 9,65 l/100 km jakaa kahdella, jolloin keskikulutukseksi saadaan 4,825 l/100 km. Tältä samalta kierrosalueelta mitattu keskikulutus tasaisella ajettaessa on 5,85 l/100 km. Näistä luvuista pääteltynä tasaisin väliajoin yhden asteen ylä- ja alamäkeen ajo tasaisella nopeudella tuo noin 18 % säästön polttoainekuluissa verrattuna tasaisella ajoon.

**7.2 Mäki jyrkkyydeltään 2 astetta**

Mittaukset suoritettiin Mikkelissä Lappeenrannantiellä ja ilma oli puolipilvinen lämpötilan ollessa nollassa. Tässä mäessä koeauto tuli alaspäin jo omalla painollaan vaihde kytkettynä viitoselle, joten tässä ei tarvinnut lisätä edellisessä mittauksessa määritettyä 1,6 l/100km korjausta. Moottorin kierroslukema asettui tuolloin n. 2100 rpm nopeuden näyttäessä 77 km/h. Mittaukset suoritettiin jälleen tuon kierrosalueen molemmin puolin. Alla olevasta taulukosta 3 huomataan jälleen kulutuksen nousevan tasaisesti moottorin pyörintänopeuden kasvaessa.

**TAULUKKO 3. Mittaustuloksia kahden asteen mäestä**

Kierrokset (rpm)	1900	2000	2100	2200	2300	2400
Kulutus (l/100 km)	9,4	9,8	9,9	10,2	10,3	10,4
Kaasupoljin	40	42	42	42	43	42
Kuorma	62	63	62	65	68	63
Nopeus (km/h)	71	75	79	82	86	90

Optimaalisinta taloudellisuuden kannalta olisi ajaa mäki ylös vähän hitaammin, kuin mitä se vapaasti laskeutuu alaspäin. Tältä mittausalueelta saatiin ylöspäin mentäessä polttoaineenkulutukseksi tasan 10,0 l/100 km joten alaspäin ajettava nollakulutuksinen ajo huomioon otettuna keskikulutukseksi asettuu 5,0 l/100 km. Tasaisella ajettuna

tämä sama otos on 5,85 l/100 km. Tässäkin mittauksessa säästöä kertyi noin 15 % mäkiäjon hyväksi.

### 7.3 Mäki jyrkkyydeltään 3 astetta

Kolmas mäki löytyi jälleen Pornaisista ja Kotojärvenrinteestä. Ilma oli mittausten aikaan yhden asteen pakkasella. Kolmen asteen mäessä auto saavutti vaihde päälle kytkettynä loppunopeuden 84 km/h, joka vastaa n. 2300 rpm pyörintänopeutta. Vastavasti ylöspäin ajettaessa polttoaineenkulutus on jo huomattavasti korkeampi kuin 2 asteen mäessä, vaikkakin nopeutta tässä testissä on runsaammin.

#### TAULUKKO 4. Mittaustuloksia kolmen asteen mäestä

Kierrokset (rpm)	1900	2000	2100	2200	2300	2400
Kulutus (l/100km)	10,5	11,2	11,6	11,6	10,8	11,2
Kaasupoljin	42	44	45	45	44	47
Kuorma	67	75	76	60	71	73
Nopeus (km/h)	71	75	79	82	86	90

Polttoaineenkulutus ylöspäin ajettaessa on tässä mäessä 11,15 l/100 km, joten kokonaiskulutus, kun alamäkiajo otetaan mukaan, asettuu 5,58 l/100 km. Tältä samalta kierrosalueelta mitattu keskikulutus tasaisella ajettaessa on 5,85 l/100 km, joten tässä mäessä säästöä ei enää tullutkaan niin paljoa, mutta nopeutta on enemmän. Tässä kolmen asteen mäessä polttoainetta kului enää noin 5 % vähemmän kuin tasaisella ajattaessa.

### 7.4 Mäki jyrkkyydeltään 5 astetta

Jyrkimmäksi mäeksi valitsin Pornaisista löytyvän Kotojärvenrinteen toisen puolen. Mittaukset tehtiin samalla kertaa kuin 3 asteen mäen mittaukset, joten keli oli samanlainen. Näin sain mitattua ensin menosuunnassa loivemmasta mäestä polttoaineenkulutuksia ja paluumatkalla tästä jyrkemästä mäestä. Auton alaslaskeutumisnopeus nousi noin 95 km/h:iin moottorin pyöriessä nopeutta 2500 rpm. Mittauksia tehdessäni jouduin hieman rikkomaan lakia, sillä nopeusrajoitus alueella on 80 km/h.

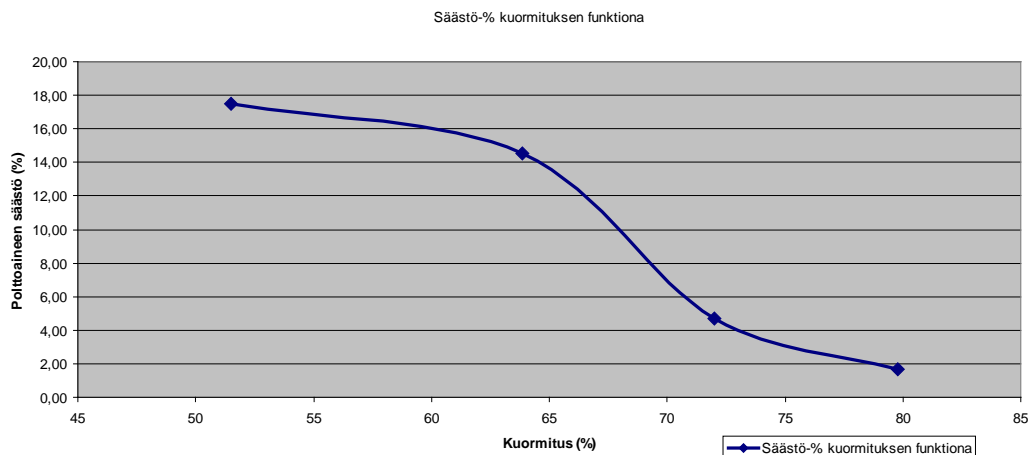
## TAULUKKO 5. Mittaustuloksia viiden asteen mäestä

Kierrokset (rpm)	2100	2200	2300	2400	2500
Kulutus (l/100km)	12	12,3	11,5	11,6	12,2
Kaasupoljin	46	47	45	47	48
Kuorma	78	82	77	80	82
Nopeus (km/h)	79	82	86	90	94

Polttoaineenkulutuksen määrittäminen näin jyrkässä mäessä oli jo jonkin verran hankalaa, sillä tasaista nopeutta oli hankala pitää yllä, ja mittaukset piti tehdä moneen kertaan. Ylöspäin ajettaessa keskikulutus nousi 11,92 l/100km:aan. Kokonaiskulutukseksi jäi silloin 5,96 l/100km. Moottorin kuormitus tässä jyrkimmässä mäessä nousi jo 80 prosenttiin. Vastaavalla nopeudella ajettaessa tasaisella kulutusmittari näyttää 6,06 l/100km. Näin ollen säästöä polttoaineenkulutuksessa tulee enää vain parin prosentin verran. Ilmeisesti ilmanvastusvoimat sekä vierintävastusvoimat alkavat nopeuden lähestyessä 100 km/h olemaan jo niin suuret, ettei polttoaineen säästö ole niin selvää kuin hitaammilla nopeuksilla ajettaessa. Myös optimaalisin moottorikuormitus taloudellisuuden kannalta ylittyi tässä mäessä.

### 7.5 Yhteenveto

Alla olevassa kuvaajassa (kuva 4) on vielä koottu yhteen, minkälainen säästö polttoaineen kulutukseen tulee milläkin moottorin kuormituksella. Moottorin kuormitus luonnollisesti kasvaa mäen jyrkkyyden kasvaessa.



### KUVA 4. Polttoaineen säästö kuormituksen funktiona

Mittauksia ei juuri olisi voinut laajemmalti tehdä tätä testiä varten. Mittauksiin on valittu pienin mahdollinen mäki, jossa voitiin vapaasti laskea auton omalla painolla

alas riittävällä nopeudella. Mittauksessa on mukana myös 5 astetta jyrkkä mäki, joka on jo niin jyrkkä, ettei sitä jyrkempää pystyisi ajamaan alas jarruttamatta.

## 8 KIIHDYTYYS-HIDASTUS

Kiihdytys–hidastus-ajon tarkoituksena oli tarkastella, millä tavalla polttoaineen keskikulutus muuttuu tasaiseen ajonopeuteen verrattuna. Koeautoa ajetaan pitkällä suoralla tieosuudella ja auton annetaan moottorijarrun avulla hidastua alempaan nopeuteen, jolloin polttoainetta ei kulu ollenkaan, minkä jälkeen auto kiihdytetään takaisin ylemmän nopeuteen tietyllä moottorin kuormituksella. Moottoria kuormitettaessa hyötysuhde taas paranee ja mittausmatkalta mitataan polttoaineen keskikulutus. Vaihdetta ei vaihdeta ollenkaan yksittäisen testin aikana moottorijarrutuksen aikana suuremmalle, jotta saadaan tutkimustyöni kannalta järkevämpiä tuloksia. Kiihdytys-hidastus-ajossa keskityin tarkoituksella kuormittamaan moottoria mäkimittauksia enemmän ja näin selvittämään, onko vielä korkeammillakin kuormituksilla hyötysuhde riittävän hyvä, koska mäkiosuuksilla en saanut moottoria kuormitettua kuin likimain 80 % verran. Tässä testissä saan lisäksi ajettua mäkimittauksia hitaampia nopeuksia, jolloin ilmanvastusvoimilla ei ole niin suurta merkitystä. Opinnäytetyötäni tehdessäni löysin internetistä artikkelin, jossa tutkitaan tämänkaltaisen ajotavan vaikutusta polttoainetaloudellisuuteen. Tällaista ajotapaa kutsutaan pulse & glide -ajoksi ja tätä on pyritty hyödyntämään mm. hybridautoissa (MetroMPG 2006).

Tieosuuden on oltava tarpeeksi pitkä ja tasainen, jotta näitä kiihdytyksiä ja hidastuksia saadaan tehtyä mahdollisimman monta peräkkäin. Tällainen pitkä ja tasainen mittauspaikka löytyi vanhalta Lahdentieltä Järvenpään ja Mäntsälän väliltä. Mittaukset tehtiin puolen päivän aikoihin, jolloin suurin osa tielläliikkujiista on töissä ja niille aiheutuu mittauksista mahdollisimman vähän haittaa. Mittausten aikaan keli oli puolipilvinen ja lämpötila +3°C. Kuva mittauspaikalta on esitetty liitteessä 2 (kuva 14). Laskutoimitukset ja mittaus tulokset tähän liittyen löytyvät liitteestä 3.

### 8.1 60-40-60 kolmosvaihteella

Mittaukset aloitettiin kolmosvaihteella ihan vertailun vuoksi, vaikka ajattelin tulosten olevan kokonaiskulutuksen kannalta huonoimmat kolmosvaihteen moottorijarrutuksen suuren hidastuvuuden takia. Mittaus tehtiin hidastamalla 60 km/h:sta 40 km/h:iin ja



kiihdyttämällä takaisin 60 km/h:iin viisi kertaa peräkkäin samalla mittauskerralla. Moottorin pyörintänopeusalue näillä ajonopeuksilla oli 1800–2700 rpm. Ensimmäisellä mittauksella kiihdytykset suoritettiin kuormittamalla moottoria 80 %:lla, jolloin keskikulutukseksi testimatalla tuli 6,9 l/100 km. Toisella mittauksella moottoria kuormitettiin kiihdytyksessä 100 %:lla eli täyskaasulla, jolloin keskikulutukseksi tuli 9,1 l/100 km. Lisäystä polttoaineenkulutukseen tuli suuremmalla kiihdytyksellä 2,2 l/100 km eli 31,9 %. Vastaavasti tasaisella nopeudella ajettaessa tällä kierrosalueella polttoaineenkulutus on välillä 6,4–8,4 l/100 km. Oletetaan keskinopeuden olevan likimain 50 km/h tässä kiihdytys-hidastus – ajossa, jolloin kierrosalueella 2100–2400 rpm keskikulutus tasaisella nopeudella on 7,175 l/100 km, joten polttoaineenkulutuksessa 80 % kuormalla kiihdytys-hidastus-ajossa olisi säästöä 0,275 l/100 km, eli noin 4 %. Vastaavasti täyskaasulla kiihdytettäessä polttoaineenkulutus on jo 1,925 l/100 km enemmän kuin tasaisella nopeudella ajettaessa. Tämä tarkoittaa noin 27 % suurempaa polttoaineenkulutusta.

## **8.2 70-60-70 nelosvaihteella**

Tässä mittauksessa hidastettiin 70 km/h:sta 60 km/h:iin moottorijarruttaen neljännellä vaihteella ja kiihdyttämällä samalla vaihteella takaisin 70 km/h:iin. Hidastus-kiihdytys – tapahtuma tehtiin viisi kertaa peräkkäin, kuten aiemmassakin. Moottorin pyörintänopeusalue sijoittui välille 1900–2300 rpm. Ensin mittaus tehtiin kuormittamalla moottori kiihdytyksessä 80 %, jolloin polttoaineen keskikulutus oli 6,0 l/100 km. Tämän jälkeen moottoria kuormitettiin täyskaasulla, jolloin polttoaineenkulutus oli 7,3 l/100 km. Eroa näiden mittausten välille syntyi 1,3 l/100 km. Täyskaasumittauksessa kulutus oli noin 21,6 % suurempi. Vastaavasti tasaisesti ajettaessa tällä kierrosalueella polttoaineenkulutus on 5,74 l/100 km. Tämä kertoo siitä, että tällä kierrosalueella on optimaalisinta ajaa tasakaasulla.

## **8.3 80-70-80 nelosvaihteella**

Tässä mittauksessa tehtiin vastaavasti, kuten edellisen kappaleen mittauksissa, mutta kierrosalueena oli 2300–2600 rpm. Polttoaineen keskikulutus kuormitettaessa moottoria kiihdytyksissä 80 % oli 6,1 l/100 km ja kuormitettaessa 100 % oli keskikulutus 7,5 l/100 km. Täyskaasulla ajettaessa kulutus oli 1,4 l/100 km suurempi eli noin 23,0 % enemmän. Tasaisella nopeudella ajettaessa keskikulutus tällä kierrosalueella on 6,425

l/100 km. Tämän mittauksen mukaan polttoainetta kuluu tasaisesti ajettaessa 0,325 l/100 km eli 5,0 % enemmän kuin 80 % kuormittavalla hidastus–kiihdytys-ajossa. Työssäni tutkimalla kierrosalueella vääntömomentsi on suurimmillaan 2500 rpm kohdalla, josta johtuen tällä kierrosalueella syntyy jo säästöä.

#### **8.4 80-60-80 nelosvaihteella**

Kolmas testiajo neljännellä vaihteella tapahtui hidastamalla 80 km/h:sta 60 km/h:iin ja kiihdyttämällä takaisin suurempaan nopeuteen. Tämä tehtiin kolme kertaa peräkkäin. Kierrosalue tämän testin aikana asettui välille 1900–2600 rpm. Kuormittamalla moottoria kiihdytyksissä 80 % verran keskipolttokulutukseksi saatiin 5,5 l/100 km. Vastaavasti täyskaasulla kiihdytettäessä keskipolttokulutukseksi tuli 6,9 l/100 km, mikä on 1,4 litraa, eli n. 25,5 % enemmän. Oletetaan keskinopeuden olevan suunnilleen 70 km/h tämän testin aikana. Otoksella 65–77 km/h (2100–2500 rpm) keskimääräinen polttoainekulutus on 6,2 l/100 km. Hidastus–kiihdytys-ajossa 80 %:n kuormituksella polttoainetta kuluu 0,7 l/100 km, eli noin 11,3 % vähemmän. 100 %:n kuormituksella polttoainekulutus oli vastaavasti noin 11,3 % suurempi kuin tasakaasulla ajettaessa.

#### **8.5 80-70-80 viitosvaihteella**

Viidennellä vaihteella testi suoritettiin samalla periaatteella, kuten kolmos- ja nelosvaihteella. Tässä testissä vauhti hidastettiin moottorijarruttamalla 80 km/h:sta 70 km/h:iin ja kiihdyttämällä nopeuteen 80 km/h. Tämä sykli toistettiin 4 kertaa peräkkäin. Kierrosalue testin aikana oli n. 1900–2200 rpm. Kuormitettaessa moottoria 80 % verran kiihdytyksissä matkan keskipolttokulutukseksi tuli 5,3 l/100 km ja täyskaasulla kiihdytettäessä keskipolttokulutukseksi tuli 6,4 l/100 km. Tasaisesti ajettuna tällä nopeusalueella polttoaineen keskipolttokulutus on noin 5,7 l/100 km. Täten hidastus–kiihdytys-ajossa 80 %:n kuormituksella polttoainetta kuluu tasaiseen ajoon verrattuna 0,4 l/100 km eli 7,0 % vähemmän. Suuremman kuormituksen testissä polttoainetta kuluu 0,7 l/100 km eli 12,3 % enemmän.

#### **8.6 80-60-80 viitosvaihteella**

Toisella testiajolla viidennellä vaihteella hidastettiin moottorijarrutuksella 80 km/h:sta 60 km/h:iin ja kiihdytettiin takaisin nopeuteen 80 km/h. Koska testiauto rullasi niin

hyvin suurella vaihteella testissä, saatiin vain kolme hidastus-kiihdytys-sykliä tehtyä. Kierrosnopeusalue tässä testissä oli 1600–2200 rpm. Kiihdyttämällä 80 % kuormituksella keskimääräinen polttoaineenkulutus oli 6,1 l/100 km ja täyskaasulla kiihdytettäessä 0,6 l/100 km enemmän eli 6,7 l/100 km. Oletetaan jälleen keskinopeuden olevan suurin piirtein 70 km/h tässä testissä, jolloin polttoaineenkulutus tasaisesti ajettuna olisi luokkaa 5,425 l/100 km. Tämä tarkoittaa sitä, että polttoaineenkulutus on suurempi jo 80 %:n kuormitusajossa, kuin tasaisessa ajossa, noin 12 % (0,675 l/100 km). Täyskaasutestissä polttoainetta kuluu jo noin 1,3 l/100 km, eli 23,5 % enemmän kuin tasaisesti ajettaessa.

### **8.7 90-80-90 viitosvaihteella**

Viimeinen hidastus-kiihdytys-testi tehtiin hidastamalla nopeus 90 km/h:sta 80 km/h:iin ja kiihdyttämällä takaisin aiempaan nopeuteen. Tämä toistettiin neljä kertaa. Kierrosalue testin aikana on noin 2100–2400 rpm. Moottoria kuormitettaessa kiihdytysten aikana 80 % verran polttoaineen keskikulutukseksi saatiin 5,9 l/100 km ja täyskaasukiihdytyksellä polttoaineenkulutus oli 6,8 l/100 km. Tasaisella ajettaessa tällä nopeusalueella polttoaineenkulutus on 5,95 l/100 km. Polttoaineenkulutus hidastus-kiihdytys –ajon pienemmällä kuormituksella oli ainoastaan 0,05 l/100 km eli 1 % pienempi kuin tasakaasulla ajettaessa. Vastaavasti täyskaasulla ajettaessa polttoaineenkulutus tasaiseen ajoon verrattuna on jo 14,3 % suurempi. Näillä nopeuksilla ilmanvastusvoimat alkavat olla jo niin kovat, että paremmalla hyötysuhteella saatava hyöty menettää merkityksensä.

## **9 TAAJAMA-AJO**

Taajama-ajo suoritettiin Pornaisissa Itä-Uudellamaalla. Taajama-ajon tarkoituksena oli tarkastella, miten erilaiset ajotavat vaikuttavat polttoaineenkulutukseen taajama-ajossa. Oheisessa kuvassa (kuva 5) on merkitty reitti, jolla testaus suoritettiin. Reitti kierrettiin myötöpäivään kuvasta katsottuna ja sinisillä pallukoilla on merkitty paikat, joissa pysähdyttiin (7 kpl). Valitsin testipaikaksi tämän, koska matka on lähes koko matkan 40 km/h nopeusrajoituksella pl. pieni matka Kirkkotietä, joka on osittain 50 km/h nopeusrajoituksella. Valitsemani reitti on myös hyvin rauhallinen päiväsaikaan, eikä muuta liikennettä ole juuri häiritsemässä.



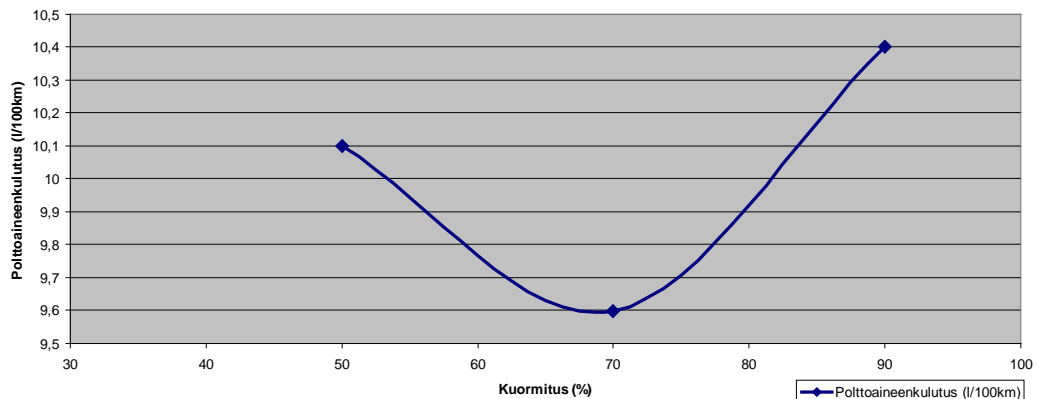
saataisiin minimoitua reitin aikana mahdollisten muiden muuttujien vaikuttaminen testituloksiin.

### TAULUKKO 6. Mittaustulokset taajama-ajosta

	1. Mittaus	2. Mittaus	3. Mittaus
<b>Kuormitus</b>	n. 50 %	n. 70 %	n. 90 %
<b>Aika</b>	5 min 57 sek	5 min 15 sek	5 min 4 sek
<b>Matka</b>	2,9 km	2,9 km	2,9 km
<b>Keskituntinopeus</b>	24 km/h	29 km/h	31 km/h
<b>Kokonaiskulutus</b>	0,2 l	0,2 l	0,2 l
<b>Keskikulutus</b>	10,1 l/100 km	9,6 l/100 km	10,4 l/100 km

Ensimmäisessä mittauksessa moottoria kuormitettiin kiihdytysten aikana noin 50 prosentilla, toisella noin 70 prosentilla ja kolmannella kerralla noin 90 prosentilla täydestä kapasiteetista. Vaihde vaihdettiin suuremmalle aina 2500 rpm kohdalla, joten suurin vaihde testin aikana oli kolmas vaihde. Ensimmäisellä mittauksella polttoainetta kului keskimäärin 10,1 l/100 km. Kiihdytykset tuntuivat todella rauhallisilta ja ainakin omalle ajotavalle aivan liian hitailta. Testireitillä toisen hidasteen jälkeen alkaa jyrkkä ylämäki, eikä vaihdetta ehditty vaihtaa kolmoselle kuin vasta mäen päällä (kartalla Pyykuja), koska moottoria kuormitettiin niin vähän. Tästä syystä matka-aika on niin paljon suurempi kuin kahdella jälkimmäisellä mittauksella. Olisin olettanut keskikulutuksen olevan suurin näistä kolmesta juuri tällaisella ajotavalla. Pienin polttoaineenkulutus tehtiin toisella mittauksella, jolloin kiihdytyksissä kuormitettiin moottoria noin 70 prosentilla. Yllättäen suurin polttoaineenkulutus oli kolmannella mittauksella. Kiihdytykset olivat hyvin rivakoita, mutta polttoainetta kului kiihdytyksiin niin paljon, että nopeista kiihdytyksistä oli enemmän haittaa kuin hyötyä.

Polttoaineenkulutus taajama-ajossa



KUVA 6. Polttoaineenkulutus taajama-ajossa kuormituksen funktiona

Mittauksista ei ole kuin kolme otosta, joten kaaviokuva (kuva 6) ei ole välttämättä kovin luotettava. Todennäköisesti polttoaineenkulutus on kuitenkin aiempien mittausten perusteella alimmillaan juuri tuolla alueella, millä mittaukset on.

## 10 TULOKSET

Vääntömomentin ja polttoaineen kulutuksen välille saatiin yhteys, mutta ei kovin tarkka ja luotettava. Paremmen tuloksen saamiseksi mittaukset olisi täytynyt suorittaa laboratorio-olosuhteissa, jotta kaikki ulkopuoliset tekijät (mm. tuuli, tien epätasaisuus) olisi saatu karsittua pois. Myös moottoria olisi pitänyt voida kuormittaa enemmän.

Mittauslaitteet saatiin kaikki omasta takaa. Mikäli mittaukseen käytettyä polttoainetta, eikä matkapuhelimen ostoon käytettyä rahaa oteta mukaan, ainoa tavara, mitä jouduin ostamaan, oli diagnoosilaitte. Laitteen hinnaksi kiinnasta tilattuna tuli postikuluineen yhteensä 12 euroa. Käyttämäni ohjelmat olivat myös ilmaisia. Polttoainetta mittauksissa kului noin kahdella sadalla eurolla.

Polttoaineen kulutukseen saatiin selvää säästöä mäkiajossa. Parhaimmillaan polttoainetta säästyi liki 20 % ajettaessa mäessä, kun olisi ajettu tasaista tietä. Eniten pohdintaa aiheutti se, että polttoainetta säästyi sitä enemmän, mitä loivempi mäki oli kyseessä. Mittaukset on kuitenkin suoritettu loivimmassa mahdollisessa mäessä, jossa testi-auto omalla painovoimallaan alas tuli. Kyseisessä ajoneuvossa kokonaishyötysuhde on tämän testin mukaan parhaimmillaan, kun moottoria kuormitetaan noin 50–60 % maksimikuormituksesta. Moottorin hyötysuhde on kenties parhaimmillaan vielä korkeammilla kuormituksen arvoilla, mutta nousuvastuksen ja ilmanvastuksen noustessa radikaalisti näissä nopeuksissa ei kokonaishyöty ole niin suuri. Ilmanvastuksesta syntyvät voimat nopeuden funktiona on esitetty ajotilapiirroksessa liitteessä 4.

Kiihdytys-hidastus-ajossa saavutettiin polttoaineen kulutuksessa pääosin säästöä, kun kuormitus kiihdytettäessä oli 80 %. Polttoaineen kulutus tippui parhaimmillaan noin 11 %. Säästöä olisi tullut huomattavasti enemmän, mikäli kolmannella ja neljännellä vaihteella kiihdytyksen jälkeen olisi vaihdettu viitosvaihteelle moottorijarrutuksen ajaksi, jolloin hidastuvuus ei olisi ollut niin suuri. Työssäni en kuitenkaan halunnut tutkia mahdollisimman edullista ajotapaa, vaan tarkastella moottorin kuormituksen

muuttamisen vaikutusta polttoaineen kulutukseen. Moottoria kuormitettaessa 100 % eli täyskaasukiihdytyksellä ei säästöä saatu millään mittausalueella.

Taajama-ajon lopputulos oli senkaltainen jota aiempien mittausten perusteella osattiin epäillä. Ulkoisia muuttujia ei saatu kokonaan eliminoitua, mutta niiden vaikutus lopputulokseen oli vähäinen. Testissä saatiin osoitettua, että liian hidas liikkeellelähtö ja hitaat kiihdytyksen syövät polttoainetta enemmän kuin reippaasti kiihdytettäessä. Tästäkin testissä raja tuli kiihdytyksen osalla vastaan ja vastaavasti lähes ”kaasu pohjassa” kiihdytettäessä polttoainetta kului jo rutkasti enemmän.

## **11 POHDINTA**

Työn lopputulokseen olen tyytyväinen. Pohtimani teoria polttoaineen säästöstä kuormittamalla moottoria enemmän piti paikkansa. Tämä lopputulos ei tietenkään päde kaikissa ajoneuvoissa eikä edes kaikissa henkilöautoissa, sillä kaikki henkilöautot eivät ”rullaa” niin herkästi kuin testiautoni, eikä kaikissa ole samoilla nopeuksilla samaa hyötysuhdetta. Mittaustulosteni mukaan kuitenkin, jos kaikki tiet rakennettaisiin oikeanlaiseen mäkiseen maastoon, olisi se polttoainetaloudellisuuden kannalta parempi ainakin koeautolleni. Sitä ei kuitenkaan voida käytännössä toteuttaa. Kiihdytys-hidastus-ajoa sen sijaan voi hyvinkin käyttää lähes missä tahansa ja millä ajoneuvolla tahansa, siinä vaan täytyy tarkemmin tietää, milloin on optimaalisinta ajaa tällä tavalla.

Lähdeluettelossani oleva internet-artikkelin linkki Pulse & Glide-ajosta (MetroMPG 2006) kertoo hyvin pitkälti samasta asiasta, jota tein kiihdytys-hidastus-ajossa. Artikkelin kirjoittaja on saanut omaa autoaan testatessa noin 8 % säästön ajotapaa muuttaessa kiihdytys-hidastus-painotteiseksi. Hän on tutkinut ilmeisesti asiaa vain yhdellä nopeusalueella ja on antanut autonsa hidastua vaihteen ollessa vapaalla. Luultavasti hänkin olisi saanut säästöä enemmän aikaiseksi, mikäli olisi enemmän tehnyt mittauksia. Näin ollen olen hyvinkin tyytyväinen omiin mittauksiini, koska olen saanut luotettavia tuloksia tämän suhteen, enkä edes mittauksia tehdessäni tiennyt koko artikkelista, saatiikka Pulse & Glidestäkään.

## LÄHTEET

Ajovallo. Ilmanvastuskertoimia. Internetsivusto.

<http://www.ajovallo.net/Ilmanvastus6.htm>. Päivitetty 3.5.2004. Luettu 3.1.2012.

Elekma intenetkauppa. ELM327 adapteri (Bluetooth) [E327B]. Internetsivusto.

[http://www.elekma.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=1329](http://www.elekma.com/index.php?main_page=product_info&products_id=1329). Ei päivitystietoa. Luettu 30.3.2012.

Google Maps. Kuvia Street Viewillä. Internetsivusto. <http://maps.google.fi/>. Ei päivitystietoa. Luettu 30.3.2012.

MetroMPG. Driving technique: exploring 'Pulse and Glide'. Internetsivusto.

<http://www.metrompg.com/posts/pulse-and-glide.htm>. Päivitetty 15.1.2006. Luettu 30.3.2012.

Motiva. Kulutussykli. Internetsivusto.

[http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloauton\\_valinta/uusien\\_autojen\\_kulutus\\_ja\\_paastotiedot/kulutussykli](http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloauton_valinta/uusien_autojen_kulutus_ja_paastotiedot/kulutussykli). Päivitetty 13.4.2011. Luettu 4.4.2012.

Opel-Infos.de. Internetsivusto. <http://www.opel-infos.de/getriebe/f23.html>. Päivitetty 13.5.2010. Luettu 20.3.2012.

Rantala, Jouko (2002) Auto- ja kuljetusalan perusoppi 6, 1. painos. Otava. Keuruu.

Robert Bosch GmbH (2003) Autoteknillinen taskukirja, 6. painos. Gummerus. Jyväskylä.

RRI. Powertrain Performance Graph for Opel Vectra Elegance 2.2 -02 (108kW). Internetsivusto. <http://www.rri.se/popup/performancegraphs.php?ChartsID=119>. Ei päivitystietoa. Luettu 30.1.2012.

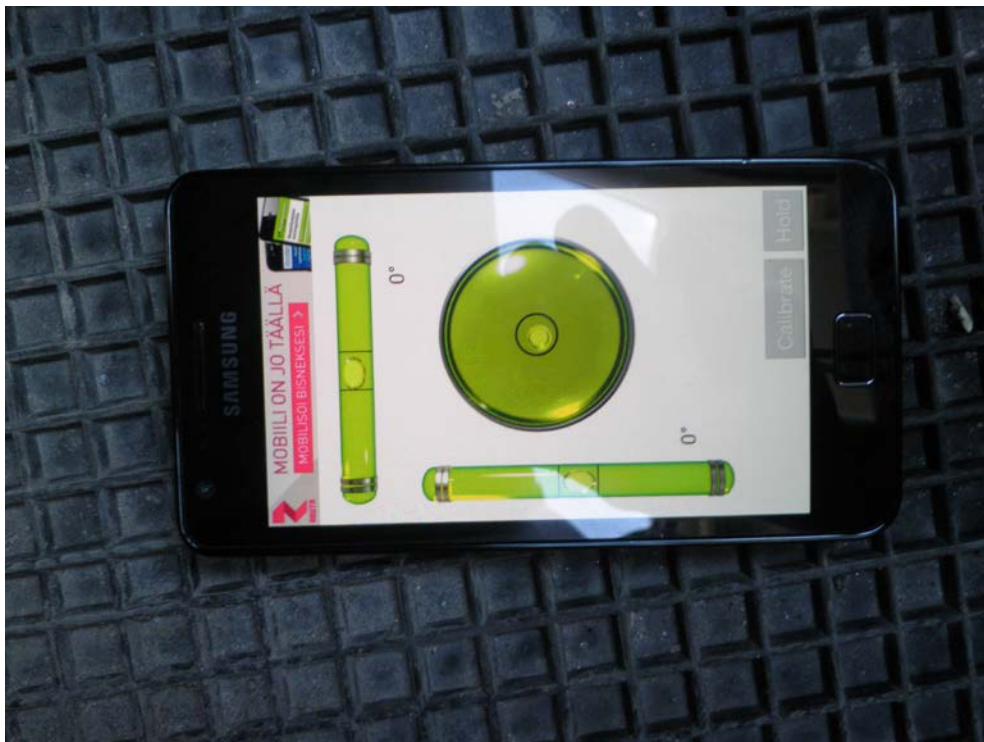
Uutisverkko. EU-yhdistetty kulutus mittaa keskiarvoa. Internetsivusto.

<http://uutisverkko.wordpress.com/2012/03/28/eu-yhdistetty-kulutus-mittaa-keskiarvoa/>. Päivitetty 28.3.2012. Luettu 4.4.2012.





KUVA 7. Diagnostilaitte pistokkeessaan



KUVA 8. Vatupassi-ohjelma Android-puhelimessa



KUVA 9. Mittalaitteita käytössä



Kuvia mittauspaikoilta



KUVA 10. Mäki jyrkkyydeltään 1 aste



KUVA 11. Mäki jyrkkyydeltään 2 astetta



**KUVA 12. Mäki jyrkkyydeltään 3 astetta**



**KUVA 13. Mäki jyrkkyydeltään 5 astetta**



**KUVA 14. Vanha Lahdentie**

LIITE 3 (1).

Mittaustulokset ja laskutoimitukset

MITTAUSTULOKSET TASAISILLA														
3.Vaihde	Kierrokset (rpm)	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
	Kulutus (l/100km)	6,3	6,1	6,3	6,4	6,8	6,7	7	7,3	7,1	7,3	7,4	7,4	7,3
	Kaasupoljin	14	15	17	18	19	20	22	23	24	27	27	26	28
	Kuorma	25	23	23	24	23	23	26	23	27	28	28	27	26
	Nopeus (km/h)	34	36	38	40	43	45	47	49	52	54	56	58	61
4.Vaihde	Kierrokset (rpm)	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
	Kulutus (l/100km)	5,4	5,1	5,5	5,5	5,5	5,3	6,1	5,8	6	6,5	6,6	6,6	6,5
	Kaasupoljin	18	18	20	21	21	22	24	25	25	29	28	31	31
	Kuorma	28	28	28	27	28	27	32	31	31	33	32	35	32
	Nopeus (km/h)	46	50	53	56	59	62	65	68	71	74	77	81	84
5.Vaihde	Kierrokset (rpm)	1500	1600	1700	1800	1900	2000	2100	2200	2300	2400	2500	2600	2700
	Kulutus (l/100km)	4,8	4,6	5,1	5,3	5,6	5,7	5,8	5,8	6	6,2	6,5	6,5	6,8
	Kaasupoljin	18	18	22	23	25	26	28	29	29	33	31	36	38
	Kuorma	32	30	32	33	35	35	36	38	36	39	36	42	45
	Nopeus (km/h)	56	60	64	67	71	75	79	82	86	90	94	97	101

2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200
7,5	7,7	7,8	7,6	8	8,5	7,9	8,3	8,5	8,1	8,4	8,7	8,7	8,6	8,8
30	33	32	31	33	34	35	36	37	37	37	39	40	40	42
28	30	29	27	29	29	28	29	29	28	28	29	29	29	32
63	65	67	70	72	74	76	79	81	83	85	88	90	92	94
2800	2900	3000												
7	6,8	7,2												
35	35	37												
38	35	40												
87	90	93												
			Vaihdevälit	1	2	3	4	5	perä					
				3,577	2,022	1,348	0,977	0,809	3,95					
			kok. välit	14,12915	7,9869	5,3246	3,85915	3,19555						
			Dyn vier.kehä	Vääntömomentti										
			1,993	Pyöristä/r: Nm										
				1500	141,5	7,075								
				2000	167,8	8,39								
				2500	174,5	8,725								
				3000	165,7	8,285								
				3500	175,9	8,795								
				3800	184,9	9,245								
				4000	188,9	9,445								
				4200	190,1	9,505								
				4500	187	9,35								
				5000	178,3	8,915								
2800	2900	3000												
7,1	7,2													
404	41													
48	47													
105	109													



## Mittaustulokset ja laskutoimitukset

MITTAUSTULOKSET 1° MÄESSÄ VAIHDE VAPAALLA (74km/h, vastaa ~2000rpm)							
5.Vaihde	Kierrokset (rpm)	1900	2000	2100	2200	2300	2400
	Kulutus (l/100km)	7,8	7,9	7,7	8,1	8,3	8,5
	Kaasupoljin	33	36	35	37	39	40
	Kuorma	50	51	49	52	55	52
	Nopeus (km/h)	71	75	79	82	86	90
	Kulutus	(7,8+7,9+7,7+8,1+8,3+8,5)/6			8,05	<b>Matkan pituuden muutos (1km matkalla)</b>	
	Korjauskerroin				1,60	cos 1°=500/x	
	Keskikulutus	(8,05+1,6)/2			4,825	x=500/cos 1°	
	Vertailu	(5,6+5,7+5,8+5,8+6,0+6,2)/6			5,85	x=500,076	
	Säästö	(4,825/5,85)			0,824786	ylös+alas=1000,15(metriä)	
	Säästö-%				17,52 %	muutos= 1000/1000,15=	
						<b>Muutos-%</b>	
						0,9998	
						0,02 %	
MITTAUSTULOKSET 2° MÄESSÄ MOOTTORIJARRUTTAEN 5. VAIHTEELLA (77km/h, ~2100rpm)							
5.Vaihde	Kierrokset (rpm)	1900	2000	2100	2200	2300	2400
	Kulutus (l/100km)	9,4	9,8	9,9	10,2	10,3	10,4
	Kaasupoljin	40	42	42	42	43	42
	Kuorma	62	63	62	65	68	63
	Nopeus (km/h)	71	75	79	82	86	90
	Kulutus	(9,4+9,8+9,9+10,2+10,3+10,4)/6			10,00	<b>Matkan pituuden muutos (1km matkalla)</b>	
	Keskikulutus	(10,00)/2			5,00	cos 2°=500/x	
	Vertailu	(5,6+5,7+5,8+5,8+6,0+6,2)/6			5,85	x=500/cos 2°	
	Säästö	(5,00/5,85)			0,854701	x=500,304	
	Säästö-%				14,53 %	ylös+alas=1000,609(metriä)	
						muutos= 1000/1000,609=	
						<b>Muutos-%</b>	
						0,9994	
						0,06 %	
MITTAUSTULOKSET 3° MÄESSÄ MOOTTORIJARRUTTAEN 5. VAIHTEELLA (81km/h, ~2200rpm)							
5.Vaihde	Kierrokset (rpm)	1900	2000	2100	2200	2300	2400
	Kulutus (l/100km)	10,5	11,2	11,6	11,6	10,8	11,2
	Kaasupoljin	42	44	45	45	44	47
	Kuorma	67	75	76	70	71	73
	Nopeus (km/h)	71	75	79	82	86	90
	Kulutus	(10,5+11,2+11,6+11,6+10,8+11,2)/6			11,15	<b>Matkan pituuden muutos (1km matkalla)</b>	
	Keskikulutus	(11,15)/2			5,58	cos 3°=500/x	
	Vertailu	(5,6+5,7+5,8+5,8+6,0+6,2)/6			5,85	x=500/cos 3°	
	Säästö	(5,58/5,85)			0,952991	x=500,686	
	Säästö-%				4,70 %	ylös+alas=1001,372(metriä)	
						muutos= 1000/1001,372=	
						<b>Muutos-%</b>	
						0,9986	
						0,14 %	
MITTAUSTULOKSET 5° MÄESSÄ MOOTTORIJARRUTTAEN 5. VAIHTEELLA (>95km/h, 2500rpm)							
5.Vaihde	Kierrokset (rpm)	2100	2200	2300	2400	2500	
	Kulutus (l/100km)	12	12,3	11,5	11,6	12,2	
	Kaasupoljin	46	47	45	47	48	
	Kuorma	78	82	77	80	82	
	Nopeus (km/h)	79	82	86	90	94	
	Kulutus	(9,5+11,2+11,6+11,6+10,8+11,2)/6			11,92	<b>Matkan pituuden muutos (1km matkalla)</b>	
	Keskikulutus	(11,92)/2			5,96	cos 5°=500/x	
	Vertailu	(5,8+5,8+6,0+6,2+6,5)/5			6,06	x=500/cos 5°	
	Säästö	(5,96/6,06)			0,983498	x=501,910	
	Säästö-%				1,65 %	ylös+alas=1003,820 (metriä)	
						muutos= 1000/1003,820=	
						<b>Muutos-%</b>	
						0,9962	
						0,38 %	
	<b>Keskikuormat</b>				<b>Säästö-%</b>		
	1 aste	51,5			1 aste	17,52	
	2 astetta	63,83333			2 astetta	14,53	
	3 astetta	72			3 astetta	4,70	
	5 astetta	79,8			5 astetta	1,65	

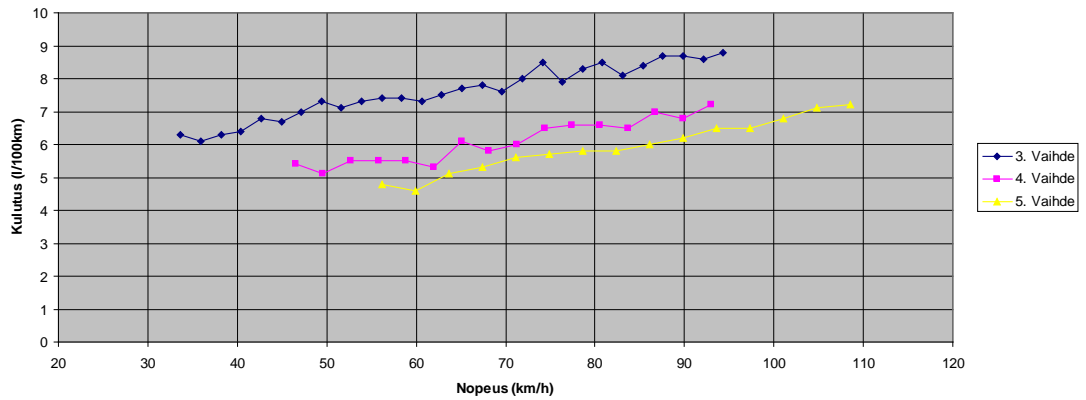
## Mittaustulokset ja laskutoimitukset

KAUPUNKIAJO			
	1. Mittaus	2. Mittaus	3. Mittaus
<b>Kuormitus (%)</b>	50	70	90
<b>Aika</b>	5 min 57 sek	5 min 15 sek	5 min 4 sek
<b>Matka (km)</b>	2,9	2,9	2,9
<b>Keskituntinopeus (km/h)</b>	24	29	31
<b>Kulutus (litraa)</b>	0,2	0,2	0,2
<b>Keskikulutus (l/100km)</b>	10,1	9,6	10,4
<b>KIIHDYTYS-HIDASTUS</b>			
			vertailukulutus
kolmosvaihde 60-40-60	80 % kuorma	100 % kuorma	(7+7,3+7,1+7,3)/4
polttoaineen keskikulutus (l/100km)	6,900	9,100	7,175
säästö-%	<b>3,833 %</b>	<b>-26,829 %</b>	
			vertailukulutus
nelosvaihde 70-60-70	80 % kuorma	100 % kuorma	(5,5+5,3+6,1+5,8+6)/5
polttoaineen keskikulutus	6,000	7,300	5,740
säästö-%	<b>-4,530 %</b>	<b>-27,178 %</b>	
			vertailukulutus
nelosvaihde 80-70-80	80 % kuorma	100 % kuorma	(6+6,5+6,6+6,6)/4
polttoaineen keskikulutus (l/100km)	6,100	7,500	6,425
säästö-%	<b>5,058 %</b>	<b>-16,732 %</b>	
			vertailukulutus
nelosvaihde 80-60-80	80 % kuorma	100 % kuorma	(6,1+5,8+6,6+6,5+6,6)/5
polttoaineen keskikulutus (l/100km)	5,500	6,900	6,200
säästö-%	<b>11,290 %</b>	<b>-11,290 %</b>	
			vertailukulutus
viitosvaihde 80-70-80	80 % kuorma	100 % kuorma	(5,6+5,7+5,8)/3
polttoaineen keskikulutus (l/100km)	5,300	6,400	5,700
säästö-%	<b>7,018 %</b>	<b>-12,281 %</b>	
			vertailukulutus
viitosvaihde 80-60-80	80 % kuorma	100 % kuorma	(5,1+5,3+5,6+5,7/4
polttoaineen keskikulutus (l/100km)	6,100	6,700	5,425
säästö-%	<b>-12,442 %</b>	<b>-23,502 %</b>	
			vertailukulutus
viitosvaihde 90-80-90	80 % kuorma	100 % kuorma	(5,8+5,8+6+6,2)/4
polttoaineen keskikulutus (l/100km)	5,900	6,800	5,950
säästö-%	<b>0,840 %</b>	<b>-14,286 %</b>	

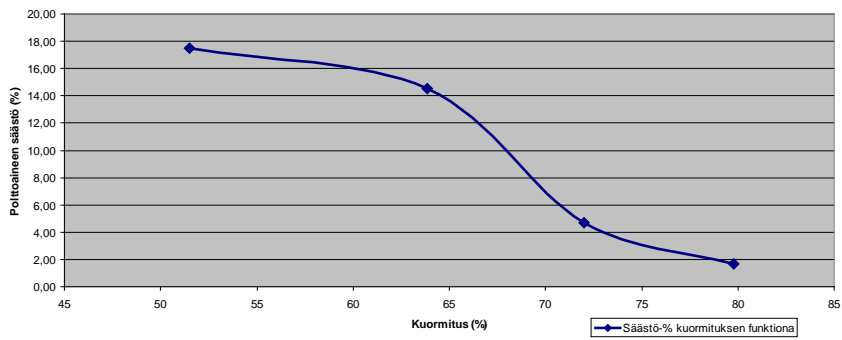


Mittaustulokset ja laskutoimitukset

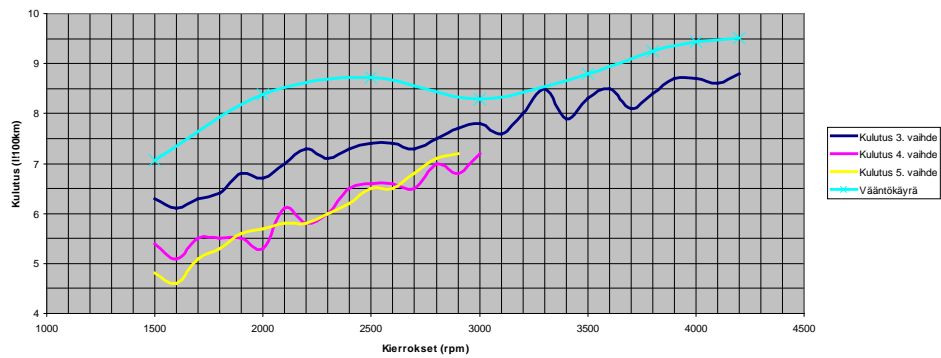
Kulutukset nopeuden mukaan



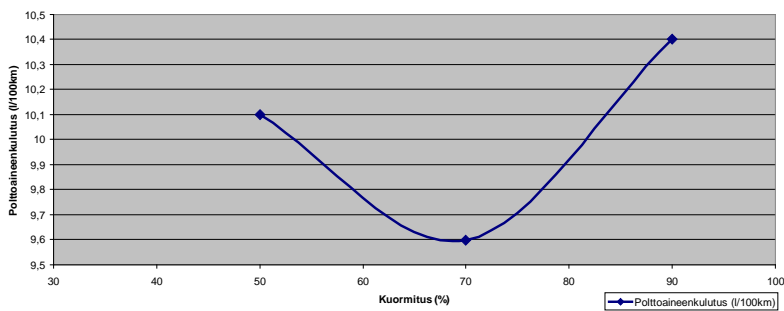
Säästö-% kuormituksen funktiona



Kulutukset kierrosnopeuden mukaan



Polttoainenkulutus taajama-ajossa



LIITE 4 (1).

Ajotilapiirros

Opel Vectra B 2.2 -01					
cw: 0,28	m: 1393 kg			#NIMI?	
A: 2,18					
Dyn vier.kehä	Dyn vier.säde				
1,993	0,317				
Nopeus (km/h)	Nopeus (m/s)	Ilmanvastusvoimat	Vierinvastuskerroin	Vierinvastus (Fro)	Kokonaisvastus
0	0,00	0,00	0,009	122,98797	122,99
5	1,39	0,71	0,00905	123,6712365	124,38
10	2,78	2,83	0,0091	124,354503	127,19
15	4,17	6,37	0,00915	125,0377695	131,41
20	5,56	11,32	0,0092	125,721036	137,04
25	6,94	17,69	0,00925	126,4043025	144,10
30	8,33	25,48	0,0093	127,087569	152,56
35	9,72	34,68	0,00935	127,7708355	162,45
40	11,11	45,29	0,0094	128,454102	173,74
45	12,50	57,32	0,00945	129,1373685	186,46
50	13,89	70,77	0,0095	129,820635	200,59
55	15,28	85,63	0,00955	130,5039015	216,13
60	16,67	101,90	0,0096	131,187168	233,09
65	18,06	119,59	0,00965	131,8704345	251,46
70	19,44	138,70	0,0097	132,553701	271,25
75	20,83	159,22	0,00975	133,2369675	292,46
80	22,22	181,16	0,0098	133,920234	315,08
85	23,61	204,51	0,0101	138,019833	342,53
90	25,00	229,28	0,0104	142,119432	371,40
95	26,39	255,46	0,0107	146,219031	401,68
100	27,78	283,06	0,011	150,31863	433,38
105	29,17	312,08	0,0113	154,418229	466,50
110	30,56	342,51	0,0116	158,517828	501,02
115	31,94	374,35	0,0119	162,617427	536,97
120	33,33	407,61	0,0122	166,717026	574,33
125	34,72	442,29	0,0125	170,816625	613,10
130	36,11	478,38	0,0128	174,916224	653,29
135	37,50	515,88	0,0131	179,015823	694,90
140	38,89	554,80	0,0134	183,115422	737,92
145	40,28	595,14	0,0137	187,215021	782,36
150	41,67	636,89	0,014	191,31462	828,21
155	43,06	680,06	0,0143	195,414219	875,47
160	44,44	724,64	0,0146	199,513818	924,16
165	45,83	770,64	0,0149	203,613417	974,25
170	47,22	818,05	0,015	204,97995	1023,03
175	48,61	866,88	0,0158	215,912214	1082,79
180	50,00	917,13	0,0166	226,844478	1143,97
185	51,39	968,79	0,0174	237,776742	1206,56
190	52,78	1021,86	0,0182	248,709006	1270,57
195	54,17	1076,35	0,019	259,64127	1335,99
200	55,56	1132,25	0,0198	270,573534	1402,83
205	56,94	1189,57	0,0206	281,505798	1471,08
210	58,33	1248,31	0,0214	292,438062	1540,75
215	59,72	1308,46	0,0222	303,370326	1611,83
220	61,11	1370,03	0,023	314,30259	1684,33
225	62,50	1433,01			
230	63,89	1497,41			
235	65,28	1563,22			
240	66,67	1630,45			
245	68,06	1699,09			
250	69,44	1769,15			

LIITE 4 (2).  
Ajotilapiirros

Nousuvastus (Fst)												
1° ylös	2° ylös	3° ylös	4° ylös	1° alas	2° alas	3° alas	4° alas	5° alas	5 ylös	10 ylös	15 ylös	20 ylös
361,48	599,901	838,175	1076,232	-115,505	-353,925	-592,2	-830,256	-1068,023	1313,998953	2495,946	3659,833	4796,802
362,87	601,292	839,566	1077,623	-114,114	-352,534	-590,809	-828,866	-1066,6321	1315,389878	2497,337	3661,224	4798,193
365,68	604,098	842,373	1080,430	-111,308	-349,728	-588,002	-826,059	-1063,8258	1318,196121	2500,143	3664,03	4800,999
369,90	608,319	846,594	1084,651	-107,086	-345,506	-583,781	-821,838	-1059,6043	1322,417683	2504,364	3668,251	4805,221
375,54	613,956	852,231	1090,288	-101,449	-339,869	-578,144	-816,201	-1053,9674	1328,054562	2510,001	3673,888	4810,858
382,59	621,009	859,283	1097,340	-94,397	-332,817	-571,092	-809,149	-1046,9152	1335,106759	2517,053	3680,941	4817,91
391,06	629,476	867,751	1105,808	-85,929	-324,349	-562,624	-800,681	-1038,4477	1343,574274	2525,521	3689,408	4826,378
400,94	639,359	877,634	1115,691	-76,047	-314,467	-552,741	-790,798	-1028,5649	1353,457107	2535,404	3699,291	4836,26
412,24	650,657	888,932	1126,989	-64,748	-303,168	-541,443	-779,5	-1017,2667	1364,755257	2546,702	3710,589	4847,559
424,95	663,370	901,645	1139,702	-52,035	-290,455	-528,73	-766,787	-1004,5532	1377,468726	2559,415	3723,302	4860,272
439,08	677,499	915,774	1153,831	-37,906	-276,326	-514,601	-752,658	-990,42445	1391,597513	2573,544	3737,431	4874,401
454,62	693,043	931,318	1169,375	-22,362	-260,782	-499,057	-737,114	-974,88035	1407,141617	2589,088	3752,975	4889,945
471,58	710,003	948,278	1186,334	-5,403	-243,823	-482,097	-720,154	-957,92093	1424,101039	2606,048	3769,935	4906,904
489,96	728,378	966,652	1204,709	12,972	-225,448	-463,723	-701,78	-939,54619	1442,47578	2624,422	3788,31	4925,279
509,75	748,168	986,442	1224,499	32,762	-205,658	-443,933	-681,99	-919,75613	1462,265838	2644,213	3808,1	4945,069
530,95	769,373	1007,648	1245,705	53,968	-184,453	-422,727	-660,784	-898,55075	1483,471214	2665,418	3829,305	4966,275
553,57	791,994	1030,268	1268,325	76,588	-161,832	-400,107	-638,164	-875,93006	1506,091908	2688,039	3851,926	4988,895
581,03	819,446	1057,721	1295,778	104,041	-134,379	-372,654	-610,711	-848,47771	1533,544252	2715,491	3879,378	5016,348
609,89	848,314	1086,588	1324,645	132,908	-105,512	-343,787	-581,843	-819,61005	1562,411915	2744,359	3908,246	5045,215
640,18	878,597	1116,871	1354,928	163,191	-75,2288	-313,504	-551,561	-789,32707	1592,694895	2774,642	3938,529	5075,498
671,87	910,295	1148,570	1386,627	194,890	-43,5305	-281,805	-519,862	-757,62877	1624,393193	2806,34	3970,227	5107,197
704,99	943,409	1181,683	1419,740	228,003	-10,4169	-248,692	-486,749	-724,51516	1657,506809	2839,453	4003,341	5140,31
739,52	977,937	1216,212	1454,269	262,532	24,11202	-214,163	-452,22	-689,98622	1692,035743	2873,982	4037,87	5174,839
775,46	1013,882	1252,157	1490,213	298,476	60,05628	-178,218	-416,275	-654,04197	1727,979994	2909,927	4073,814	5210,783
812,82	1051,241	1289,516	1527,573	335,836	97,41584	-140,859	-378,916	-616,6824	1765,339564	2947,286	4111,173	5248,143
851,60	1090,016	1328,291	1566,348	374,611	136,1907	-102,084	-340,141	-577,90751	1804,114452	2986,061	4149,948	5286,918
891,79	1130,206	1368,481	1606,538	414,801	176,3809	-61,8938	-299,951	-537,71731	1844,304657	3026,251	4190,138	5327,108
933,39	1171,812	1410,087	1648,144	456,407	217,9865	-20,2883	-258,345	-496,11178	1885,910181	3067,857	4231,744	5368,714
976,41	1214,833	1453,108	1691,164	499,427	261,0073	22,73253	-215,324	-453,09094	1928,931022	3110,878	4274,765	5411,734
1020,85	1259,269	1497,544	1735,601	543,864	305,4435	67,16869	-170,888	-408,65478	1973,367181	3155,314	4319,201	5456,171
1066,70	1305,120	1543,395	1781,452	589,715	351,2949	113,0202	-125,037	-362,80331	2019,218658	3201,165	4365,052	5502,022
1113,97	1352,387	1590,662	1828,719	636,982	398,5617	160,287	-77,77	-315,53651	2066,485453	3248,432	4412,319	5549,289
1162,65	1401,069	1639,344	1877,401	685,664	447,2438	208,9691	-29,0878	-266,8544	2115,167566	3297,114	4461,001	5597,971
1212,75	1451,167	1689,442	1927,498	735,761	497,3413	259,0665	21,00958	-216,75697	2165,264997	3347,212	4511,099	5648,068
1261,53	1499,946	1738,221	1976,278	784,541	546,121	307,8462	69,78927	-167,97729	2214,04468	3395,991	4559,878	5696,848
1321,29	1559,707	1797,982	2036,039	844,302	605,8817	367,6069	129,55	-108,21655	2273,805411	3455,752	4619,639	5756,609
1382,46	1620,883	1859,158	2097,215	905,478	667,0577	428,783	190,726	-47,040505	2334,981461	3516,928	4680,815	5817,785
1445,05	1683,475	1921,749	2159,806	968,069	729,6491	491,3743	253,3174	15,550863	2397,572828	3579,52	4743,407	5880,376
1509,06	1747,481	1985,756	2223,813	1032,076	793,6558	555,381	317,3241	79,557548	2461,579513	3643,526	4807,413	5944,383
1574,48	1812,903	2051,178	2289,235	1097,498	859,0778	620,803	382,7461	144,97955	2527,001516	3708,948	4872,835	6009,805
1641,32	1879,741	2118,015	2356,072	1164,335	925,9151	687,6403	449,5834	211,81687	2593,838838	3775,786	4939,673	6076,642
1709,57	1947,993	2186,268	2424,325	1232,588	994,1678	755,893	517,8361	280,06951	2662,091477	3844,038	5007,925	6144,895
1779,24	2017,661	2255,936	2493,993	1302,256	1063,836	825,5609	587,504	349,73747	2731,759433	3913,706	5077,593	6214,563
1850,32	2088,744	2327,019	2565,076	1373,339	1134,919	896,6442	658,5873	420,82074	2802,842708	3984,789	5148,676	6285,646
1922,82	2161,243	2399,518	2637,575	1445,838	1207,418	969,1428	731,0859	493,31934	2875,341301	4057,288	5221,175	6358,145

Kokonaisvastukset (Fro+Fst+Fi)									
1° ylös	2° ylös	3° ylös	4° ylös	5° ylös	1° alas	2° alas	3° alas	4° alas	5° alas
484,47	722,889	961,163	1199,220	1436,987	7,483	-230,94	-469,21	-707,27	-945,04
487,25	725,671	963,945	1202,002	1439,769	10,265	-228,15	-466,43	-704,49	-942,25
492,86	731,283	969,558	1207,615	1445,381	15,878	-222,54	-460,82	-698,87	-936,64
501,31	739,726	978,001	1216,058	1453,824	24,321	-214,10	-452,37	-690,43	-928,20
512,58	751,000	989,275	1227,332	1465,098	35,594	-202,83	-441,10	-679,16	-916,92
526,68	765,104	1003,379	1241,436	1479,203	49,699	-188,72	-427,00	-665,05	-902,82
543,62	782,039	1020,314	1258,371	1496,138	66,634	-171,79	-410,06	-648,12	-885,88
563,38	801,805	1040,080	1278,137	1515,903	86,400	-152,02	-390,30	-628,35	-866,12
585,98	824,401	1062,676	1300,733	1538,500	108,996	-129,42	-367,70	-605,76	-843,52
611,41	849,828	1088,103	1326,160	1563,926	134,423	-104,00	-342,27	-580,33	-818,10
639,67	878,086	1116,361	1354,417	1592,184	162,680	-75,74	-314,01	-552,07	-789,84
670,75	909,174	1147,449	1385,506	1623,272	193,769	-44,65	-282,93	-520,98	-758,75
704,67	943,093	1181,368	1419,425	1657,191	227,687	-10,73	-249,01	-487,06	-724,83
741,42	979,842	1218,117	1456,174	1693,941	264,437	26,02	-212,26	-450,31	-688,08
781,00	1019,422	1257,697	1495,754	1733,521	304,017	65,60	-172,68	-410,73	-648,50
823,41	1061,833	1300,108	1538,165	1775,931	346,428	108,01	-130,27	-368,32	-606,09
868,65	1107,075	1345,349	1583,406	1821,173	391,669	153,25	-85,03	-323,08	-560,85
923,56	1161,979	1400,254	1638,311	1876,078	446,574	208,15	-30,12	-268,18	-505,94
981,29	1219,715	1457,989	1696,046	1933,813	504,309	265,89	27,61	-210,44	-448,21
1041,86	1280,281	1518,555	1756,612	1994,379	564,875	326,46	88,18	-149,88	-387,64
1105,26	1343,677	1581,952	1820,009	2057,775	628,272	389,85	151,58	-86,48	-324,25
1171,48	1409,904	1648,179	1886,236	2124,003	694,499	456,08	217,80	-20,25	-258,02
1240,54	1478,962	1717,237	1955,294	2193,061	763,557	525,14	286,86	48,81	-188,96
1312,43	1550,851	1789,126	2027,182	2264,949	835,445	597,03	358,75	120,69	-117,07
1387,15	1625,570	1863,845	2101,902	2339,668	910,164	671,74	433,47	195,41	-42,35
1464,70	1703,120	1941,394	2179,451	2417,218	987,714	749,29	511,02	272,96	35,20
1545,08	1783,500	2021,775	2259,832	2497,598	1068,095	829,67	591,40	353,34	115,58
1628,29	1866,711	2104,986	2343,043	2580,809	1151,306	912,89	674,61	436,55	198,79
1714,33	1952,753	2191,028	2429,085	2666,851	1237,347	998,93	760,65	522,60	284,83
1803,21	2041,625	2279,900	2517,957	2755,723	1326,220	1087,80	849,52	611,47	373,70
1894,91	2133,328	2371,603	2609,660	2847,426	1417,923	1179,50	941,23	703,17	465,40
1989,44	2227,862	2466,136	2704,193	2941,960	1512,456	1274,04	1035,76	797,70	559,94
2086,81	2325,226	2563,501	2801,558	3039,324	1609,820	1371,40	1133,13	895,07	657,30
2187,00	2425,421	2663,696	2901,752	3139,519	1710,015	1471,60	1233,32	995,26	757,50
2284,56	2522,980	2761,255	2999,312	3237,078	1807,575	1569,15	1330,88	1092,82	855,06
2404,08	2642,502	2880,776	3118,833	3356,600	1927,096	1688,68	1450,40	1212,34	974,58
2526,43	2764,854	3003,128	3241,185	3478,952	2049,448	1811,03	1572,75	1334,70	1096,93
2651,62	2890,036	3128,311	3366,368	3604,135	2174,631	1936,21	1697,94	1459,88	1222,11
2779,63	3018,050	3256,325	3494,381	3732,148	2302,644	2064,22	1825,95	1587,89	1350,13
2910,47	3148,894	3387,169	3625,225	3862,992	2433,488	2195,07	1956,79	1718,74	1480,97
3044,15	3282,568	3520,843	3758,900	3996,667	2567,163	2328,74	2090,47	1852,41	1614,64

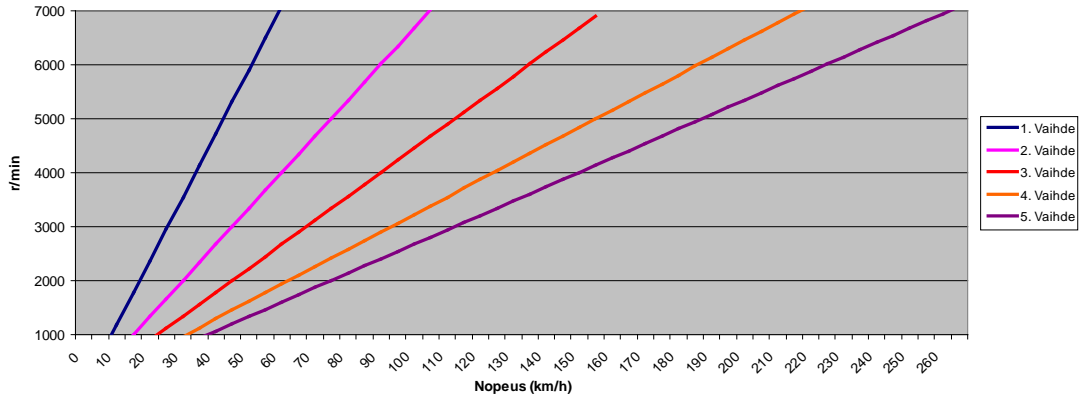
LIITE 4 (4).

Ajotilapiirros

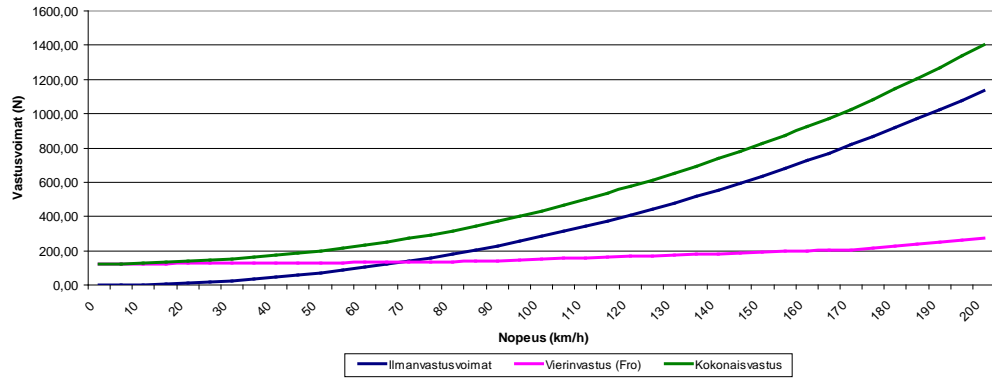
			Hyötsuhd	1								
Vaihdevälit	1	2	3	4	5	perä						
	3,577	2,022	1,348	0,977	0,809	3,95						
kok. välit	14,12915	7,9869	5,3246	3,85915	3,19555							
Renk kierr 1/min	Moot 1/min	1.vaihde	veto1v	2.	veto2v	3.	veto3v	4.	veto4v	5.	veto5v	
0	0,00	0		0		0		0		0		
5	41,81	590,78		333,96		222,64		161,36		133,62		
10	83,63	1181,56		667,91		445,28		322,73		267,23		
15	125,44	1772,35		1001,87		667,91		484,09		400,85		
20	167,25	2363,13	7000,00	1335,83		890,55		645,45		534,46		
25	209,07	2953,91	7400,00	1669,78		1113,19		806,81		668,08		
30	250,88	3544,69	7450,00	2003,74	3800,00	1335,83		968,18		801,69		
35	292,69	4135,48	8100,00	2337,69	3950,00	1558,46		1129,54		935,31		
40	334,50	4726,26	8200,00	2671,65	4200,00	1781,10		1290,90		1068,92		
45	376,32	5317,04	7950,00	3005,61	4150,00	2003,74	2550,00	1452,26		1202,54		
50	418,13	5907,82	7600,00	3339,56	4150,00	2226,38	2650,00	1613,63		1336,16		
55	459,94	6498,61		3673,52	4200,00	2449,01	2750,00	1774,99		1469,77		
60	501,76	7089,39		4007,48	4450,00	2671,65	2850,00	1936,35		1603,39		
65	543,57			4341,43	4550,00	2894,29	2800,00	2097,71	1850,00	1737,00		
70	585,38			4675,39	4600,00	3116,93	2800,00	2259,08	1900,00	1870,62		
75	627,20			5009,35	4500,00	3339,56	2800,00	2420,44	1950,00	2004,23		
80	669,01			5343,30	4400,00	3562,20	2850,00	2581,80	2000,00	2137,85		
85	710,82			5677,26		3784,84	2900,00	2743,17	2000,00	2271,46		
90	752,63			6011,21		4007,48	3050,00	2904,53	2000,00	2405,08	1250,00	
95	794,45			6345,17		4230,11	3100,00	3065,89	2000,00	2538,70	1300,00	
100	836,26			6679,13		4452,75	3100,00	3227,25	2000,00	2672,31	1350,00	
105	878,07			7013,08		4675,39	3050,00	3388,62	2000,00	2805,93	1400,00	
110	919,89					4898,03	3050,00	3549,98	2000,00	2939,54	1450,00	
115	961,70					5120,66	3000,00	3711,34	2050,00	3073,16	1450,00	
120	1003,51					5343,30	2900,00	3872,70	2150,00	3206,77	1450,00	
125	1045,33					5565,94		4034,07	2200,00	3340,39	1400,00	
130	1087,14					5788,58		4195,43	2250,00	3474,00	1400,00	
135	1128,95					6011,21		4356,79	2250,00	3607,62	1400,00	
140	1170,76					6233,85		4518,16	2250,00	3741,24	1400,00	
145	1212,58					6456,49		4679,52	2250,00	3874,85	1400,00	
150	1254,39					6679,13		4840,88	2200,00	4008,47	1400,00	
155	1296,20					6901,76		5002,24	2150,00	4142,08	1400,00	
160	1338,02							5163,61	2100,00	4275,70	1400,00	
165	1379,83							5324,97		4409,31	1450,00	
170	1421,64							5486,33		4542,93	1450,00	
175	1463,46							5647,69		4676,54	1500,00	
180	1505,27							5809,06		4810,16	1550,00	
185	1547,08							5970,42		4943,78	1550,00	
190	1588,89							6131,78		5077,39	1600,00	
195	1630,71							6293,14		5211,01	1600,00	
200	1672,52							6454,51		5344,62	1550,00	
205	1714,33							6615,87		5478,24	1550,00	
210	1756,15							6777,23		5611,85	1550,00	
215	1797,96							6938,60		5745,47	1500,00	
220	1839,77							7099,96		5879,09	1500,00	
225	1881,59									6012,70	1500,00	
230	1923,40									6146,32	1450,00	
235	1965,21									6279,93		
240	2007,02									6413,55		
245	2048,84									6547,16		
250	2090,65									6680,78		
255	2132,46									6814,39		



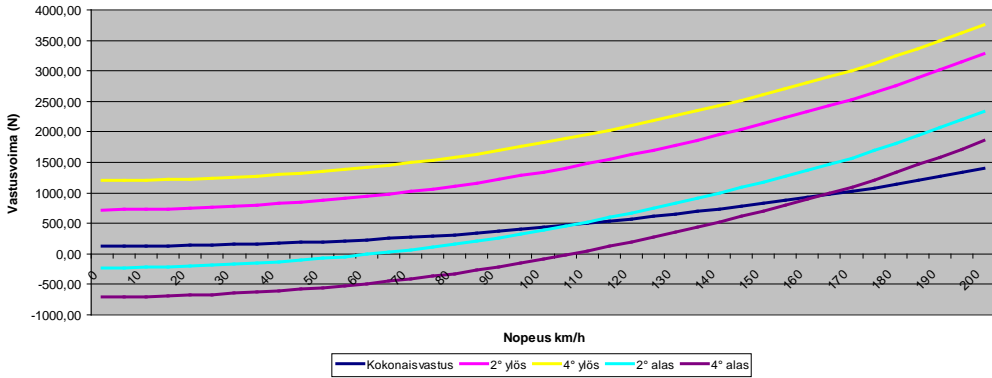
Nopeudet vaihteilla



Vastusvoimat



Mäkilavastukset



Vetovoimat

