

---

# **Auton polttoainetaloudellisuuden parantaminen**



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö

Tuotekehityksen koulutusohjelma

Hämeenlinna

Petri Kaakinen



Tuotekehityksen koulutusohjelma  
Hämeenlinna

Työn nimi                      Auton polttoainetaloudellisuuden parantaminen

Tekijä                              Petri Kaakinen

Ohjaava opettaja              Esa Murtola

Hyväksytty                      \_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.20\_\_\_\_

Hyväksyjä

Hämeenlinna  
Tuotekehityksen koulutusohjelma

---

<b>Tekijä</b>	Petri Kaakinen	<b>Vuosi</b> 2011
<b>Työn nimi</b>	Auton polttoainetaloudellisuuden parantaminen	

---

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoite oli etsiä tietoa auton polttoainetaloudellisuutta parantavista muutoksista ja siitä, mistä tekijöistä polttoaineenkulutus koostuu. Samalla tutkittiin näitä muutoksia ja niiden vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Työhön kuuluu myös oman auton rakentaminen. Aiheen valinta perustuu kirjoittajan omaan aiempaan kokemukseen auton polttoainetta säästävistä muokkauksista sekä kiinnostuksesta taloudellista ajotapaa kohtaan. Työllä ei ole ulkopuolista toimeksiantajaa.

Työ tutkii erikseen aerodynaamisia muutoksia, moottorin muutoksia ja muita mekaanisia muutoksia sekä ajotavan vaikutusta. Saavutettuja parannuksia tutkittiin fyysisillä mittauksilla, joilla mitattiin joko suoraan polttoaineenkulutuksen pientymistä tai auton rullaamaa matkaa. Työn aikana saatiin jonkin verran dataa eri muokkausten ja ajotavan vaikutuksesta polttoaineenkulutukseen. Projektiauton kulutus tippui 0.78 litraa sadalla kilometrillä. Ajotavan vaikutusta tutkittiin toisella autolla. Kulutus ajotavan muutoksen jälkeen tippui 3.5 litraa sadalla kilometrillä.

**Avainsanat** Autoilu, Aerodynamiikka, Ajotapa, Polttomoottorit, Renkaat

**Sivut** 44 s, + liitteet 13 s.

HÄMEENLINNA  
Degree Programme in Product Development

---

<b>Author</b>	Petri Kaakinen	<b>Year</b> 2011
<b>Subject of Bachelor's thesis</b>	Cars fuel economy improvement	

---

ABSTRACT

The goal of this final year project was to find information about modifications that improve car fuel economy and factors affecting fuel consumption, and also to test these modifications and find out how they affect fuel consumption. The author also wanted to build a car of his own. The project was chosen because the author had previous experience of improving car fuel economy and driving economically. The project did not have an external client.

The thesis examines aerodynamic modifications, engine modifications, other mechanical modifications and the effect of driving behavior. The achieved improvements were examined by physical measurements, which measured either the decreasing of fuel consumption directly or the distance the car was coasting. Some data on the effect of different modifications and driving behavior on fuel consumption was obtained during this project. Fuel consumption of the project car decreased by 0.78 liters per one hundred kilometers. The effect of driving behavior was tested on another car. Fuel consumption after the change in driving behavior decreased by 3.5 liters per one hundred kilometers.

**Keywords** Aerodynamics, Economical driving, Internal combustion engines, Motoring, Tires,

**Pages** 44 p + appendices 13 p.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	AERODYNAMIIKKA.....	1
2.1	Esimerkkejä autojen kokonaisilmanvastuskertoimista.....	2
2.2	Tärkeimmät ilmanvastuksen komponentit autojen yhteydessä.....	2
2.3	Etuilmanohjain.....	2
2.4	Takailmanohjain.....	3
2.5	Pohja.....	4
2.6	Pyörät.....	4
2.7	Auton madallus.....	5
2.8	Veneenperä.....	5
2.9	Pyörteentekijät.....	6
2.10	Muut.....	8
3	AUTON PAINON MERKITYS.....	8
3.1	Auton kevennys.....	9
4	MOOTTORI.....	10
4.1	Hyötysuhde.....	11
4.2	Moottorin toiminta.....	11
4.3	Ilmanotto.....	13
4.4	Esilämmitys ja lämpöeristys.....	15
4.5	Muut.....	16
5	SÄHKÖJÄRJESTELMÄ.....	17
5.1	Laturi.....	17
5.2	Valot.....	19
5.3	Tappokatkaisin.....	20
6	MITTARIT.....	20
6.1	Kierroslukumittari.....	21
6.2	Kulutusmittari.....	21
7	RENKAAT.....	22
7.1	Vierinvastus.....	22
7.2	Pyöränkulmat.....	26
8	TALOUDELLINEN AJOTAPA.....	28
8.1	Vinkkejä taloudelliseen ajoon.....	28
8.2	Erikoistekniikat.....	29
9	AUTONI.....	29
9.1	Auton rakennus.....	29
9.2	Mittaustulokset.....	30
9.2.1	Rengaspaineet.....	30

---

9.2.2	Hidastustekniikka .....	31
9.2.3	Ajotavan vaikutus .....	33
9.2.4	Projekti auton kulutus.....	34
9.2.5	Mahdollisia virheitä.....	36
10	AEROCIVIC .....	37
11	TULOKSET .....	43
12	POHDINTA.....	43
	LÄHTEET .....	44

Liite 1	Vinkkejä taloudelliseen ajoon
Liite 2	Kuvia rakennusvaiheesta

## 1 JOHDANTO

Työ käsittelee polttoainetaloudellisuuden parantamista ja siihen vaikuttavien tekijöiden tutkimista. Työtä aloittaessani ensimmäinen asia oli hankkia auto, johon voin toteuttaa erilaisia muokkauksia ja tutkia niiden vaikutuksia. Myös toista autoa käytettiin pienten muokkausten tutkimiseen sekä ajotavan vaikutuksen tutkimiseen. Autoina olivat Peugeot 306 ja Opel Astra G 5D, joista jälkimmäinen toimii omana käyttöautonani. Suuremmat muutokset tehtiin Peugeottiin, jota ei juuri tarvinnut varoa ja johon tehtiin muutoksia rankemmalla kädellä. Opelina käytettiin lähinnä tutkittaessa ajotavan vaikutusta polttoaineenkulutukseen ja tulokset perustuvatkin pidempiaikaisiin havaintoihin jokapäiväisessä arkiajossa.

Työ jakaantuu moneen osaan, joista jokainen koskee jollakin tavalla polttoaineenkulutusta ja sen pienentämistä. Aerodynamiikan perusteista siirrytään käytännön sovelluksiin, moottoriin, sähkölaitteisiin ja renkaisiin ja moneen asiaan niiden väliltä.

Työssä esitetään joitakin tekemiäni mittaustuloksia ja laskelmia, joiden tarkoitus on tukea tekstissä kerrottuja asioita. Mittauksia on tehty esimerkiksi rengaspaineen vaikutuksesta vierinvastukseen, mitattu ja laskettu parasta hidastustekniikkaa sekä tehty laaja mittaus projektiauton polttoaineenkulutuksesta. Työssä on myös sivuttu ilmavirran käyttäytymistä auton pinnalla ja tutkittu tätä ilmiötä.

## 2 AERODYNAMIIKKA

Aerodynamiikka tutkii ilman ja kiinteiden kappaleiden vuorovaikutusta niiden liikkessa toistensa suhteen. Tässä työssä keskityn ilmanvastukseen ja sen pienentämiseen. Ilmanvastuksella on etenkin maantienopeuksissa varsin suuri vaikutus polttoaineenkulutukseen. Ilmanvastusta arvioitaessa voidaan käyttää apuna ilmanvastuskerrointa (Useimmiten  $C_d$ ,  $C_x$  tai  $C_w$ ), jonka auton valmistaja yleensä autolle määrittää. Ilmanvastuskerroin ei itsessään kerro vielä paljoakaan siitä miten hyvin auto ilmavirtauksen läpi kulkee, vaan sen lisäksi tarvitaan tieto auton otsapinta-alasta ( $A$ ). Otsapinta-ala on suoraan auton edestä katsottuna se pinta-ala, jonka auton etuprojektio peittää. Ilmanvastuskerroin ja otsapinta-ala yhdistettynä saadaan kokonaisilmanvastuskerroin ( $C_d \cdot A$ ), joka antaa jo enemmän tietoa auton kyvystä kulkea ilmassa läpi. Auto, jolla on pieni ilmanvastuskerroin, mutta suuri otsapinta-ala, voi siis olla aerodynaamisesti tarkasteltuna huonompi kuin suuren ilmanvastuskertoimen, mutta pienen otsapinta-alan omaava auto.

Ilman aiheuttaman vastusvoiman voi laskea Newtonin vastuslain kaavalla:

$$F_v = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_d \quad (1)$$

jossa  $F_v$  on vastusvoima,  $\rho$  ilman senhetkinen tiheys,  $v$  kappaleen senhetkinen nopeus,  $A$  kappaleen poikkipinta-ala liikettä kohtisuorassa suunnassa ja  $C_d$  ilmanvastuskerroin.

## 2.1 Esimerkkejä autojen kokonaisilmanvastuskertoimista

Alla muutamia esimerkkejä joidenkin henkilöautojen ilmanvastus- ja kokonaisilmanvastuskertoimista. Tiedot poimittu ja lisää autoja Internetissä osoitteissa <http://www.ajovalo.net/Ilmanvastus8.htm>  
<http://www.ajovalo.net/Ilmanvastus9.htm>

Taulukko 1 Autojen kokonaisilmanvastuskertoimia

Auto	Vuosi	A	Cd	Cd*A
Opel Calibra Turbo	91-	1.9	0.26	0.494
Opel Calibra	97	1.9	0.27	0.513
Audi A2 TDI 1.2	01-	2.16	0.25	0.54
MB C 180-240	00-	2.08-2.09	0.26	0.5408
BMW 318i	98-01	2.06	0.27	0.5562
Opel Astra	98	2.03	0.29-0.30	0.5887 - 0.609
Peugeot 306	93-	1.91	0.33-0.34	0.6303 – 0.6494
Volvo XC90	02-	2.75	0.34-0.36	0.935 – 0.99

## 2.2 Tärkeimmät ilmanvastuksen komponentit autojen yhteydessä

Kokonaisilmanvastus koostuu monista komponenteista, eli ilmavirtaukseen liittyvistä osatekijöistä, jotka jokainen vaikuttavat omalla tavallaan kappaleen aerodynamiikkaan.

**Kitkavastus:** Johtuu ilman viskooseista ominaisuuksista, eli ilman sisäisestä vastuksesta.

**Painevastus:** Eli kappaleen aiheuttamat ilmanpaine-erot sen liikuessa ilmassa. Auto esimerkiksi vetää perässään pyörteistä matalapaineista aluetta.

**Interferenssivastus:** Syntyy kun virtaus jälleen yhdistyy virrattuaan pinnan yli. Esimerkiksi ilmavirta kulkee auton renkaan sivuitse yhdistyen jälleen sen takana.

**Loisvastus:** Syntyy auton koriin liitetyistä pienistä osista, kuten radioantenneista, ilmanottoaukoista, ovenkahvoista jne.

## 2.3 Etuilmanohjain

Etuilmanohjain, englanninkielessä air-dam, on auton etuosaan kiinnitettävä osa, jonka tarkoituksena on peittää ylimääräiset aukot auton keulassa ja parantaa näin ilmavirtauksen kulkua. Ilma virtaa paremmin auton keulan ympäri vähentäen näin ilmanvastusta. Ilmanohjaimen tulee ulottua alimmalta kohdaltaan samalle tasolle auton pohjan alimpien osien kanssa. Näin saadaan aikaan paras vaikutus. Liian alas ulottuva ilmanohjain lisää vain turhaan auton ot-sapinta-alaa. Etuilmanohjain siis peittää monessa tapauksessa suuren osan auton

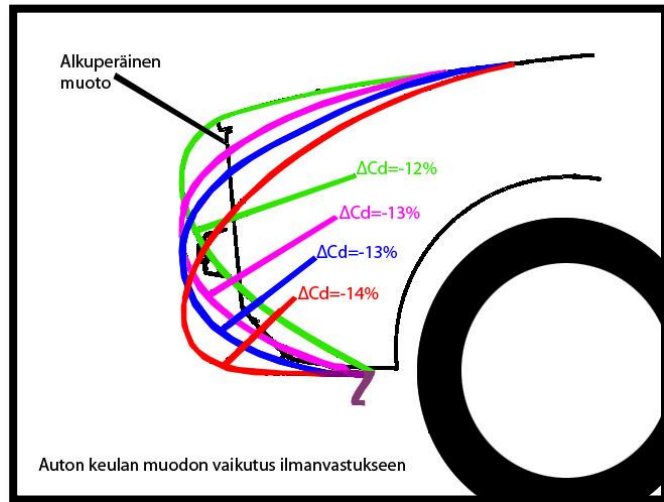


Kuva 1. Etuilmanohjain



jäähdytysilmanottoaukoista. Tästä ei kuitenkaan ole haittaa auton jäähdytysjärjestelmälle, joka on yleensä mitoitettu suoriutumaan vaativista olosuhteista, kuten asuntovaunun vedosta kuumalla säällä. Jäähdytysaukkojen peitossa on kuitenkin syytä käyttää harkintaa ja tarkkailla moottorin lämpömittaria ensimmäisten kilometrien aikana, kunnes voidaan varmistua siitä, ettei moottorilla ole vaaraa ylikuumentua. Kuvan autossa on avoinna ainoastaan yksi kapea ilmanottoaukko maskissa, eivätkä lämmöt ikinä nousseet normaalia korkeammalle.

Etuilmanohjainta suurempi vaikutus saadaan muotoilemalla koko keula uudestaan. Tämä vaatii kuitenkin aikaa ja hieman enemmän rahaa, joita kumpaakaan ei tässä projektissa ollut. Keulaa olisi joutunut pidentämään todella paljon, jotta muodosta olisi saatu paras mahdollinen. Lisäksi auton ilme olisi muuttunut paljon, kun se tässä projektissa oli tarkoitus pitää melko lähellä alkuperäistä. Viereisessä kuvassa on havainnollistettu erilaisten keulamutojen vaikutus ilmanvastukseen.



Kuva 2. Keulan muodon vaikutus ilmanvastukseen (Ecomodders 2008)

### 2.4 Takailmanohjain

Takailmanohjain, englanniksi kammback, on auton takaosaan liitettävä ilmanohjain, joka vaikuttaa ilman liikkeeseen auton takana. Katon yli virtaava ilma seuraa alas kaartuvaa ilmanohjaimen pintaa ja taipuu siis alaspäin, jolloin auton takana olevaa matalapaineista aluetta saadaan pienennettyä. Näin auton jättävä ilmavirtaus aiheuttaa vähemmän ilmanvastusta. Tämäntyyllisen ilmanohjaimen tarve on suurin pystyperäisissä autoissa, joiden perää ei ole muotoiltu ohenevaksi.



Kuva 3. Takailmanohjain

Coupémaisissa suippoperäisissä autoissa taas auton alkuperäinen perän muotoilu on jo hyvin lähellä optimaalista. Myös useimmissa sedaneissa ja hatchbackeissa takalasi on niin viisto, että ilmavirta seuraa sitä melko hyvin, eikä tämäntyyllisille ratkaisuille ole tarvetta.

### 2.5 Pohja

Auton pohjan muoto ja tasaisuus ovat tärkeitä asioita pyrittäessä matalaan ilmanvastukseen. Mitä tasaisempi pohja on, sitä vähemmän ilmavirralla on mahdollisuuksia muodostaa haitallisia pyörteitä ja sitä sulavammin ilmavirta kulkee auton ali. Auton pohjassa on paljon ilmavirtausta estäviä tekijöitä, kuten pakoputki, pyöräntuennat, mahdollinen vetokoukku ja usein jopa takapuskuri. Takapuskuri muodostaa joissakin autoissa auton alle kuppimaisen rakenteen, joka toimii kuin laskuvarjo. Monissa uusissa nykyautoissa onkin huolehdittu pohjan tasaisuudesta pohjaan lisättyjen muovilevyjen avulla. Monissa etenkin kalliimman hintaluokan autoissa, kuten Mercedes-Benzissä on ollut auton etuosassa moottorin alla jonkinlainen ilmanohjain jo pitkään, jopa 80-luvulta asti. Nykyajan vastaavissa autoissa ajatus on viety vielä pidemmälle ja pohja on peitetty lähes kokonaan. Halvemman hintaluokan autoissa taas ei ole pohjassa välttämättä minäänlaista ilmanvastusta parantavaa rakennetta.

Pohjan tasoitus onnistuu myös kotikonstein. Esimerkiksi muovi on hyvä materiaali pohjan tasoittamiseen, mutta pakoputken peittäminen muovilla kannattaa miettiä toisenkin kerran. Pakoputki saattaa kuumentua yllättävän paljon. Pelti on hyvä vaihtoehto tähän kohtaan, tai miksi ei vaikka koko pohjaan. Pelti toisaalta ruostuu, mutta tarjolla on tietysti sinkittyjäkin levyjä, tai ruostumattomasta teräksestä tehtyjä levyjä, joita voi työhön käyttää, mutta hinta saattaa tulla esteeksi. Alumiinilevy taas on kevyttä, eikä korroosio iske siihen niin pahasti kuin peltiin, mutta sekin on kallista.

Auton pohjaan voi aluksi tehdä muotin vaikkapa pahvista, jonka kanssa on helppo haakea muotoja ja kiinnitysreikiä. Tämän pahvin avulla on myöhemmin helppo leikata metallilevystä oikeanmuotoinen kappale, tai kappaleita, jotka kiinnitetään auton pohjaan. Pohjasta löytyy usein paljon kaikennäköisiä kiinnityspultteja ja ruuveja, joita voi käyttää pohjalevyn kiinnitykseen. Vanhemmassa autossa ei ole välttämättä väliä sillä, mihin levyn kiinnittää ja miten. Muovihelmoihin ja puskureihin voi levyn kiinnittää alapuolelta vaikka ruuveilla. Uudemmassa autossa sen sijaan on miettimistä enemmän, jos ei halua ylimääräisiä reikiä autoonsa.

### 2.6 Pyörät

Myös pyörät kasvattavat auton ilmanvastuskerrointa. Ilmanvastusta voidaan kuitenkin pienentää helpottamalla ilmavirran kulkua pyörän ohi. Tämä tapahtuu pyörien omilla ilmanohjaimilla, pölykapseleilla ja sivuhelmoilla.

Pyöränkotelot voi myös peittää kokonaan, mikä on ilmanvastuksen pienentämisen kannalta paras vaihtoehto. Pyörien ilmanohjainten tarkoitus on auttaa ilmavirtaa kulkemaan sulavammin pyörän ohi. Tämän voi toteuttaa etupyörien eteen asennettavilla ohjaimilla joka jakaa ilmavirran kulkemaan pyörän molemmin puolin, jolloin pyörän etupintaan kohdistuu vähemmän painevastusta. Etupyörän taakse tulee pyörän levyinen helma joka jatkuu takapyörään asti. Tämän tarkoitus on estää ilmavirtaa palaamasta pyörän taakse ja aiheuttamasta pyörteitä, jotka lisäisivät ilmanvastusta sekä estää ilmavirtaa taas törmäämästä takapyörän etupintaan. Takapyörän taakse taas tulee rakenne joka sallii ilmavirran sulavan yhdistymisen, jolloin pyörteet ja alipaine pyörän takana vähenevät.

Pölykapselit taas estävät vanteen aiheuttaman ilmavirran pyörteilyn ja ilmavirta kulkee tasaisemmin koko pyörän ohi. Tämä tarkoittaa sitä, että pölykapselin tulee olla mahdollisimman tasainen ja suljettu. Tämän kaltaista ideaa on käyttänyt nykyajan tuotantoau-

toista Volvo DRIVE malleissaan, joissa vanne on tavanomaiseen vanteeseen verrattuna varsin umpinainen ja tasainen. Pyöränkotelot voi myös peittää kokonaan, jolloin pölykapselit ei tarvita ja ilmavirta kulkee koko pyöränkotelon ohi sulavasti ja pyörteilemättä. Normaalisti pyöränkotelot itsessään jo aiheuttavat suuria häiriöitä ilmavirtaukseen.



Kuva 4. Volvo DRIVE vanne

Takapyörän kotelo voi olla kyljen kanssa tasainen, mutta etupäähän pitää keksiä ratkaisu, joka sallii etupyörän kääntymisen. Yleensä tämä on tarkoittanut peitinlevyn pullistamista ulospäin tai sen sallimista aueta hieman alareunastaan, kun pyörä osuu levyssä olevaan vanteeseen. Kiinni vetämisestä taas huolehtii jousikuorma. Jos pyöriä ei haluta koteloida, on yksi vaihtoehto hakata pyöränkotelon takareunaa sisäänpäin ja poistaa näin terävä reuna joka vaikeuttaa ilmavirran kulkua. Tämä ei tietenkään ole yhtä tehokas tapa kuin pyörien kotelointi, mutta luonnollisesti parempi kuin ei mitään.

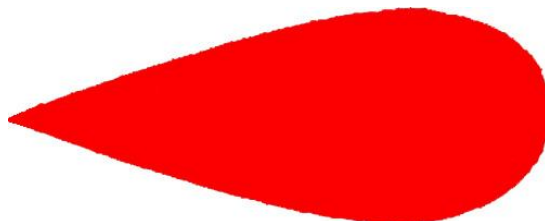
### 2.7 Auton madallus

Auton madallus helpottaa auton kulkua ilmassa läpi vähentämällä otsapinta-alaa ja antamalla pyörien täyttää pyöränkotelot paremmin, jolloin pyöränkoteloihin syntyvien häiritsevien ilmavirtausten määrä ja vaikutus vähenee. Vaikutus otsapinta-alaan on kuitenkin varsin pieni. Otsapinta-alan muutos autoa madaltaessa perustuu pyörän näkyvyyteen auton alta, autoa edestä katsoen. Mitä pienempi osa pyörästä on näkyvässä, sitä pienempi on myös otsapinta-ala.

### 2.8 Veneenperä

Veneenperä olkoon sopiva suomennos englanninkielisen sanalle boat tail. Veneenperä tarkoittaa koko auton perän muotoilemista sikarimaisen kapenevaksi, kuten veneissä usein on tapana tehdä. Perä siis suippenee loivasti ja antaa koko autolle hieman pisaramaisen muodon. Tällöin ilmavirran kulku auton takapäällä on hyvin lähelle optimoitu ja kaikenlaiset pyörteet ja alipaineiset alueet minimoitu. Ilmavirta pääsee yhdistymään auton takana aiheuttaen mahdollisimman vähän vastusta. Tämän muutoksen vaikutus auton polttoaineenkulutukseen on yksi suurimmista yksittäisistä vaikutuksista, mutta vaikutus ulkonäköön on samoin varsin suuri. Harva haluaa autostaan avaruussukkulan näköistä, vaikka se puolittaisi polttoaineenkulutuksen. Tämä oli yhtenä syynä valtavan työmäärän lisäksi siihen, että omassa projektissani en tähän muutokseen lähtenyt.

Aerodynaamisesti hyväksi todettu muoto, jota auton muotoilun tulisi seurata, on pisaramuoto, jonka korkeuden suhde pituuteen on 1:2.5 (Ecomodders 2008). Jotkut autot onkin suunniteltu tämän pohjalta ja etenkin hybridi-autoissa on nähtävissä varsin pisaramaista muotoilua auton takapäällä osalta. Samaan muotoon pyritään, jos autoon lähdetään rakentamaan veneenperää.



Kuva 5. Pisaramuoto 1:2.5

Alla olevassa kuvassa on sovitettu pisaramuoto Honda CR-Z hybridiauton päälle. Kuvasta selviää, että auto on muotoiltu hyvin pisaramaiseksi. Tosin kuvan pisaraa on jouduttu kallistamaan hieman eteenpäin, jotta muoto on tarkka. Joitakin muotoilullisia vaihtoehtoja autoa suunniteltaessa on siis ilmeisesti tehty.



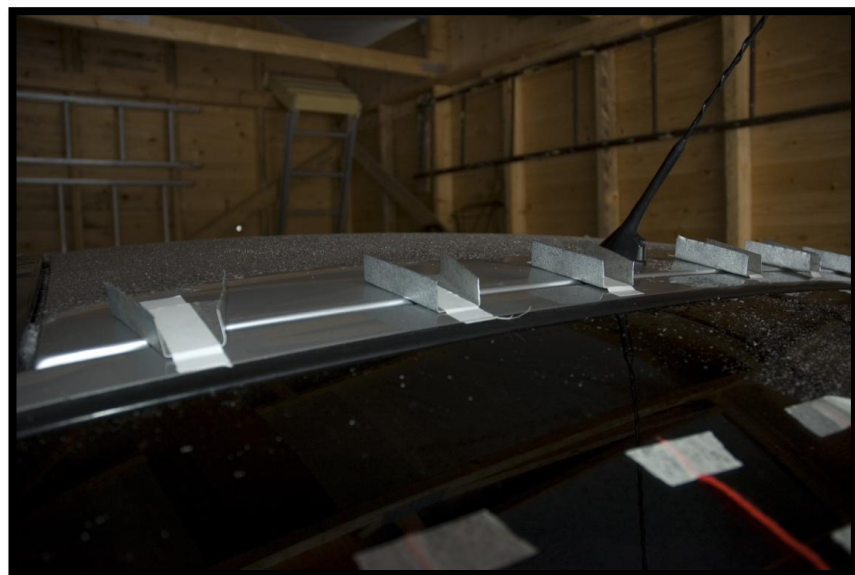
Kuva 6. Honda CR-Z pisaramuoto

### 2.9 Pyörteentekijät

Pyörteentekijät, englanniksi vortex generators, luovat nimensä mukaisesti pyörteitä. Pyörteet eivät aina ole haitallisia, vaan niillä voidaan parantaa oikeissa paikoissa ilman laminaarista virtausta. Laminaarinen virtaus on turbulentsin virtauksen vastakohta.

Laminaarisessa virtauksessa ilma kulkee tasaisesti lähellä pintaa eikä sekoitu keskenään. Ilmamassan läpi kulkevan esineen pinnassa on ohut niin sanottu rajakerros, joka vaikuttaa ilmanvastukseen.

Jos rajakerros on laminaarinen, se auttaa ilmamassaa kulkemaan esineen ohi aiheuttamatta suurta vastusta.



Kuva 7. Pyörteentekijät Opel Astran katolla

Turbulenttinen rajakerros taas aiheuttaa suurta vastusta. Laminaarinen rajakerros pysyy pinnan lähellä paikallaan luoden näin ikään kuin liukkaan kalvon kappaleen pintaan.

Pinnasta ylöspäin noustessa ilman suhteellinen nopeus pintaan nähden kasvaa vähitellen. Autonkin tapauksessa laminaarinen virtaus olisi siis tavoittelemisen arvoinen asia. Otetaan esimerkiksi vaikkapa takaikkuna, jossa tutkin pyörteentekijöiden vaikutusta. Jos auton takaikkunan kulma on liian suuri, irtoaa rajakerros lasin pinnasta ja virtaus muuttuu turbulenttiseksi. Loivassa takaikkunassa tätä ei tapahdu, koska ilmavirta pystyy taipumaan ikkunan suuntaiseksi. Suhteellisen jyrkänkin takaikkunan tapauksessa ilmavirtaus voidaan kuitenkin muuttaa jälleen laminaariseksi pyörteentekijöillä.

Pyörteentekijä luo itsensä taakse pienen pyörteen, joka aiheuttaa ilmavirran imeytymisen taas takaisin ikkunan pintaan. Tutkin pyörteentekijöiden vaikutusta omassa käyttöautossani, joka on Opel Astra G 5D. Eli viisiovinen hatchback. Pyörteentekijät tein itse taivuttelemalla pellistä ja niiden vaikutusta tutkin villalangan avulla. Kiinnitin takalasiin villalangan pätkiä ja tutkin niiden liikettä autolla ajon aikana 80 km/h tuntinopeudessa. Havaitsin tosin, että ilman ilmanohjaimia virtaus alkoi muuttua turbulenttiseksi jo alle 40 km/h nopeudessa, joten ainakin tässä tapauksessa pyörteentekijöistä olisi apua jo kaupunkinopeuksista lähtien. Laminaarisessa virtauksessa siis villalangat pysyvät takalasin pinnassa paikallaan kuin liimattuna ja turbulenttisessa virtauksessa ne taas heiluvat edestakaisin täysin hallitsemattomasti. Kiinnostava yksityiskohta jonka kokeen aikana huomasin, on se, että turbulenttisessa virtauksessa pyörteet ovat niin voimakkaita, että ne saattavat kääntää jotkin villalangat osoittamaan täysin päinvastaiseen



Kuva 8. Turbulenttinen virtaus

suuntaan, eli ylöspäin. Ja lanka vieläpä pysyy tässä asennossa heiluen vain vienosti sivuttain. Oheiset kuvat havainnollistavat pyörteentekijöiden vaikutusta ilmavirtaukseen takalasin pinnassa. Ylempi kuva on otettu ilman pyörteentekijöitä ja kuvassa näkyy sinne tänne sojottavia villalangan pätkiä. Tämä kertoo turbulenttisesta virtauksesta. Alempi kuva taas on



Kuva 9. Laminaarinen virtaus

otettu pyörteentekijöiden kanssa ja tässä ku-

vassa villalangat ovat kaikki samassa linjassa ja pysyvät paikallaan. Tämä kertoo kyseessä olevan laminaarisen virtauksen.

Toistin kokeen vielä myöhemmin tekemällä samanlaiset ilmanohjaimet BMW E36 – malliseen nelioviseseen autoon. Tulos oli hyvin samankaltainen kuin Opelissakin. Normaalisti ilman virtaus oli etenkin lasin keskiosassa varsin turbulenttista ja sivuilla laminaarisempaa ja ilmanohjaimien kanssa virtaus saatiin laminaariseksi kauttaaltaan.

### 2.10 Muut

Ryhmään muut kuuluvat kaikki pienosat jotka aiheuttavat loisvastusta ja joiden vaikutus olisi tästä syystä hyvä eliminoida. Tällaisia ovat esimerkiksi peilit, antennit ja kyljen ritilät. Tieliikennelain 6 luku 97 § sanoo, että:

*1. Muussa kuin M<sub>1</sub>- ja N<sub>1</sub>-luokan autossa tulee olla korin kummallakin puolella ulkopuolinen taustapeili. M<sub>1</sub>- ja N<sub>1</sub>-luokan autossa tulee olla taustapeili korin vasemmalla puolella ja, jos auton takaikkunasta ei ole näkyvyyttä, korin kummallakin puolella. M<sub>1</sub>- ja N<sub>1</sub>-luokan autossa tulee lisäksi ohjaamon sisällä olla taustapeili, ei kuitenkaan autossa, jossa ei ole näkyvyyttä takaikkunasta.*

Tämä tarkoittaa sitä, että autosta jossa on takaikkunasta näkyvyys ulospäin, voi poistaa oikeanpuoleisen sivupeilin. Tämä taas tarkoittaa pienempää ilmanvastusta. Vasemman puoleisen peilin taas voi vaihtaa pienempään ja virtaviivaisempaan. Antennin aiheuttama vastus voi tuntua pieneltä, mutta kannattaa muistaa, että monen pienen asian summasta tulee suuri, joten antenni voi myös olla poistettavien listalla. Turhat raot ja pykälät koripelleissä kannattaa tasoittaa. Tähän käy vaikka läpinäkyvä teippi, joka ei näy liiaksi eikä olen turhan pysyvä vaihtoehto, jos tulee tarve peltien vaihtoon tai ovien avaamiseen.

Tuulilasinyyhkijät tuovat tietysti hieman loisvastusta, mutta niiden poisto taas ei ole kovin varteenotettava vaihtoehto. Tämän ovat monet ratkaisseet konepellin takareunaan asennetuilla ilmanohjaimilla, jotka ohjaavat ilmavirran tuulilasinyyhkijöiden yli tuulilasille. Jotkut taas pitävät irrotetut tuulilasinyyhkijät mukana autossa ja asentavat paikalleen, jos sade yllättää. Pyyhkijän asennus on nopea toimenpide, mutta kannattaa miettiä onko se vaivan arvoista.

## 3 AUTON PAINON MERKITYS

Auton massalla on merkitystä polttoaineenkulutukseen. Mitä suurempi on auton massa, sitä enemmän tarvitaan energiaa sen kiihdyttämiseen tavoitenoiteeseen. Liikkuvaan kappaleeseen varastoituu kineettistä energiaa, eli liike-energiaa. Jos tietyllä nopeudella kulkevalla kappaleella on tietty liike-energia, on kappaleen kiihdyttämiseen tähän noiteeseen tarvittu sama energia. Tämä energia voidaan laskea kaavasta:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \tag{2}$$

jossa  $E_k$  on kineettinen energia,  $m$  on massa ja  $v$  on kappaleen nopeus.

Kevyt auto siis kuluttaa vähemmän polttoainetta kuin painava auto. Tämän vuoksi auton polttoainetaloudellisuuden parantamisessa auton kevennys on yksi keskeisistä asioista. Se, miten paljon auton mukavuutta ja äänieristystä tahtoo asian puolesta uhrata, on jokaisen oman päätöksen takana. Vanhasta muutaman satasen autosta on pienempi kynnykslähteä tiputtamaan kuin uudenkarheasta kalliista autosta, eikä muutos mukavuudessa ja metelissäkään ole kummoinen. Kumpikaan asia kun ei ole vanhassa halvassa autossa kohdallaan muutenkaan. Päätös riippuu myös auton käyttöympäristöstä. Paljon kaupungissa ajava hyötyy auton laihdutuskuurista enemmän kuin paljon maantietä ajava. Kaupungissa autoa kiihdytetään jatkuvasti, kun taas maantiellä meno on tasaisempaa ja kiihdytyksiä paljon vähemmän. Maantiellä tasaisella nopeudella ajettaessa auton massalla on hyvin pieni merkitys polttoaineenkulutukseen. Ainoa ero kevyen ja painavan auton välillä on renkaan vierinvastus. Painavassa autossa vierinvastus samanlaisella renkaalla on suurempi kuin kevyessä autossa.

### 3.1 Auton kevennys

Auton massaa on helppo vähentää ja siitä voi saada yllättävänkin paljon pois varsin pienellä työllä. Sen sain itse kokea omaa projektiani tehdessäni. Parin tunnin työllä sain puristettua autosta pois 117 Kg. Tämän seurauksena autosta tuli kuitenkin varsin askeettinen.

Autosta poistettuja asioita olivat:

- kaikki äänieristykset
- kaikki ovipaneelit takaluukku myöden
- takalasinpyyhin moottoreineen
- takapenkki
- varapyörä
- vetokoukku
- kattoverhoilu
- soitin ja kaiuttimet
- sekä lukematon määrä pientä osaa ympäri autoa.

Autosta olisi saanut vielä enemmänkin riisuttua painoa pois, mutta tämä olisi vaatinut esimerkiksi konepellin ja lokasuojien vaihtoa kevyempiin. Se taas olisi lisännyt kustannuksia, eikä ole siis tällaisessa projektissa tarkoituksenmukaista. Muutos kun ei olisi maksanut itseään ikinä takaisin. Edes näin suureen kevennykseen kuin minkä itse tein, ei monen kohdalla varmasti ole tarvetta lähteä päivittäisessä käytössä olevan auton kanssa. Auto kun muuttuu varsin epämukavaksi nousseen sisämelun ja sisustan ulkonäön takia.

Kuitenkin asia josta jokainen voi pitää huolta oman autonsa kanssa, vaikka ei autoa olisi valmis keventämään, on se, ettei omalla toiminnallaan lisää auton massaa tarpeettomasti. Kannattaa siis pitää auto puhtaana kaikesta ylimääräisestä rojusta, mitä sinne joskus saattaa eksyä. Koko takaluukullinen täynnä turhaa tavaraa kun vaikuttaa varmasti polttoaineenkulutukseen epäsuotuisalla tavalla.

Auton kevennyksen hyödyistä kiihdytyksessä voidaan tehdä jonkinlainen suuntaa-antava laskelma. Tiedämme, että ottomoottorin terminen hyötysuhde on tyypillisesti noin 20-

25 %:n luokkaa. Tästä ottavat osansa vielä voimansiirto ja mahdolliset lisälaitteet, kuten esimerkiksi ilmastointi tai sähkölaitteet. Kun laskemme moottorin tuottamaa energiaa yhden kiihdytyksen aikana, on lisäksi huomioitava auton liikettä vastustavat voimat, kuten ilmanvastus ja renkaiden vierinvastus. Tämä voidaan tehdä vähentämällä suoraan hyötysuhteesta. Laskelmaa sekoittaa vielä se, että tyypillisessä kiihdytystilanteessa, kun kaasu on paljon auki ja ollaan moottorin parhaan vääntöalueen tienoilla, on hyötysuhde huomattavasti korkeampi. Laskelma on joka tapauksessa suuntaa antava, koska täysin tarkkaa hyötysuhdetta on täysin mahdoton tietää. Sanokaamme siis, että kokonaishyötysuhde yhden kiihdytyksen aikana on 15 %.

Kun tiedämme käyttämäni auton, Peugeot 306:n, omamassan, joka on rekisteriotteen mukaan 1030 kg, voimme laskea kiihdytyksen 0-100 km/h viemän energiamäärän:

$$100 \frac{km}{h} * 3.6 = 27.7 m/s$$
$$\frac{1}{2} * 1030 * kg * 27.7^2 * m/s^2 = 395154J$$

15 % hyötysuhteella tämä on:

$$395154J/0.15 = 2634360J$$

Kun tiedämme, että bensiinikilo sisältää energiaa noin 43 MJ/kg ja bensiinin tiheys on 0.75 kg/l, saadaan:

$$\frac{2.634360}{43} / 0.75 = 0.082$$

Kyseinen auto siis kuluttaisi kiihdytyksen aikana 82 millilitraa bensiiniä. Kevennettynä, eli 117 kg kevyempänä, auto painaa enää 913 kg ja tällä massalla kyseiseksi lukemaksi saadaan 72 millilitraa, eli ero on noin 12 %.

## 4 MOOTTORI

Moottori, auton sydän, on lämpövoimakone, joka muuntaa polttoainetta lämmöksi ja lämpöä liikkeeksi. Moottori siis kuluttaa polttoainetta, ja miten paljon se sitä kuluttaa, riippuu monesta tekijästä. Näistä osaan kuluttajakin voi vaikuttaa, kun polttoaineenkulutusta halutaan pienentää. Tavallisessa henkilöautossa käytettäviä moottorityyppejä ovat nelitahtinen mäntämoottori, joka käyttää Otto-työkiertoa, tai joissakin tapauksissa Atkinson-työkiertoa sekä Dieselmoottori ja joissakin harvoissa tapauksissa kiertömäntämoottori, eli Wankelmoottori.

Atkinson-työkierto eroaa Otto-työkierrosta siten, että työtahtia on pidennetty myöhästämällä pakoventtiilin aukeamista, jolloin laajenevat kaasut saavat työntää mäntää alaspäin pidempään sekä myöhästämällä imuventtiilin sulkeutumista puristustahdin aikana, jolloin mäntä saa liikkua hetken vapaammin. Palotila on kuitenkin pienempi kuin tavallisessa Ottomoottorissa, jolloin puristuspaine pysyy samana. Tällä tavoin Atkinson-työkiertoa hyödyntävän moottorin hyötysuhdetta on saatu nostettua, mutta se tapahtuu tehon ja väännön kustannuksella. Näitä moottoreita käytetään lähinnä hybridi-autoissa, kuten Toyota Priuksessa.



#### 4.1 Hyötysuhde

Moottorin hyötysuhde riippuu siitä, miten paljon lämpöä voidaan muuttaa työksi. Moottori voidaan ajatella lämpövoimakoneena, jonka terminen hyötysuhde voidaan laskea yksinkertaistetusti kaavasta

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (3)$$

missä  $\eta$  on hyötysuhde,  $Q_1$  on lämpövaraston lämpötila ja  $Q_2$  kylmävaraston lämpötila. Lämpötilat Kelvineinä.

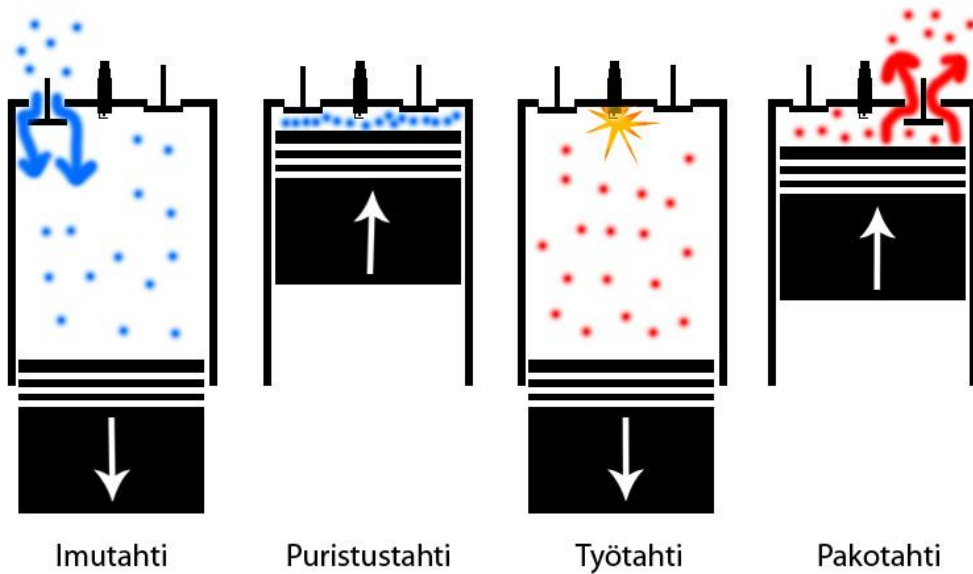
Kaavasta nähdään, että hyötysuhde on sitä suurempi, mitä suurempi määrä lämpöä saadaan hyödynnettyä koneessa. Helpoin tapa parantaa moottorin hyötysuhdetta, on parantaa moottorin hengitystä, eli pienentää imu- ja pakokanavien virtausvastuksia. Puristusasteen nosto on yksi tekijä, joka vaikuttaa moottorin hyötysuhteeseen sitä parantavasti, mutta käänköpuolena tässä on moottorin nakutusherkkyyden nouseminen.

Nakutus tarkoittaa moottorissa olevan ilma-polttoaineseoksen liian aikaista palamista, joka laskee tehoa ja huonontaa moottorin toimintaa. Pitkään jatkuessaan nakutus voi rikkoa moottorin. Nykyaikaisissa moottoreissa nakutusta ei pääse syntymään, koska moottorin nakutuksentunnistin tunnistaa sen ja pyrkii poistamaan sen muun muassa myöhästämällä sytytystä. Tämäkin aiheuttaa tehon pienenemistä. Nakutusta voidaan estää käyttämällä korkeampioktaanista bensiiniä, jonka puristuskestävyys on suurempi, joten se ei syty puristuksen ja lämmön vaikutuksesta itsestään yhtä helposti kuin matalaoktaaninen bensiini. Korkeaoktaaninen bensiini tai oktaaninkorote tietysti maksaa enemmän kuin tavallinen 95 oktaaninen ja tämä taas tarkoittaa kustannusten nousua, joka ei ole tavoittelemisen arvoinen asia ainakaan tässä tapauksessa.

#### 4.2 Moottorin toiminta

Nelitahtimoottorin toiminta perustuu polttoaineen polttamiseen sylinterissä, jossa oleva mäntä työntyy palamiskaasujen laajenemisen voimasta alaspäin ja pyörittää kampiakselia, joka muuntaa edestakaisen liikkeen pyöriväksi liikkeeksi, joka taas voimansiirron välityksellä pyörittää auton pyöriä.

Ottomoottorin toiminta voidaan jakaa osiin, joita kutsutaan tahdeiksi. Imutahdin aikana mäntä liikkuu alaspäin ja imee sylinteriin imukanavasta ilman ja polttoaineen seosta. Kun mäntä on alhaalla, sulkeutuu imuventtiili ja mäntä alkaa liikkua ylöspäin. Alkaa puristustahti, jonka aikana seosta puristetaan kasaan. Kun mäntä saavuttaa yläkuolokohdansa, eli on ylimmässä asennossaan, alkaa työtahti, jolloin polttoaineseos sytytetään sytytystulpan antamalla kipinällä, jolloin seos nopeasti palaessaan laajenee ja pakottaa männän alaspäin. Näin saadaan aikaan autoa eteenpäin kuljettava voima. Kun työtahti on lopussa ja mäntä alakuolokohdassaan, avataan pakoventtiili ja pakotahti alkaa. Pakotahdin aikana pakokaasut virtaavat pois sylinteristä. Kun mäntä on taas yläkuolokohdassaan, avataan imuventtiili ja uusi imutahdi alkaa.



Kuva 10. Ottomoottorin toiminta

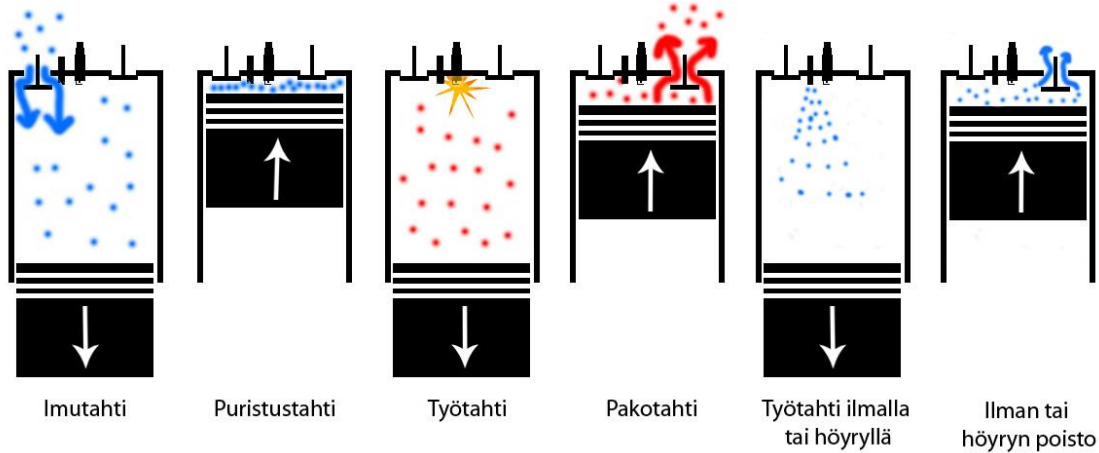
Käytännössä Ottomoottori ei toimi aivan näin yksiselitteisesti, vaan imuventtiili saattaa sulkeutua vasta, kun mäntä on jo aloittanut matkansa ylöspäin. Myös sytytys saattaa tapahtua muutama aste ennen yläkuolokohtaa. Myös imu- ja pakuventtiili saattavat olla hetken auki samaan aikaan. Tätä sanotaan overlapiksi. Nämä päällekkäisyydet johtuvat inertiaasta. Esimerkiksi sylinteriin virtaava ilmamassa jatkaa vielä matkaansa inertian voimin ja virtaa edelleen sylinteriin, vaikka mäntä on aloittanut jo liikkeensä ylöspäin. Näin sylinteriin saadaan enemmän täytettä.

Ottomoottori voi olla myös suorasuihkutteinen, jolloin polttoaine ei tule sylinteriin ilman mukana, vaan suihkutetaan imutahdin aikana suoraan sylinteriin erillisen ruiskutuslaitteen avulla. Tällä saadaan aikaan perinteiseen imusarjaruiskutteiseen moottoriin verrattuna tasaisempi ja tarkempi seos ja hallitumpi palaminen.

Dieselmoottori eroaa Ottomoottorista siten, että diesel imee sisäänsä ja puristaa kasaan pelkkää ilmaa. Polttoaine suihkutetaan erittäin suurella paineella suoraan kuumen puristetun ilman sekaan, jolloin polttoaine syttyy itsestään ilman kipinää. Syttymisajankohta säädellään ruiskutusajankohdan mukaan. Dieselmoottorissa ei perinteisesti ole myöskään kaasuläppää, vaan sylinteriin imetään aina yhtä paljon ilmaa ja tehoa säädellään polttoaineen määrää muuttamalla.

Yksi taloudellisuuteen tähtäävä sovellus on kuusitahtimoottori. Kuusitahtimoottorissa sytytys tapahtuu vain joka kolmas kampaikselin kierros, kun nelitahtimoottorissa sytytys tapahtuu joka toisella kierroksella. Yksi ylimääräinen kierros kuluu siihen, kun moottoria pyöritetään ilman tai höyryn voimalla. Toisin sanoen pakotahdin jälkeen sylinteriin suihkutetaan ilmaa tai vettä, joka lämpötilan vaikutuksesta laajenee ja painaa mäntää alaspäin. Näin saadaan aikaan jonkin verran ilmaista voimaa, joka liikuttaa autoa eteenpäin. Samalla tämä ylimääräinen tahti tietysti jäädyttää sylinteriä, joka taas laskee nakutuksen vaaraa ja säästää jäähdytysjärjestelmän painoa.

Jäähdytysjärjestelmä voi olla luonnollisesti pienempi, kun hukkalämpöä ei synny, vaan se käytetään hyödyksi. Saattaa olla mahdollista, ettei jäähdytysjärjestelmää tarvita lainkaan.



Kuva 11. Kuusitahtimoottorin toiminta

### 4.3 Ilmanotto

Moottori imee käydessään sisäänsä jatkuvasti ilmaa, joten on hyödyllistä, että häviöt ovat matkalla mahdollisimman pienet. Virtaushäviöitä voidaan vähentää monella tavalla, mutta halvat ja helpot tavat ovat ne, joita taloudellinen kuljettaja tavoittelee. Näitä ovat esimerkiksi turhien imuääniä vaimentavien resonaattorien poisto, jolloin vedetään tavallaan mutkat suoriksi. Toimenpide ei usein vaadi muuta kuin purkamista. Toinen on itse ilmansuodatin. Niin sanottu autojen tuunaus, eli tuning, on tuonut kaikkien saataville vapaavirtausilman-suodattimet, joita on olemassa myös omaan ilmansuodatinkoteloon sopivia. Suodatin virtaa paremmin kuin tavallinen paperisuodatin ja täten vähentää pumppaushäviöitä. Ero on tosin varsin minimaalinen ja suodattimen hintakin kovempi. Todellinen hyöty tällaisesta suodatti-



Kuva 12. Likainen ilmansuodatin

mesta tuleekin usein vasta ajan kuluessa.

Kyseinen suodatin on nimittäin pestävä, eikä sitä tarvitse vaihtaa aina, kun suodatin likaantuu. Suodattimen likaantumisen vaikutus moottorin hengitykseen ja sen vaihtoa ei kannata viivyttellä edes silloin, vaikkei taloudelliseen ajoon pyrkisikään. Pölystä ja hiekasta tukkoinen suodatin vähentää moottorin taloudellisuutta ja tehoa aivan varmasti. Suodattimen tilaa kannattaakin aina välillä tarkkailla, jotta oppii, miten pitkään suodatinta voi käyttää. Suodattimen tukkeutuminen kun riippuu paljon ajomäärästä

ja siitä missä ajaa. Pölyisissä olosuhteissa suodatin luonnollisesti tukkeutuu nopeammin. Kaupassa on myös kartiomallisia vapaavirtaussuodattimia, jotka asennetaan ilmanpuhdistinkotelon tilalle ja kaikki siitä taaksepäin puretaan pois. Tämä säästää hieman painoa ja virtauspinta-alaa kyseisessä suodattimessa on usein enemmän kuin paneelimallisessa. Toisaalta samalla moottorin imuääni kasvaa huomattavasti. Kyseisen suodattimen tarpeellisuus onkin jokaisen itse päätettävissä. Ovatko hyödyt tarpeeksi suuret?

Yksi imuilmajärjestelmän muokkaus, jonka lähes jokainen voi tehdä, jos pyrkii taloudellisuuteen ajossaan, on lämpimän ilman otto, jota englanninkielellä kutsutaan nimellä warm air intake. Tällöin moottoriin johdetaan lämmintä tai kuumaa imuilmaa, joka johdetaan yleensä suoraan pakosarjalta. Lämpö on siis hukkalämpöä, joka menee uusiokäyttöön. Teho perustuu pumppaushäviöiden pienenemiseen ottomoottorissa. Mitä lämpimämpää ilma on, sitä vähemmän samaan tilavuuteen mahtuu happea. Ja mitä vähemmän ilmassa on happea, sitä enemmän kaasupoljinta joutuu painamaan saadakseen saman tehon. Tämä kaasun painaminen taas avaa kaasuläppää enemmän, ja avonaisempi kaasuläppä estää ilman virtausta vähemmän, joten pumppaushäviöt pienenevät ja moottori pyörii vapaammin.



Kuva 13. Lämpimän ilman otto

Äkkiseltään luulisi, että kaasun painaminenhan lisää polttoaineenkulutusta. Näin ei asia kuitenkaan ole ruiskumoottorissa, joka osaa säädellä seosta olosuhteiden mukaan. Vanhemmissa moottoreissa saattaa olla esitallennettu kiinteä polttoainekartta, joka ei osaa reagoida olosuhteiden muutoksiin tarpeeksi joustavasti. Tällaisessa moottorissa kyseinen muokkaus ei toimi, vaan seokset menevät sekaisin. Sama pätee kaasutinmoottoriin. Kaasuttimen tosin voi itsekin säätää uudelleen sopimaan lämpimälle ilmalle, mutta se vaatii ymmärrystä kaasuttimista, eikä ole joka pojan tehtävissä. Lisäksi on olemassa vanhoja täysin mekaanisia ruiskutusjärjestelmiä, jotka niinkään eivät osaa säätää seosta.

Sen sijaan nykyaikainen moottori, joka on varustettu ilmamassamittarilla, imuilman lämpötila-anturilla ja lambda-anturilla, eli happitunnistimella, osaa säätää seoksen aina oikeaksi. Sylinteriin syötetyn polttoaineen määrä ei siis tällaisessa moottorissa ole suorassa yhteydessä kaasuläpän asentoon, vaan moottoriin syötetyn hapen määrään, jonka moottori osaa saamastaan ilmasta laskea. Kun ilman lämpötila kasvaa, tietää moottori, että ilmassa on tällöin vähemmän happea ja polttoainettakin syötetään vähemmän, ettei

seos mene rikkaaksi. Ja kun polttoainetta syötetään vähemmän, on samalla kaasuläpän asennolla käytettävissä vähemmän tehoa. Auto tarvitsee samaa vauhtia kulkeakseen aina yhtä paljon tehoa, joten kaasua joudutaan painamaan enemmän, jotta päästään samaan vauhtiin. Tämä taas vähentää pumppaushäviöitä.

Moottorin seoksen säätämisestä huolehtivat siis ilmamassamittari, joka on esilämmitetty kuumalanka, joka on oikeastaan resistiivinen vastus. Sen resistanssi siis muuttuu lämpötilan muuttuessa. Ja kuumalanka jäähtyy sitä enemmän, mitä enemmän sen ohi virtaa ilmaa. Tästä moottori tietää, miten paljon ilmaa sylintereihin kulkeutuu. Imuilman lämpötila tietysti vaikuttaa mittaukseen, ja tätä varten moottorinohjauksella täytyy olla tiedossaan imuilman lämpötila, jotta se voi tehdä oikeat korjaukset. Viimeisen hienosäädön tekee lambda-anturi, joka sijaitsee pakoputken alkupäässä ja mittaa jäänöshapen pitoisuutta pakokaasuissa ja antaa tiedon moottorinohjaukselle, joka säätää seosta oikeaan suuntaan. Lambda-anturi vaatii toimiakseen sen, että anturi on lämmin. Lämmitys tapahtuu joko pakokaasujen vaikutuksesta tai anturin omalla lämmitysjärjestelmällä.

Lämpimän ilman oton yksi haittapuoli on se, että sen toimivuutta ei voi aina tietää kokeilematta. On nimittäin mahdollista, että lämpötila menee yli moottorinohjauksen ymmärtämästä lämpötilasta, jolloin seokset menevät jälleen sekaisin. Toinen asia on se, että kuuma ilma moottorissa nostaa nakutusvaaraa. Nakutus on aina pahasta moottorille ja normaaleissa olosuhteissa nakutusta ei pitäisi päästä syntymään. Tästä huolehtii viimeistään vähänkin uudemmissa moottoreista löytyvä nakutuksen tunnistin, joka on käytännössä mikrofoni, joka kuuntelee moottorin ääniä. Havaitessaan nakutukseksi tunnistamansa äänen, se käskää moottoria myöhästämään sytytystä, joka vähentää nakutusvaaraa viilentämällä moottorin käyntilämpötilaa. Toisaalta sytytyksen myöhästäminen huonontaa moottorin hyötysuhdetta, eikä ilmanoton muokkauksesta välttämättä saadaakaan hyötyä.

Projekti auton kanssa kävi juuri niin, että lämpimän ilman otto ei syystä tai toisesta toiminut odotetusti ja se jouduttiin poistamaan käytöstä.

#### 4.4 Esilämmitys ja lämpöeristys

Moottorin esilämmityksellä tarkoitetaan moottorin lämpötilan nostamista ulkoisen tekijän vaikutuksesta ennen moottorin käynnistämistä ja ajoon lähtöä. Käytännössä tämä tarkoittaa lohkolämmittimen tai polttoainekäyttöisen lisälämmittimen käyttöä. Esilämmitys notkistaa moottoriöljyt ennen moottorin käynnistämistä ja täten suojaaa moottoria paremman voitelun ansiosta ja samalla moottori pyörii herkemmin. Moottori myös säävuttaa oikean toimintalämpötilansa aiemmin, mikä taas säästää polttoainetta. Esilämmitetty moottori voi kuluttaa yli 40 % vähemmän kuin lämmittämätön moottori ja ero on suurimmillaan ensimmäisen kilometrin aikana (Motiva 2010).

Lämmittimiä on olemassa ainakin neljänlaisia. Moottorin lohkon vesikanavassa oleva lämmitysvastus, joka lämmittää veden välityksellä koko moottoria tai vesiletkuun työntävä vastus, joka on yleensä huonompi, mutta helpompi asentaa. Jälkiasennettava letkulämmittintä koskee varoitus. Yleisesti tiedossa oleva ongelma letkulämmittimiin liittyen koskee moottorin lämpötila-anturin sijaintia suhteessa lämmittimeen. Väärin asennettu letkulämmitin saattaa lämmittää vettä lämpötila-anturin ympäristöstä, jolloin anturi luulee moottorin olevan lämmin ja antaa tällöin moottorille väärän seossuhteen, joka vaikeuttaa moottorin käynnistymistä ja huonontaa kylmäkäyntiä. Tämä ei kuitenkaan ole automaattisesti letkulämmittimen ongelma ja sitä voi esiintyä myös huonosti

suunnitelluissa lohkolämmittimissä. Kolmas vaihtoehto on monissa uusissa autoissa käytettävä säteilylämmitin, joka on asennettu öljypohjaan tai lohkoon ulkopuolelle. Öljypohjaan asennettu lämmitin lämmittää siis öljypohjan läpi öljyä, jonka lämpötila on se kaikista tärkein seikka. Neljäntenä on vielä hieman harvinaisempi öljypohjaan asennettu öljynlämmitin, joka lämmittelee öljyä suoraan. Esilämmityksestä ei tietenkään ole hyötyä kuin kylmillä ilmoilla, jolloin moottoriöljyt ovat kankeita ja moottorin lämpötila kaukana normaalista käyttölämpötilasta. Esilämmityksen kannattavuus tietysti riippuu sähkön hinnasta, tai polttoainekäyttöisen lisälämmittimen tapauksessa polttoaineen hinnasta sekä lämmitysajasta ja kylmäkäynnistyksen kuluttamasta polttoaineesta verrattuna esilämmitettyyn. Näiden perusteella voisi jonkinlaisia kannattavuuslaskelmia tehdä, mutta käytännössä kannattanee tyytyä sääntöön, jonka mukaan esilämmitys on kannattavaa +5 °C lämpötilasta lähtien ja siitä alaspäin (Motiva 2010).

Ulkoilman lämpötila	Sopiva lämmitysaika	
	Lohkolämmitin	Säteilylämmitin
+ 5 °C ... -5 °C	0,5 tuntia	1 tunti
- 5 °C ... -10 °C	1 tunti	2 tuntia
-10 °C ... -20 °C	2 tuntia	3 tuntia

Kuva 14. Moottorin lisälämmityksen suositusaikoja (Motiva 2010)

Monissa uusissa autoissa käytetään myös jonkinlaista moottorin lämpöeristystä, joka on helppo asentaa vanhempaankin autoon, kunhan löytää sopivaa eristemateriaalia ja hieman kekseliäisyyttä. Lämpöeristyksen hyötynä on moottorin nopeampi lämpeneminen niin esilämmityksen kuin ajonkin aikana sekä hitaampi jäähtyminen lyhyiden pysähdysten, kuten vaikkapa kaupassa käynnin aikana. Kun moottori pysyy lämpimämpänä, se myös toimii paremmin ja kuluttaa vähemmän polttoainetta.

#### 4.5 Muut

Muita moottorin hyötysuhteeseen vaikuttavia tekijöitä voivat olla sytytystulpat ja moottoriöljyn laatu. Vanhoissa sytytystulpissa voi kipinä olla huonontunut niin paljon, että se häiritsee polttoaineen syttymistä ja palamista. Moottoriöljyssä taas ohuempi on luonnollisesti parempi, koska se aiheuttaa moottorissa vähemmän vastusta. Samalla pitää kuitenkin huomioida moottorin käyttölämpötilat. Kevyessä ajossa, jossa moottorilämmöt eivät pääse korkeiksi, voi riittää hyvinkin ohut öljy, kun taas raskaassa ajossa, kuten moottoriradalla, liian ohut öljy menettää kuumana voitelukykyänsä paksua öljyä aiemmin ja saattaa aiheuttaa moottorivaurion. Moottori saattaa myös kuluttaa ohutta öljyä suurempia määriä kuin paksua. Talvella taas liian paksun öljyn pumpattavuus saattaa olla riittämätön, eikä öljypumppu pysty näin ollen pumppaamaan öljyä kylmäkäynnistyksen yhteydessä.

Öljyn juoksevuutta kuvataan viskositeetilla. Mitä korkeampi lukema, sitä paksumpaa öljy on. Öljyihin on merkitty kylmäviskositeetti ja kuumaviskositeetti. Esimerkiksi 5W-40 merkinnässä 5 on kylmäviskositeetti ja 40 kuumaviskositeetti. 10W-40 -öljy taas on kylmäviskositeetiltaan paksumpaa ja kuumaviskositeetiltaan samanlaista kuin 5W-40.

Öljyn määrä on yksi tekijä, jolla polttoaineenkulutukseen voidaan vaikuttaa. Mitä vähemmän moottorissa on öljyä, sitä pienemmät ovat vastukset. Valmistaja on määrittänyt

yleensä pienimmän ja suurimman sallitun öljymäärän moottorissa ja se selviää useimmiten öljytikusta. Usein moottoriöljyä täytetään tikun näyttämään maksimikohtaan asti, koska silloin ollaan varmuusalueella, eikä moottoriöljy pääse heti loppumaan kesken, vaikka moottori sitä kuluttaisikin. Moottorin valmistaja on joka tapauksessa määrittänyt moottorille myös pienimmän sallitun öljytilavuuden, jolloin moottoria on vielä täysin turvallista käyttää. Täten moottoriöljyn määrän voi aivan turvallisesti pitää myös minimissä. Se säästää polttoainetta, mutta öljymäärää pitää seurata useammin.

Hyötysuhteeseen vaikuttavat myös muut asiat, joihin on vaikeampi vaikuttaa, kuten imu- ja pakokanavat tai puristussuhde. Suuri puristussuhde saa polttoaineen palamaan nopeammin ja parantaa näin hyötysuhdetta, mutta saattaa aiheuttaa nakutusta. Imu- ja pakokanavien muoto, koko ja viimeistely ovat tietysti tärkeitä asioita ja näitä muuttamalla voidaan moottorin hengitystä parantaa, mutta omin päin ei tietämättömän kannata mennä näihin asioihin puuttumaan. Työn teettäminen koneistamalla taas on kallista, eikä todennäköisesti tule maksamaan itseään ikinä takaisin. Pakoputkistollakin on tietysti merkitystä ja putkisto voidaan vaihtaa paremmin virtaavaan. Haittapuolena ovat kustannukset ja kovempi pakoääni. Moottorinohjauksen optimoinnilla saatetaan saada jonkinlaista hyötyä aikaan, mutta jälleen kerran esteeksi tulevat kustannukset.

## 5 SÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Sähköjärjestelmään kuuluvat kaikki auton sähkölaitteet. Nämä sähkölaitteet kuluttavat energiaa. Se kannattaa pitää mielessä aina sähkölaitteita käytettäessä. Energia ei tule tyhjästä, vaan kaikki otetaan polttoaineesta. Polttoaine pyörittää moottoria, joka pyörittää laturia, joka tuottaa sähköä, jota sähkölaitteet kuluttavat. Ja mitä enemmän sähköä on kulutettavana, sen enemmän kuluu polttoainetta.

### 5.1 Laturi

Laturi on moottorin apulaite, generaattori, joka tuottaa sähköä. Sähkö varastoidaan auton akkuun, josta sitä käytetään auton käynnistykseen ja kaikkiin auton sähkölaitteisiin. Laturi ei pyöri moottorin pyörittämänä häviöittä, vaan vastustaa aina moottorin pyörimistä, mikä taas nostaa polttoaineenkulutusta. Se miten paljon laturi pyörimistä vastustaa, riippuu siitä miten paljon tehoa se joutuu sähkölaitteille tuottamaan.

Monta paljon tehoa syövä sähkölaitteita samaan aikaan päällä tarkoittaa noussutta polttoaineenkulutusta. Tästä syystä kannattaa olla tarkkana sen kanssa, ettei käytä sähkölaitteita turhaan. Talviaikaan penkinlämmittimet ja takalasinlämmitin ovat mukavuusvarusteita, joita on välillä pakko käyttää, mutta ne myös usein unohtuvat päälle turhan pitkäksi aikaa.

Laturin kuluttamaa energiaa voidaan yrittää vähentää yksinkertaisesti vähentämällä laturin käyttöä ja katsomalla milloin laturia käytetään. Tämä vaatii katkaisimen, joka katkoo laturin latausvirtaa. Latureissa on herätevirtajohto, joka säätelee laturin käyttöä. Jos herätettä ei ole, ei laturi ole toiminnassa ja jos heräte on, toimii myös laturi. Tähän piiriin voi myös asentaa katkaisijan, jolloin laturi saadaan pyörimään vapaasti tuottamatta sähköä. Menetelmä on kuitenkin epävarma. Kokeilin kyseistä viritystä ja huomasi, että jos laturi saa kerran herätteen, pysyy se toiminnassa, vaikka heräte katkaistaan. Näin ollen

herätteen kautta laturia ei voida ohjata jatkuvasti päälle ja pois. En tiedä onko monessa autossa samanlainen ongelma, mutta alan ammattilaiselta saamani tiedon mukaan on varsin yleistä, että heräte ei toimi täysin loogisesti, vaan laturi saattaa jopa ladata vaikkei ole missään vaiheessa saanut herätettä. Tämän huomasin itsekin. Joskus laturi latasi, vaikka herätettä ei annettu.

Jos herätteen kanssa on ongelmia, on toisena vaihtoehtona ohjata laturia releellä, eli toisin sanoen katkaista laturilta akulle kulkeva virtapiiri releen avulla, jota ohjataan ohjaamon puolelta katkaisijasta. Laturin ohjaamisesta manuaalisesti on se etu, että laturi on muutoin poiskytkettynä, eikä siis ole kuluttamassa energiaa, mutta voidaan kytkeä päälle aina esimerkiksi moottorijarrutuksen aikana, jolloin laturilla otetaan talteen jarrutusenergiaa, joka muutoin menisi hukkaan. Maantiellä laturi kannattanee pitää koko ajan toiminnassa, koska jos akun päästää ensin tyhjäksi ja alkaa ladata tyhjää akkua laturilla, tulee kuluttaneeksi enemmän polttoainetta kuin jatkuvalla pienemmällä latauksella. Tämä johtuu laturin häviöistä. Lyijyakkukaan ei pidä siitä, että sen varaustaso lasketaan liian matalaksi, vaan menettää tällöin osan varauskyvystään.

Latausjärjestelmään voisi myös integroida verkkovirralla toimivan akkulaturin, joka on yhdistetty esimerkiksi moottorinlämmittimen pistokkeeseen. Tällöin akkua ladataan aina, kun johto on kytkettynä pistokkeeseen. Akkulaturin tulee tietysti olla niin älykäs, ettei se kiehuta akkua jatkuvasti. Ja moottorinlämmittimen johtoon kannattanee lisätä katkaisija, jolla voi kytkeä moottorinlämmittimen päälle tai pois tarpeen mukaan. Kesällä lämmitintä on turha käyttää, ja silloin se tulisi olla poiskytkettävissä, jolloin saadaan ladatuksi pelkästään akkua. Tällä järjestelyllä autosta saadaan eräänlainen hybridi, joka ottaa osan energiastaan sähköverkosta, vaikkei sähköä suoranaisesti liikkumiseen käytäkään. Verkkosähkökin tietysti maksaa, mutta tulee halvemmaksi kuin laturin pyörittäminen auton moottorilla. Lyhyet työmatkat esimerkiksi voi ajaa kokonaan ilman laturia akkuun varatun energian turvin. Toimintasädettä voi tietysti lisätä lisääkuilla, mutta näissäkin on haittapuolena lisääntynyt paino ja tietysti pidentynyt latausaika. Se, onko lisääkuista enemmän haittaa vai hyötyä, riippuu siitä miten pitkää matkaa autolla normaalisti ajetaan, eli ovatko lisääkut ylipäänsä tarpeen, ja onko matkalla paljon kiihdytyksiä, joissa lisäpaino on haitaksi. Paras tapa tämän selvittämiseen on todennäköisesti arviointi ja kokeilu.

Todennäköisesti paras tapa laturin poiskytkemiseen saattaisi olla täydellinen fyysinen poiskytkeminen, eli laturin hihnan kytkeminen irti. Tällöin laturi ei pyöri ollenkaan ja energiahäviöt ovat vielä pienempiä kuin pelkällä sähköisellä poiskytkennällä. Helpoimmillaan tämä tarkoittaa vain hihnan irrottamista käsin. Tämä tapa on kuitenkin ymmärrettävästi varsin huono yleisessä auton käytössä ja toimii vain, jos autoa käytetään vain ja ainoastaan lyhyellä matkalla, joka on mielellään päivästä toiseen sama. Tällöin voidaan olla varmoja, ettei akku lopu kesken. Tämä tapa ei tietenkään toimi, jos sama hihna pyörittää muitakin apulaitteita kuin laturia, kuten ilmastointilaitetta tai ohjaustehostinta. Järkevämpää olisi tehdä jonkinlainen mekaaninen laitteisto, joka kytkee hihnan irti laturin hihnapyörästä aina, kun niin halutaan. Kyseisen laitteiston rakentaminen on kuitenkin todennäköisesti varsin monimutkaista, eivätkä siihen riitä monen rakentelijan resurssit. Toimivin tapa saattaisi olla magneettikytkin, joka kytkisi hihnapyörän irti laturista, kuten ilmastointilaitteen kompressorissa on. Kyseessä onkin enemmänkin jonkinlainen ajatusleikki. En ole kuullut, että kellään olisi käytössä fyysistä laturin poiskytkentää, joka olisi kytkettävissä takaisin yhdellä napinpainalluksella.



## 5.2 Valot

Valot ovat autossa pakollinen paha. Laki määrää valojen käytöstä, eikä niitä voi olla käyttämättä. Valot tietysti kuluttavat laturin tuottamaa energiaa, tai hybridiratkaisussa akkuun varattua energiaa ja energian säästämiseksi valojen käyttämättä jättäminen olisi varsin tehokas ratkaisu. Tämä ei onnistu, mutta onneksi valojen käyttämää energiaa voidaan vähentää. Huomiovaloratkaisu on ehkäärkevin tapa toteuttaa tämä. Autoihin on saatavana monenlaisia huomiovaloja, jotka kiinnitetään auton keulaan ja joita voidaan käyttää valoisaan aikaan. Tällöin muita valoja ei tarvita, eli ajovalot voidaan kytkeä pois toiminnasta. Myöskään takavalojen ei tarvitse olla toiminnassa.

*Mootorikäyttöisessä ajoneuvossa on aina ajonaikana käytettävä ajovaloja tai huomiovaloja. Ajovaloja on käytettävä jokaisessa ajoneuvossa, kun sitä kuljetetaan tiellä pimeän tai hämärän aikana taikka näkävyyden ollessa sään vuoksi tai muusta syystä huonontunut. Syyskuussa 2008 voimaan tulleessa uudessa kytkeäntavassa muiden valojen ei kuulu palaa huomiovalojen kanssa samanaikaisesti. Liikenneturvallisuuksista Suomessa sallitaan myös vanha kytkeäntä, missä takavalot palavat huomiovalojen yhteydessä, myös kaikissa uusissa autoissa. Valojen käyttöä koskevat säännöt annetaan tieliikennelaissa. (TraFi 2010).*

Huomiovaloiksi kannattaa tietysti valita led-käyttöiset valot, joiden kuluttama virta on varsin vähäistä. Led-valoja on saatavana myös takavaloina, jos sellaisia tarvitsee.

Led-huomiovalojen säästämästä polttoaineen määrästä voidaan tehdä myös laskelma. Normaalit ajovalopolttimot autossa ovat 55-wattiset ja takavalot noin 20-wattiset. Yhteensä valoihin kuluu siis 150 wattia. Led-huomiovalot taas ovat noin 5-wattiset, eli niistä yhteensä 10 wattia. Normaaleihin valoihin verrattuna led-valot säästävät siis 140 wattia.

Jatketaan laskua ja tehdään oletus siitä, miten kauan vuoden aikana valoja pidetään päällä. Asetetaan vuotuiseksi ajomääräksi 20 000 km ja keskinopeudeksi 40 km/h, josta saadaan kulutetuksi ajaksi 500 tuntia. Nyt pitää vielä olettaa se, miten suuri osa tästä ajasta on valoisaan aikaan, jolloin ei tarvita oikeita ajovaloja. Asetetaan arvoksi 2/3 ajasta, jolloin päiväajovalojen polttoajaksi jää noin 333 tuntia. Kerrotaan tuntimäärä säästetyllä teholla, eli:

$$333 \text{ h} \times 140 \text{ w} = 46620 \text{ wh}$$

Wattitunnit pitää muuttaa jouleiksi.  $1000 \text{ wh} = 3,6 \text{ MJ}$  joten  $46,620 \text{ kwh} = 167,8 \text{ MJ}$ . Aiemmin mainittiin bensiinin sisältävän energiaa  $43 \text{ MJ/kg}$  ja tiheyden olevan  $0,75 \text{ kg/l}$ . Näistä voidaan laskea miten paljon valoilla säästetty energia on polttoaineena:

$$\frac{167,8}{43} / 0,75 = 5,2$$

5,2 litraa ei ole kuitenkaan lopullinen tulos, vaan vielä pitää huomioida hyötysuhteet. Sähkö tuotetaan polttomoottorin pyörittämän laturin avulla ja molemmilla näistä on oma hyötysuhteensa. Oletetaan polttomoottorin hyötysuhteeksi 20 % ja laturin hyötysuhteeksi 70 %. Näistä siis saadaan:

$$5,2 \text{ l} \div 0,2 \div 0,7 = 37 \text{ l}$$

Säästetyn polttoaineen määrä on siis 37 litraa vuodessa. Ei kuulosta paljolta, mutta tällä ajomäärällä valot maksavat ainakin itsensä takaisin helposti yhdessä vuodessa ja rahaa jää ylikin. Mitä enemmän ajoa tulee, sitä enemmän tulee säästöä.

### 5.3 Tappokatkaisin

Tappokatkaisin on katkaisija, josta saadaan moottori sammumaan yhdellä napinpainalluksella ilman, että avaimiin tarvitsee koskea. Tappokatkaisin on kytketty joko virtalukkoon, moottorinohjaukseen tai muuhun järjestelmään, jolla moottori saadaan sammumaan.

Yksi vaihtoehto on katkaista sytytys, mutta tällöin polttoainepumppu saattaa pumpata moottoriin vielä hetken polttoainetta, ennen kuin moottorin pyöriminen lakkaa. Tästä syystä myös polttoaineensyöttö tulisi katkaista. Polttoaineensyötön katkaisussa taas on omat ongelmansa. Helpoin ratkaisuhan olisi katkaista polttoainepumpun virtapiiri, mutta tämä ei kuitenkaan katkaise polttoaineensyöttöä heti, koska polttoainejärjestelmässä oleva paine huolehtii polttoaineen suihkutuksesta vielä pienen hetken. Ja jos moottorissa ei ole sytytystä, menee tämä polttoaine suoraan hukkaan. Polttoaine päätty palamattomana pakoputkeen ja saattaa moottorin uudelleen käynnistyessä syttyä siellä, mikä taas on potentiaalinen tapa rikkoa katalysaattori.

Yksi vaihtoehto on katkaista pelkästään polttoaineensyöttö ja antaa polttoainejärjestelmän paineen laskea, jolloin moottori sammuu itsestään. Ongelmana on kuitenkin se, että moottorin sammumisessa on muutaman sekunnin viive. Polttoaineensyötön katkaisu saattaakin olla mahdollisesti järkevintä tehdä suoraan estämällä polttoaineen ruiskutus-suuttimien toiminta, eli kytkeä katkaisin niiden sähköjärjestelmään.

Oletettavasti kaikista helpoin tapa kuitenkin lienee katkaisijan kytkeminen sarjaan virtalukon kanssa, jolloin katkaisijan käyttäminen katkaisee virtapiirin ja sammuttaa auton juuri siten, miten se on suunniteltu sammumaan.

No, miksi sitten viritellä katkaisimia, eikä käyttää suoraan virtalukkoa auton sammuttamiseen? Koska tappokatkaisin on vapaasti sijoiteltavissa esimerkiksi vaihdekeppiin, eikä sen käyttö kuluta virtalukkoa, kun moottoria sammutellaan kesken ajonkin jatkuvasti. Tästä kerron enemmän taloudellinen ajotapa –luvussa ja taloudellista ajotapaa käsittelevissä liitteissä. Virtalukkokytkenässäkin on kuitenkin yksi ongelma. Se saattaa katkaista auton virrat kokonaan hetkeksi, kuten avaimen kääntäminenkin tekee. Virtojen katkeaminen taas saa aikaan ajovalojen sammumisen, jos valot ovat automaattiasennossa, kunnes virrat taas laitetaan päälle. Virrat on pidettävä hetken aikaa pois päältä, jotta moottori ehtii sammua. Liian nopea virtojen palautus moottorin vielä pyöriessä, saa moottorin käynnistymään uudestaan. Samalla kun virrat katkaistaan, katkeaa etenkin digitaalisessa mittarissa matkamittarin päivittyminen niin pitkäksi aikaa, kun virrat ovat poissa päältä, mistä saattaa tulla ajonopeudesta riippuen muutaman kymmenen metrin heitto kuljettuun matkaan aina yhtä sammutusta kohti. Useasta sammutuksesta tulee suurempi heitto, mikä saattaa aiheuttaa pientä heittoa polttoaineenkulutusta laskiessa. Kokonaisuutta katsoen virhe on kuitenkin yleensä melko mitätön, eikä siitä näin ollen tarvitse välittää.

## 6 MITTARIT

Autossa on mittareita, joista voi olla hyötyä taloudellisen ajotavan opettelussa ja omaksumisessa sekä taloudellisuuden ylläpidossa. Mittarit antavat tärkeää informaatiota siitä, mitä moottorissa tapahtuu ja auttavat näin kuljettajaa ajamaan taloudellisesti. Seuraavassa käyn läpi kaksi tärkeintä mittaria, jotka ovat kierroslukumittari sekä kulutusmittari ja sen miten niitä voi ajossa hyödyntää.

## 6.1 Kierroslukumittari

Kierroslukumittari kertoo yksinkertaisesti moottorin kierrosluvun ja on yllättävän kätevä varuste kuljettajalle, joka pyrkii taloudellisuuteen ajossaan. Monessa autossa sellainen on vakiona, mutta joistakin se puuttuu. Tällöin sellaisen asentamista jälkikäteen kannattaa vakavasti harkita.

Moni varmasti ihmettelee kierroslukumittarin käyttötarkoitusta ja sitä, miksi sellainen on joihinkin autoihin asennettu. Se auttaa kuitenkin monessa asiassa.

Kierroslukumittarista näkee helposti milloin on aika vaihtaa vaihdetta. Vaihtokohdat pitää tietysti ensin löytää tutkimalla, mikä toimii omassa autossa parhaiten. Kiihdytyksissä ylöspäin vaihtaminen tulee tapahtua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, mutta kuitenkin niin myöhään, ettei tiputa moottorin vääntöalueen alapuolelle, kun vaihde vaihtuu suuremmaksi. Kiihtyvyyden siis tulee jatkua jouhevana vaihteen vaihtamisen jälkeenkin. Tavallisesti tämä tarkoittaa vaihteen vaihtamista, kun kierrosluku on välillä 2000 – 3000 kierrosta minuutissa. Joissakin tapauksissa korkeammalle kierrättäminen voi olla tarpeen. Käytännössä pienimoottorinen tehoton auto vaatii korkeammat kierrokset kuin suuremmalla vääntävällä moottorilla varustettu auto. Omassa autossani, Opel Astrassa, olen huomannut, että paras vaihtoajankohta on noin 2500 kierroksen kohdalla suoralla tiellä, jolloin kiihtyvyys pysyy vielä tasaisena, eikä vääntö tipu. Ylämäessä kiihdyttäessä tarvitaan suurempaa vääntöä ja on tarpeen antaa moottorin kiertää kolmeentuhanteen asti. Kun nämä vaihtokohdat on oppinut, on kierroslukumittarin avulla helppo huolehtia siitä, että vaihto tapahtuu aina oikeaan aikaan.

Myös alaspäin vaihtaessa kierroslukumittarista on suurta hyötyä. Nykyaikainen ruisku-moottori osaa katkaista polttoaineensyötön moottorijarrituksen aikana, jolloin polttoainetta ei siis kulu lainkaan. Tämä ei kuitenkaan toteudu kuin tietyllä kierrosalueella. Matalilla kierroksilla polttoainetta aletaan syöttää uudestaan, jotta vältetään moottorin sammuminen. Tämä ajankohta, jolloin polttoainetta aletaan uudestaan syöttää, saattaa olla havaittavissa pienenä nykäyksenä, kun hidastuvuus vähenee polttoaineensyötön alettua. Nykäyksen havaitsemisessa on tietysti autokohtaisia eroja, mutta pienellä vaihteella hidastuvuuden muutoksen huomaa selvimmin. Kun tämä kohta on löytynyt, on kierroslukumittarista jälleen helppo katsoa moottorijarrituksen aikana, milloin on aika vaihtaa pienemmälle. Moottorijarrutus alkaa, kun kaasu päästetään ja auto kulkee eteenpäin kuluttamatta polttoainetta. Samalla auto hidastuu ja kierrosluku laskee. Kun kierrosluku lähenee polttoaineensyötön aloituspistettä, on aika vaihtaa pienemmälle ja toistaa tämä niin monesti, kunnes ollaan pienimmällä vaihteella. Omassa autossani tämä alaspäin vaihdon kierrosluku on noin 1500 kierrosta minuutissa.

Jos kierroslukumittarista on hyötyä vaihteiden vaihtamisessa, ei liene yllätys, että se on myös varsin kätevä apuväline oikean vaihteen valitsemiseen tasaisella nopeudella ajettaessa. Myös tasaisella nopeudella kierrosluvun tulee olla pieni, muttei liian pieni niin, että moottoria joutuu väännättämään. Omassa autossani paras kierrosalue on 1500:n ja 2000:n välissä ja tällä alueella olen havainnut saavuttavani parhaan tuloksen.

## 6.2 Kulutusmittari

Kulutusmittari on mittari, joka mittaa polttoaineenkulutusta. Monissa uusissa autoissa tällainen mittari on vakiona, mutta vanhemmista se harvemmin löytyy. Joihinkin autoihin on saatavana jälkiasennettavia kulutusmittareita.

Tieto kulutuksesta on tietysti tärkeä tieto, kun pyritään säästämään polttoainetta. Mittari antaa välittömän palautteen kuljettajalle siitä, mikä toimii ja mikä ei toimi, eikä näitä asioita tarvitse opetella ja etsiä pitkän ajanjakson kuluessa laskien polttoaineenkulutuksia ja vertaillen, mikä tapa toimii parhaiten.

Mittarilla voi mitata hetkellistä kulutusta tai keskikulutusta ja molemmille näistä löytyy käyttöä. Hetkellisen kulutuksen seuraaminen on hankalaa johtuen siitä, että moottorin kulutus vaihtelee jatkuvasti, eikä vaihtuvissa lukemissa tahdo pysyä mukana. Hetkellisen kulutuksen tarkkailu lieneekin järkevintä tasaisella nopeudella ajettaessa. Kiihdytyksiä taas voi mittailla keskikulutuksen avulla vaikkapa nollaamalla mittarin ja tekemällä muutaman kiihdytyksen samalla tavalla ja taas muutaman toisella tavalla ja näitä verraten selvittää millä tavalla löytyy pienin keskikulutus, joka on siis paras tapa kiihdyttää.

Luonnollisesti keskikulutus on myös hyvä tapa seurata pidemmän ajanjakson kulutusta pidemmällä matkalla. Aina kulutusmittari ei pidä aivan tarkalleen paikkaansa ja siksi kannattaakin samalla laskea kulutus perinteisellä tavalla tankkauksen yhteydessä.

## 7 RENKAAT

Renkaat, kumiset ilmatäytteiset paineastiat, joiden varassa auto liikkuu. Renkaat ovat turvallisuustekijä, jotka pitävät auton kiinni tiessä. Tehtävästä selviytyminen riippuu tietysti monesta renkaan ominaisuudesta, joista suurin tekijä on kuluneisuus. Kulunut rengas ei pidä yhtä hyvin kuin uusi. Hyvän renkaan hyödyt ovat kiistattomat, mutta huonosta renkaasta ja vääristä rengaspaineista on muutakin haittaa kuin huonontunut turvallisuus ja nopeampi kuluminen - nimittäin kohonnut polttoaineenkulutus. Polttoaineenkulutukseen renkaiden kohdalla vaikuttavat asiat ovat vierinvastus ja pyöränkulmat. Jälkimmäinen ei liity suoranaisesti renkaisiin, vaan auton pyöränripustuksiin, mutta se on silti niin kiinteästi vaikutuksessa renkaiden käytökseen, että kuuluu tämän otsikon alle.

### 7.1 Vierinvastus

Mitä pienempi on vierinvastus, sitä herkemmin rengas pyörii ja kuluttaa näin vähemmän energiaa. On siis hyödyllistä pyrkiä vähentämään vierinvastusta. Renkaan valmistajilla on tähän omat konstinsa, joita soveltaen moni valmistaja valmistaa muun mallistonsa ohella erityisen energiatehokkaita renkaiden, joissa on matala vierinvastus ja usein myös erityisen kevyt rakenne, joka säästää polttoainetta kiihdytyksissä sekä parantaa auton käytöstä ja jousituksen toimintaa pienentyneen jousittamattoman massan kautta.

Myös kuluttajalla on mahdollisuus vaikuttaa valitsemansa renkaan vierinvastukseen eräällä helpolla toimenpiteellä: Ilmanpaineiden säännöllisellä tarkastamisella. Ilmanpaineiden kanssa tulee kuitenkin huomioda se seikka, että auton valmistajan suosittelemat rengaspaineet eivät useimmiten ole riittävät, vaan perustuvat kompromissiin auton käytöksen, mukavuuden, renkaiden kuluminen ja vierinvastuksen välillä. Rengaspaineiden vaikutuksesta auton käytökseen voidaan olla montaa mieltä. Joku voi pitää matalien rengaspaineiden lisäämästä mukavuudesta ja pehmeämmästä vasteettomammasta ohjautuvuudesta, kun taas joku pitää korkeiden rengaspaineiden tuomasta jämäkämmästä olemuksesta ja herkemmästä ohjausvasteesta. Renkaiden kuluminen ja vierinvastus taas ovat kylmiä tosiasioita. Suuremmat rengaspaineet parantavat molempia. Tosiasia on siis

se, että renkaassa on suositeltavaa käyttää suurempia paineita kuin mitä auton ohjekirja suosittelee, jos haluaa säästä renkaitaan ja polttoainetta.

Renkaan vierinvastuksen väheneminen paineen lisäyksen seurauksena johtuu hyvin pitkälle renkaan jäykistymisestä ja tätä seuraavasta muodonmuutoksen vähenemisestä. Koko ajan, kun rengas pyörii, se muuttuu muotoaan tiehen osuvalta osaltaan ja tämä muodonmuutos kuluttaa tietysti energiaa. Mitä pienemmäksi muodonmuutos saadaan, sitä pienemmäksi muodostuu energiahukka. Yksi tapa sopivien rengaspaineiden selvittämiseksi on katsoa renkaan kyljestä renkaan valmistajan antama maksimipaine renkaalle. Tämä paine on tyypillisesti henkilöauton renkaalla noin 350 kilopascalin, eli 3.5 barin ympäristössä.

Paine saattaa vaikuttaa kovalta ja monelle tulee varmasti mieleen vanha uskomus siitä, että suurilla paineilla rengas kuluu keskeltä. Väite ei kuitenkaan pidä paikkaansa, vaan on itse asiassa juuri toisinpäin. Liian pienet rengaspaineet nimittäin kuluttavat rengasta keskeltä. Äkkiseltään kuulostaa nurinkuriselta, mutta käytäntö ja vuosien renkaiden tarkkailu on osoittanut tämän todeksi. Auton vetävät renkaat ovat ilmiölle herkimvät ja kulumisen korostuu raskaassa ajossa, jossa joudutaan siirtämään paljon voimaa tiehen. Raskaalla ajolla tarkoitetaan suuria nopeuksia tai raskaan kuorman vetoa. Ilmiö perustuu siihen, että löysä rengas pääsee elämään enemmän kuin kova rengas ja renkaan keskellä tämä eläminen on suurinta. Tiehen osuessaan renkaan keskiosa jää tavallaan jatkuvasti renkaan jäykempää reunaa jälkeen ja kosketuksen aikana kuroo taas matkaa kiinni, joka tarkoittaa luistoa renkaan keskiosan ja tienpinnan välillä. Tämä tarkoittaa lisää kulumista ja suurempaa renkaan keskiosan lämpötilaa, joka entisestään lisää kulumista. Renkaan on myös mahdollista kulua reunoiltaan, mutta tämä tarkoittaa todella vajaiden paineiden käyttöä, jolloin koko rengas makaa reunansa päällä ja aiheuttaa kulumisen. Joillakin renkailla on ongelmana kulua reunasta hampaalle, eli portaittain niin, että yksi kuviopala on korkea, seuraava on matala ja seuraava taas korkea jne. Tämä on yleensä v-kuvioisten renkaiden ongelma ja oire liian matalista rengaspaineista.

Liian pieni paine on suuremmaksi haitaksi renkaalle kuin liian suuri paine. Hieman kärjistettynä voidaan todeta, että liian suurta painetta ei olekaan. Ei ainakaan renkaan valmistajan ilmoittaman rajan sisällä. Nykyaikainen rengas on runkorakenteeltaan sellainen, ettei se herkästi pullistu keskiosaltaan ja aiheuta tämän kautta epätasaista kulumista. Tämän huomaa jo silmällä: Tavallinen rengas on tyypillisesti erittäin suurillakin paineilla kulutuspinnoistaan varsin tasainen.

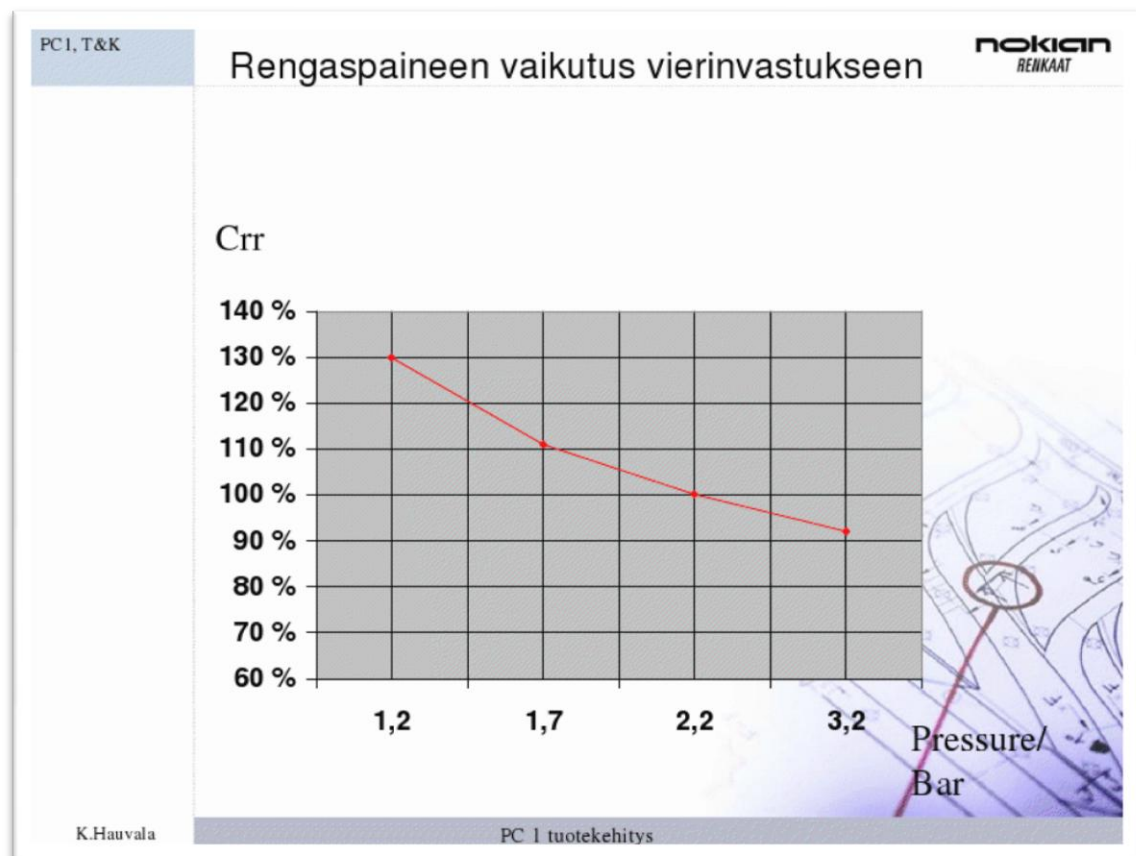
Alla olevassa kuvassa nähdään rengaspaineen vaikutus renkaan muotoon. Muodossa ei ole silmin havaittavaa eroa, vaikka suurempana paineena käytetty viiden barin paine on laitettu todella yläkanttiin. Näin suuria paineita ei henkilöauton renkaissa käytetä ja viisi baria on jo selvästi rengasvalmistajan asettaman suurimman sallitun paineen ulkopuolella.



Kuva 15. Paineen vaikutus renkaan muotoon

Kuvan rengas on merkiltään Michelin Energy saver, koossa 195/65 15. Vertailuun valitsin tarkoituksella käsituntumalla arvioiden varsin löysärunkoisen renkaan, jotta tuloksesta saadaan vielä varmempi. Jos löysärunkoinen rengas ei muuta muotoaan, on todennäköistä, ettei jäykkärunkoisenkaan renkaan muoto muutu.

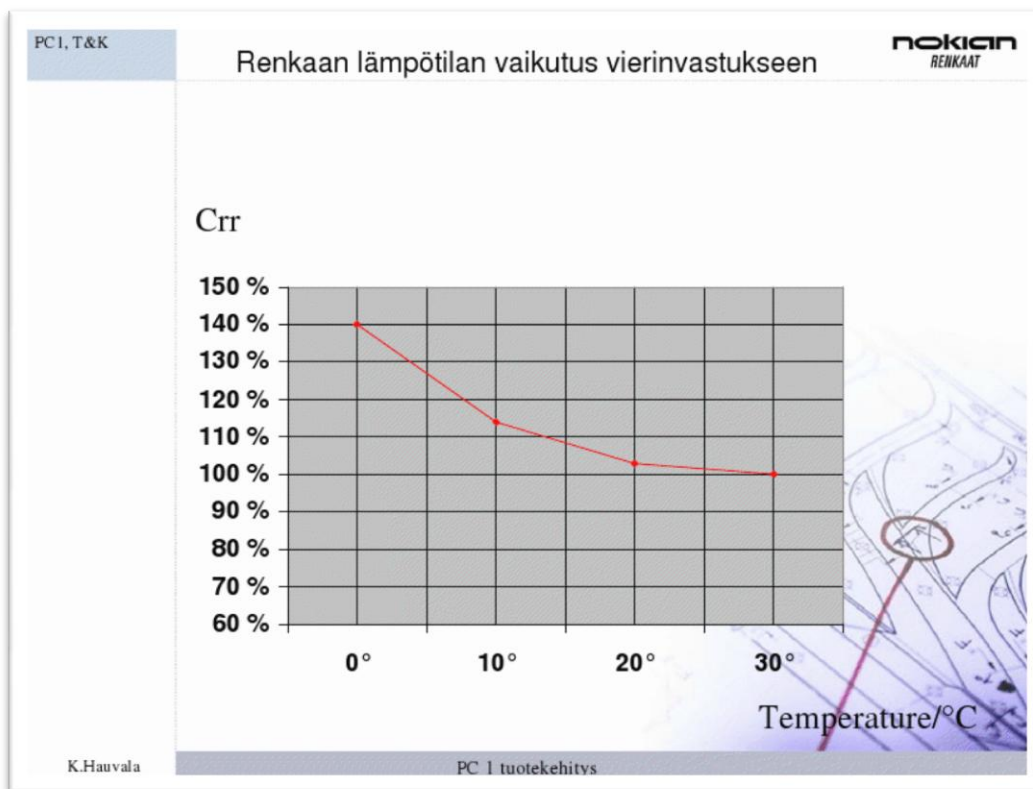
Vanhat ristikudosrenkaat, jotka ovat nykyään erittäin harvinaisia, ja joita näkee lähinnä erittäin vanhoissa museoautoissa ja työkoneissa, ovat sellaisia, jotka liian suuri paine saa pinnastaan pyöreiksi. Nykyinen vyörakenteinen rengas taas pitää muotonsa. Vierinvastuksen kannalta suurempi paine on aina parempi, ainakin tiettyyn rajaan asti. Vierinvastus ei alene samassa suhteessa paineen nousun kanssa, jonka voi havaita alla olevasta kuvasta, jossa käyrä loivenee oikealle mennessä.



Kuva 16. Rengaspaineen vaikutus vierinvastukseen (Nokian renkaat)

Lämpötilalla on myös vaikutusta renkaan kulumiseen ja vierinvastukseen. Käytäntö on osoittanut, että varsin usein valmistajan suosittelema rengaspaine on kulumisen kannalta liian pieni. Varsin suuri osa autojen alla pyörineistä renkaista ovat kuluneet keskeltä. Tämä korostuu etenkin talvella, jolloin rengaspaineet ovat ilman lämpötilan johdosta matalammat. Rengas on hyvässä lykyssä täytetty lämpimässä hallissa ja ulos vietäessä usean kymmenen asteen lämpötilaero laskee rengaspainetta huomattavasti. Rengaspaine laskee 0.1 bar kymmentä astetta kohti. Myös renkaan lämpeneminen ajossa on pienempää kuin kesällä. Kesällä taas asia on toisinpäin. Rengas on täytetty keväällä matalassa lämpötilassa, jolloin paine vain nousee, kun ilma lämpiää. Keskikesällä renkaista voi aivan tavallisen ajon jälkeen mitata järjestään yli kolmen barin paineita, vaikka täyttöpaine keväällä on ollut huomattavasti matalampi. Tämä lämpötilanvaihtelu on luonnollisesti otettava huomioon aina renkaita vaihtaessa ja ilmanpaineita tarkastaessa. Talvella ylitäyttö on huomattavasti tärkeämpää kuin kesällä.

Myös vierinvastus pienenee lämpötilan noustessa. Tämän voi tarkkaavainen kuljettaja huomata ajaessaankin. Vierinvastuksen pieneminen ei perustu pelkästään kasvaneisiin rengaspaineisiin, vaan renkaan vierinvastus pienenee lämpötilan noustessa, vaikka rengaspaineet pidetään samassa. Tällä on varmasti oma pieni osansa siinä, että joka vuosi kesän kuumimpaan aikaan olen ajanut autollani kaikista pienimmät kulutuslukemat. Lämpötilan vaikutus vierinvastukseen selviää alla olevasta kuvasta.



Kuva 17. Renkaan lämpötilan vaikutus vierinvastukseen (Nokian renkaat)

## 7.2 Pyöräkulmat

Pyöräkulmien säätö on taloudelliselle kuljettajalle tarpeellinen toimenpide, sillä väärin suunnatut pyörät jarruttavat menoa varsin tehokkaasti. Useimmiten väärät pyöräkulmat huomaa joko sisä- tai ulkosyrjästään kuluneista renkaista tai auton epäluonnollisesta käytöksestä, kuten vetelystä, tai siitä, että ohjauspyörä on suoraan ajettaessa vinossa. On tosin sanottava, että vetely voi olla myös oire vääristä tai epätasaisista rengaspaineista tai renkaiden ominaisuudesta. Eri autot reagoivat pyöräkulmiin eri tavalla. Jotkut ovat tarkempia kuin toiset. Pyöräkulmien säädössä on suositeltavaa käyttää ajoneuvon valmistajan antamia ohjearvoja, jos itsellä ei ole parempaa tietoa asiasta. Ohjearvoista ei tarvitse yleensä itse huolehtia, vaan ne löytyvät pyöräkulmien säätäjältä. Ennen pyöräkulmien säätöä olisi huolehdittava siitä, ettei pyöräntuennasta löydy välkyksiä. Välkykset tuennassa saavat aikaan heittoa arvojen mittauksessa ja lopputuloksena voi olla väärist kulmat.

Useimmissa autoissa läheskään kaikki pyöräkulmat eivät ole säädettävissä, mutta yksi ja tärkein löytyy kaikista. Se on ohjaavien pyörien aurauksen säätö. Etupään säätö löytyy raidetangoista ja muuttaa raidetankojen pituutta ja määrää täten sen, ovatko pyörät aurauksella vai harituksella, vai kenties suorassa. Auraus tarkoittaa sitä, että eteenpäin ajettaessa pyörät ikään kuin hakeutuvat toisiaan kohti, eli niiden etureunat ovat sisäänpäin kääntyneet. Vastakkainen asento on nimeltään haritus, eli pyörät pyrkivät toisistaan pois päin. Auraus voidaan merkitä asteina tai millimetreinä. Millimetreinä merkitty auraus on riippuvainen rengaskoosta. Positiivinen arvo tarkoittaa aurausta ja negatiivinen haritusta. Automerkillä riippuen ohjearvo voi olla millä tahansa edellä mainitulla alueella, mutta väärä arvo aiheuttaa pyörien kulumista ja lisää vierinvastusta. Aurauksen säädön voi löytää myös takapyörästä. Monessa autossa se onkin säädettävissä myös takana.



Aurauksen säätö on tarkin kaikista auton kulmista ja sitä mitataan tietokoneohjatuilla laitteilla, jotka mittaavat kulmaa sadasosa-asteen tarkkuudella. Kymmenyksen heitto aurauksikulmassa on jo paljon. Aurausta voi yrittää säätää myös mittanauhalla, mutta tällä menetelmällä jäädytään todella kauas vaaditusta arvosta.

Toinen kuluttajan kannalta tärkeä pyöräkulma on camber-kulma, joka tarkoittaa pyörän pystykallistumaa sisään- tai ulospäin. Lähes poikkeuksetta autoissa camberin arvo on negatiivinen, eli pyörän yläreuna on sisempänä kuin alareuna. Väärä camberin arvo saattaa tehdä autosta rauhattoman ja uraherkän sekä kuluttaa renkaita epätasaisesti. Camber-kulmalla on hyvin vähän vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Useimmissa autoissa ei ole camberin säätömahdollisuutta. Etupään camberin säätö on yleisempi kuin takapään säätö. Camberin säätö voi löytyä joko tukivarresta, joustintuen alapäästä, tai liikuttamalla koko joustintukea sen yläpäästä.

Kolmantena kulmana on caster-kulma, joka tarkoittaa olkatapin kallistumaa eteen- ja taaksepäin. Tätä kulmaa voidaan jotenkuten verrata polkupyörän etuhaarukan kulmaan. Pysty kulma tekee ohjauksesta nopeasti vastaavan, mutta rauhattoman ja loiva kulma tekee taas ohjauksesta laiskan, mutta suuntavakaan. Caster-kulmalla ei ole vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Caster löytyy luonnollisesti vain etupyöristä ja sitä voidaan säätää tukivartta liikuttamalla. Jos olkatapin alapää on edempänä kuin yläpää, on kulma positiivinen. Negatiivinen kulma on autossa erittäin harvinainen.

Muita kulmia ovat:

KPI (King Pin Inclination), joka tarkoittaa olkatapin kallistumaa sivusuunnassa. KPI:n muutos vaikuttaa camberiin, mutta camber ei vaikuta KPI:hin. KPI-kulma ei normaalisti ole säädettävissä.

Set back mittaa sitä, ovatko saman akselin pyörät samassa linjassa, vai onko esimerkiksi toinen taaempana kuin toinen. Caster-kulman säätö saa tietysti pyörän liikkumaan hienan eteen tai taakse, mutta jos caster on säädetty oikeaoppisesti symmetrisiksi molemmiin puoliin, pitäisi pyörienkin olla samassa linjassa, eli set back nolla. Väärä set backin arvo viittaakin vaurioon pyöräntuennassa ja sen syy tulee selvittää. Siihen ei voida vaikuttaa nelipyöräsuuntauksella.

Viimeisenä on kulkukulma, eli se missä kulmassa auto kulkee. Kulman tulisi olla nolla, jotta auto kulkee suoraan. Positiivinen tai negatiivinen arvo saa auton kulkemaan hienan toinen kylki edellä. Kulkukulmaan vaikuttaa takapään aurauksen säätö. Jos auraukset ovat säädettävissä ja ne säädetään symmetrisiksi, on kulkukulma automaattisesti nolla. Jos takapäästä ei löydy aurauksen säätöä, ei kulkukulmaan pääsääntöisesti voida vaikuttaa.

## 8 TALOUDELLINEN AJOTAPA

Autosta löytyy paljon säädettävää ja muokattavaa, millä voidaan vaikuttaa polttoainekulutukseen. Silti kaikista helpoin ja usein tehokkain tapa on säätää sitä osaa, joka sijaitsee ratin ja penkin välissä, eli kuljettajaa itse. Ajotapaa muuttamalla voi säästää paljon. Eikä ajotavan muuttaminen ole edes vaikeaa. Aluksi saattaa vaikuttaa siltä, että taloudellisessa ajossa on paljon muistettavaa ja se on työlästä, mutta yllättävän pian säännöt muistuvat mieleen ja taloudellisesta ajosta tulee tapa, jota ei tarvitse miettiä, vaan siitä tulee automaattinen toiminto. Kaikkea ei edes tarvitse oppia, vaan selvää säästöä saa jo muuttamalla suurimpia yksittäisiä asioita ajamisessaan. Jos siltä tuntuu, voi pääasiat opittuaan siirtyä tarkempaan viilaukseen. Taloudellinen ajotapa ei ole edes hyvä pelkästään polttoainekulutuksen kannalta, vaan se säästää järkevästi toteutettuna myös autoa ja renkaita ja jopa kuljettajan hermoja.

### 8.1 Vinkkejä taloudelliseen ajoon

Auton polttoainekulutuksen vähentämisessä kuljettaja on tärkeässä osassa. Taloudellisen ajotavan opettelu voi säästää monta litraa polttoainetta sataa kilometriä kohti. Taloudellisen ajotavan opettelussa on oma työnsä, mutta se maksaa itsensä kyllä takaisin. Kun ajotapa on opeteltu, siitä tulee automaatio, eikä koko asiaa tarvitse juuri ajatella. Taloudellinen ajo siis ei ole vaivalloista, kunhan opetteluvaiheen yli on päästy.

Jokaisen kuljettajan ei tarvitse olla taloudellisen ajon ammattilainen ja noudattaa jokaista taloudellisen ajon ohjetta tarkasti, mutta pienikin muutos oikeaan suuntaan saa aikaan ihmeitä. Pelkällä ennakkoinnilla ja moottorijarrutuksen opettelulla on jo suuri vaikutus. Jos jokainen suomalainen osaisi edes taloudellisen ajon alkeet, säästettäisiin varmasti huomattavia määriä polttoainetta ja tätä kautta saasteet vähenevät.

Tähän lukuun olen listannut vinkkejä taloudelliseen ajoon. Ohjeet ja tarkemmat kuvaukset kustakin vinkistä ovat opinnäytetyön liitteessä 1.

- Ennakoi
- Moottorijarruta
- Opettele liikennevalot
- Lipuminen
- Kiihdytä oikein
- Opettele vaihtamaan
- Älä pysähdy
- Älä käytä jarruja
- Käytä esilämmitystä
- Aja tasakaasulla
- Älä aja urissa
- Hyödynnä muut ajoneuvot
- Vältä tyhjäkäyntiä

## 8.2 Erikoistekniikat

Jos polttoaineensäästöä halutaan ottaa kaikki hyöty irti, on siirryttävä erikoistekniikoihin. Näitä tekniikoita kutsutaan englannin kielessä yleisnimityksellä *hypermiling*. Erikoistekniikat ovat nimensä mukaan tekniikoita pidemmälle päässeille taloudellisen ajon harrastajille, eikä niitä välttämättä kannata kokeilla, jos ei tiedä mitä tekee. Tekniikoiden käyttäminen liikenteessä saattaa olla joidenkin mielestä hieman kyseenalaista, mutta niiden hyöty on silti kiistaton.

Näistäkin tekniikoista kerron lisää liitteessä 1.

- Vältä tyhjäkäyntiä
- Hyödynnä alamäki
- Pulse & glide - kiihdytä ja liu'u

## 9 AUTONI

Auton rakennus oli mukavaa puuhastelua, mutta kiinnostavampaa oli mittailla ja testaila muokkauksien ja ajotavan vaikutusta. Mitä kaikkea autolle sitten tehtiin, mitä mitattiin ja miten?

### 9.1 Auton rakennus

Projektiautoni, Peugeot 306:n oli siis tarkoitus tutkia muokkauksia, joilla auton ulkoasun voi pitää vielä jotenkuten siedettävänä näköisenä, joten ulkokuorelle tehtiin oikeastaan varsin vähän muokkauksia. Ainoat muokkaukset, joita ulkokuorelle tehtiin, olivat:

- Etupuskurin jatke, eli etuilmanohjain, jonka tarkoitus on peittää keulan aukot ja ohjata ilma sulavammin auton ohi.
- Takailmanohjain, joka on käytännössä katon jatke ja jonka tarkoitus on ohjata ilma sulavammin pois auton päältä ja vähentää pyörteilyä perässä.
- Toisen sivupeilin ja takalasinpyyhkijän poisto, jotka vaikuttavat ilmanvastukseen.
- Kaikkien rakojen ja reikien teippaukset. Kaikki konepeiton ja oven raot, antennin reiät ja vastaavat peitettiin teipillä, joten auto kulkee ilmamassan läpi sulavammin.
- Vetokoukun poisto, joka vaikuttaa ilmanvastukseen ja painoon.

Lisäksi sisusta riisuttiin täysin lukuun ottamatta etupenkkejä ja kojelautaa. Myös moottoriin tehtiin pieniä muutoksia, kuten imuilmaputken ohjaaminen pakosarjalle, josta saadaan lämmintä ilmaa sekä laturin poistaminen käytöstä.

Toinen autoni, eli käyttöautona toimiva Opel Astra toimi myös testausalustana. Astralla tutkin esimerkiksi pyörteentekijöiden vaikutusta ilman pyörteilyyn auton takana, tutkin ajotavan vaikutusta polttoaineenkulutukseen ja kokeilin myös etupuskurin aukkojen tukkimista sekä moottorin lämpimän ilman ottoa. Ajotavan vaikutus on pitkäaikainen projekti, joka on jatkunut noin kaksi vuotta. Tänä aikana olen ehtinyt kokeilemaan ja opettelemaan erilaisia ajotapoja ja niiden vaikutuksia autoni kulutukseen varsin perus-

teellisesti ja täten virhemarginaalin pitäisi olla varsin pieni. Vaikka Astrassa on kokeiltu polttoaineenkulutusta vähentäviä osia ja asioita, ei se silti ole täysin taloudellisuutta ajatellen rakennettu. Osa sotii polttoaineenkulutuksen vähentämistä vastaan. Auto nimittäin kantaa joka hetki yli 150 kg ylimääräistä painoa, joka on peräisin toisesta harrastuksestani, autohifistä. Autossa on kaiuttimia, koteluita, akkuja, paksuja kaapeleita sekä kasoittain bitumia ja muita vaimennusmateriaaleja. Näistä huolimatta olen päässyt varsin mukaviin tuloksiin polttoaineenkulutustakin ajatellen. Siitä lisää luvussa 9.2.3. Toki jonkin verran pienemmällä kulutuksella olisin saattanut päästä normaalipainoisella autolla.

### 9.2 Mittaustulokset

Projektin koko tarkoitus oli saada tuloksia siitä, mitkä asiat vaikuttavat kulutukseen ja miten paljon, joten tein erinäisiä mittauksia näiden asioiden selvittämiseksi. Tutkimusten tekeminen oli myös työn haastavin vaihe ja siihen verrattuna itse auton rakentelu pelkästään mukavaa puuhastelua. Mittaustulosten hankinnassa käytin erilaisia tekniikoita, joista alla lisää.

#### 9.2.1 Rengaspaineet

Aiemmin esitin taulukon rengaspaineen vaikutuksesta vierinvastukseen ja päätin tutkia asiaa myös itse. Tutkin asiaa laskemalla autolla mäkeä alas ja mittaamalla miten pitkälle auto liukui. Lähtö tapahtui aina samasta kohtaa mäkeä ja etäisyys mitattiin siihen pisteeseen, johon auto pysähtyi. Tein jokaiselle rengaspaineelle kolme mittausta, joista laskin keskiarvon. Autona mittauksessa oli Opel Astra G -01 ja renkaina uudet Michelin X-ice 2 kitkarenkaat koossa 185/60-15. Rengaspaineiden vertailuarvona käytin kyseiselle rengaskoolle yleisesti sopivaa 2.3 bar painetta ja tällä paineella saavutettuun tulokseen vertasin muilla paineilla saavutettuja tuloksia. Keli mittaushetkellä oli poutainen +10 °C ja tienpinta oli kuiva. Mittatarkkuus yksi metri.

Alla mittaustuloksia. Mittaustulosten perässä esitetyt prosentit eivät ole etäisyyden prosentuaalinen ero suhteutettuna vertailuarvoon, vaan vierinvastuksen ero vertailuarvoon verrattuna. Tästä syystä prosenttiluvut näyttävät olevan ikään kuin väärinpäin.

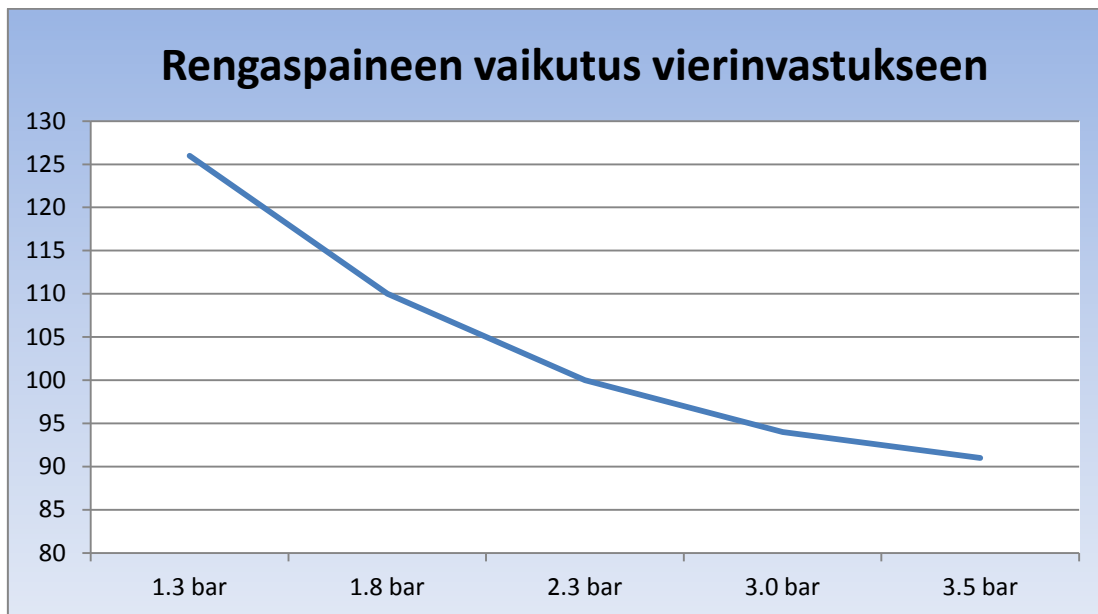
1.3 bar, lasku 1, 169 m  
1.3 bar, lasku 2, 172 m  
1.3 bar, lasku 3, 171 m  
Keskiarvo 171 m, 126 % vertailuarvosta.

1.8 bar, lasku 1, 195 m  
1.8 bar, lasku 2, 196 m  
1.8 bar, lasku 3, 195 m  
Keskiarvo 195 m, 110 % vertailuarvosta.

2.3 bar, lasku 1, 213 m  
2.3 bar, lasku 2, 215 m  
2.3 bar, lasku 3, 216 m  
Keskiarvo 215 m, 100 % vertailuarvosta.

3.0 bar, lasku 1, 227 m  
3.0 bar, lasku 2, 228 m  
3.0 bar, lasku 3, 229 m  
Keskiarvo 228 m, 94 % vertailuarvosta.

3.5 bar, lasku 1, 233 m  
3.5 bar, lasku 2, 236 m  
3.5 bar, lasku 1, 235 m  
Keskiarvo 235 m, 91 % vertailuarvosta.



Kuva 18. Rengaspaineen vaikutus vierinvastukseen

Yllä olevan käyrän on tarkoitus havainnollistaa käyrän muoto, joka seuraa hyvin Nokialta saamani käyrän muotoa. Käyrästä voidaan havaita liian matalien rengaspaineiden huonontavan vierinvastusta suhteessa enemmän kuin mitä korkeat paineet sitä parantavat.

### 9.2.2 Hidastustekniikka

Tein myös laskelmia siitä, mikä on paras hidastustekniikka, kun alkunopeus on 50 km/h ja loppunopeus 0 km/h. Autonäytin käyttäen arkautoani Opel Astraa. Mittauspaikkana oli tasainen kuiva tie ja ilman lämpötila 10 °C. Mittaukset tein hidastamalla eri tekniikoilla ja mitaten miten pitkä matka nopeuden pudottamiseen meni ja ottamalla sekuntikellolla aikaa osuuksista, joissa moottori kävi tyhjäkäyntiä. Jos tiedetään tyhjäkäyntikulutus ja auton kulutus 50 km/h nopeudessa, voidaan näistä ja mittausdatasta laskea kulutus kullekin hidastamistavalle. Autossani ei ole ajotietokonetta, joten en tiedä tarkkaan auton kulutuksia, vaan ne ovat sivistyneitä arvauksia pohjautuen oman auton tuntemukseen ja siitä saatuun kokemukseen, joten saadut tulokset eivät ole täysin tarkkoja. Mittausten tarkoitus onkin olla suuntaa antavia ja esittää millä tavalla kyseinen mittaus voidaan tehdä.

Laskin oman kulutukseni hidastuksen aikana viidellä eri hidastamistavalla:

- Vapaalla
- Moottorijarruttamalla
- Moottorijarruttamalla siten, että ykkösvaihteelle vaihtamisen sijaan vaihdan vapaalle ja rullaan loppumatkan
- Vapaalla siten, että rullaan alkumatkan vapaalla ja alan moottorijarruttaa 30 km/h nopeudessa.
- Vapaalla siten, että rullaan alkumatkan vapaalla ja alan moottorijarruttaa 20 km/h nopeudessa.

Näistä laskin esimerkiksi, että vapaalla rullaus pysähdyksiin asti vei 470 metriä ja aikaa kului 76 sekuntia. Tässä tapauksessa matka on merkityksetön, mutta sitä tarvitaan verratessa muita hidastamistapoja vapaalla rullaamiseen. Kuluneesta ajasta voi laskea kulutuksen, jos tyhjäkäyntikulutus tunnetaan.

Moottorijarruttamalla taas matkaa kului 220 metriä ja vapaalla rullasin 14 sekuntia. Vapaalla rullaamista tulee moottorijarruttamallakin välttämättä, koska kierrosten laskettua ykkösvaihteella tarpeeksi alas, ei pienemmälle voi enää vaihtaa ja vauhtia on yhä hie- man jäljellä, joten ainoa tapa on vaihtaa vapaalle ja antaa nopeuden tippua nolnaan. Tästä siis saadaan tulokseksi, että koko hidastamismatka oli pelkkään vapaalla rullaamiseen verrattuna 250 metriä lyhyempi, eli autolla pitää ajaa 250 metriä pidemmälle ennen hidastamisen aloittamista. Tällä matkalla kuluu polttoainetta, joka on otettava huomioon. Moottorijarrutuksen aikana ei polttoainetta kulu lainkaan, joten siihen kulunutta aikaa tai matkaa ei tarvitse erikseen tietää. Sen sijaan lopun neljäntoista sekunnin kuluttama polttoaine lisätään kulutukseen ja tuloksena on kyseisen hidastamistavan kulutus 470 metrin matkalla.

### **Alla ovat saamani mittaustulokset:**

1. Vapaalla 470m 76s
2. Moottorijarrulla 220m vapaa 14s
3. Moottorijarrulla vaihto vapaalle ennen ykkösvaihdetta 290m vapaa 29s
4. Vapaalla moottorijarrutus kolmestakympestä 330m vapaa 36s + 14s = 50s
5. Vapaalla moottorijarrutus kahdestakympestä 420m vapaa 43s + 14s = 57s

### **Ja mittaustuloksista saadut kulutuslukemat:**

Kulutus 50 km/h 5.5 l / 100km  
Tyhjäkäynti 1 litra tunnissa

1. kulutus 470m: 0.0210 litraa
2. kulutus 470m: 0.0177 litraa
3. kulutus 470m: 0.0180 litraa
4. kulutus 470m: 0.0216 litraa
5. kulutus 470m: 0.0186 litraa

Tuloksista näemme, että moottorijarrutus on paras tapa ja kulutus moottorijarruttamalla oli 17.7 millilitraa.

Laskin tulokset vielä uudestaan käyttäen eri kulutusarvoa tyhjäkäynnille selvittääkseni miten arvojen muutos vaikuttaa tulokseen. Tästä selvisi, että suhteellisen pienikin muutos arvoissa voi kääntää tulokset melkein pääläelleen ja ilman tarkkoja arvoja kulutuksen laskeminen on lähinnä arpapeliä.

### **Alla tulokset eri lähtöarvoilla:**

Kulutus 50 km/h 5.5 l / 100 km  
Tyhjäkäynti 0.8 litraa tunnissa

1. kulutus 470m: 0.0169 litraa
2. kulutus 470m: 0.0169 litraa
3. kulutus 470m: 0.0163 litraa
4. kulutus 470m: 0.0188 litraa
5. kulutus 470m: 0.0155 litraa

Nyt paras tulos saatiinkin viimeisellä vaihtoehdolla, joka oli rullaaminen vapaalla 20 km/h nopeuteen asti ja aloittamalla moottorijarrutus.

Mitään yleispätevää parasta hidastustekniikkaa ei siis voida nimetä, koska autojen erilaiset ominaisuudet vaikuttavat siihen, mikä on kullakin autolla paras tapa hidastaa. Jos tarkkoja laskuja ei pystytä tai haluta tehdä, lienee tavallinen moottorijarrutus melko turvallinen vaihtoehto.

### **9.2.3 Ajotavan vaikutus**

Kaikista suurin vaikutus kulutukseen on ajotavalla. Epätaloudellisen ajon kulutustakin voidaan vähentää autoon tehtävillä muutoksilla, mutta ajotavan vaikutus on kiistatta suurempi. Paras lopputulos saadaan näiden kahden yhdistelmällä. Olen noin kolmen vuoden ajan tarkkaillut autoni kulutusta omassa ajossani. Ajo on ollut hyvin samanlaista jokaisella tankillisella - noin 70 % taajamaa ja 30 % maantietä.

Alunperin havahtuin autoni kulutukseen, kun päätin erään kerran huvikseni laskea paljonko autoni kuluttaa. Ajoin tankillisen ja katsoin montako kilometriä pääsin. Tyrmistyin siitä miten suuri kulutus oli. Sain tulokseksi 9.7 litraa sadalla kilometrillä, mikä on käyttämälläni autolle todella paljon. Tämä avasi silmäni ja aloin tarkkailla ajotapaani tosissani.

Aloin siis käyttää moottorijarrutusta tehokkaammin, käyttää oikeita kierroksia moottorissa ja kiinnitin huomiota kiihdytyksiin ja sain jo ensimmäisellä tankillisella huomattavasti paremman tuloksen, 8.3 litraa sadalla. Pienillä muutoksilla kulutus siis tippui 1.4 litraa sadalla. Ja olin tässä vaiheessa vasta aloittelija. Tästä eteenpäin opin koko ajan uutta ja opettelun tuntamaan autoni paremmin. Kulutuslukemat pienenevät joka tankillisella. Hyvin pian pääsin jo seitsemällä alkaviin lukemiin ja sillä hetkellä paras tulokseni oli 7.2 litraa sadalla kilometrillä ja tuohon tulokseen jämähdinkin vähäksi aikaa. Yritystä päästä kuudella alkaviin lukuihin oli kova, mutta sinne ei vielä päästy.

Kun kulutus ei tuntunut tippuvan enää, innostuin pulse & glide tekniikasta, jossa autoa kiihdytetään, sammutetaan moottori ja annetaan liukua. Ensimmäisen kokeiluni jälkeen sain heti tulokseksi 6.8 litraa sadalla. Olin tyytyväinen tulokseen ja päätin jatkaa ja kokeilla miten vähällä pääsen. Käytin jonkin verran pulse & glidea, ajelin alamäkiä moottori sammuksissa, sammutin moottorin liikennevaloissa ja hidastin rullaamalla vapaalla moottori sammuksissa. Parin tankillisen jälkeen tein oman ennätykseni, joka on ennätys vielä tälläkin hetkellä. Tuo lukema on 6.2 litraa sadalla kilometrillä. Alkuperäisestä lukemasta on siis tultu alas 3.5 litraa pelkällä ajotavan muutoksella. Se tietää vuoden aikana jo melkoista säästöä rahassa mitattunakin.

Tosin harva jaksaa käyttää näin äärimmäisiä keinoja pitkään, joten maksimaalista hyötyä ei ehkä irti saada. Näin kävi minullekin ja lopetin pulse & gliden käytön ja moottorin sammuttelun. Kokeilusta jäi silti aika paljon asioita muistiin ja aloin käyttää aivan tavallisessa ajossa entistä enemmän vapaalla rullailua silloin, kun se tuntui parhaalta vaihtoehdolta. Huomasin taas polttoaineenkulutukseni pienentyneen, vaikka ajelin vanhalla tavalla, enkä sammutellut moottoria. Nyt pääsin jo tavallisella ajolla samaan 6.8:n litran lukemaan, jonka tein ensimmäisellä pulse & glide kokeilullani. Huomasin taitojeni edelleen kehittyneen tästä, koska pääsin myös hieman pienempiinkin lukemiin ja sain toistuvasti alle seitsemän litran lukemia.

Paras tavallisella ajolla saavutettu tulokseni tähän mennessä on 6.5 l / 100 km. Tulos ei jää kuin 0.3 litraa pulse & glide tekniikasta, mutta näin pieni ero saattaa selittyä kahdella asialla: Pulse & glide -kokeilun jälkeisellä taitojen kehittymisellä sekä muuttujilla ajossa ylipäätään. Jälkimmäisellä tarkoitan sitä, että päivittäisessä käytössä ajot eivät tietenkään ole täysin samanlaisia ja kontrolloituja, vaan muutoksia tulee aina. Joskus maantietä voi tulla muutama prosentti enemmän, joskus vähemmän, joskus olosuhteet voivat olla keskimääräistä paremmat ja joskus pysähdyksiä voi tulla vähemmän. Erot tietysti tasoittuvat, kun mittausväli on aina yksi tankillinen, eli omassa tapauksessani jopa yli 700 kilometriä. Tästä huolimatta kaikkia muuttujia ei millään voida eliminoida ja siksi tankillisten välille syntyy parinkin desin eroja sataa kilometriä kohti, vaikka ajo on tuntunut menneen yhtä hyvin molemmilla kerroilla. Näistä muuttujista ja pienistä eroista huolimatta on kiistatonta, että kulutukseni on tippunut roimasti pelkkää ajotapaa muuttamalla.

### 9.2.4 Projekti-auton kulutus

Projekti-auton kulutuksen selvittäminen muutosten jälkeen on se asia, johon koko projekti tähtäsi. Kulutuksen selvittäminen ei ollut helppoa ja vaati paljon aikaa, mutta jonkinlaisen tuloksen sain sentään aikaan, vaikka jonkinlaisia epätarkkuuksia mittauksesta löytyykkin. Mittausmatka oli verrattain lyhyt, 16 kilometriä, ja matkan aikana pitäisi saada erot näkyviin. Mittausta vaikeutti vielä se, ettei minulla ollut muita välineitä kulutuksen mittaamiseen, kuin normaali kulutuksen mittaus tankkausten väleillä. Tankkasin siis tankin täyteen, ajoin lenkin ja tankkasin uudestaan. Tankkaus tapahtui aina samalla pumpulla auton ollessa samassa asennossa ja tankkasin tankin aina niin täyteen, että polttoaineen pinta ylsi aina silmämääräisesti samaan kohtaan. Mittauksen olisi saanut tarkemmaksi käyttämällä paljon pienempää erillistä polttoainetankkia, mutta tähän minulla ei löytynyt keinoja.

Itse mittaus tapahtuma järjestettiin siten, että lähtö oli bensa-asemalta, josta matka johti maantietä pitkin melko vähäliikenteiselle asfalttipäällysteiselle tielle, jossa nopeusrajoitus oli myös 80 kilometriä tunnissa, mutta jossa pääosin simuloitiin kaupunkiliikennettä.



Tieltä oli siis valittu pysähdyspaikat, jotka simuloivat taajamaliikenteen pysähdyksiä. Pysähdyspaikat olivat aina samoissa kohdissa ja pysähdykset kestivät aina yhtä kauan. Pysähdyksiä oli yhteensä kymmenen ja kaupunki- ja maantieosuuksien suhde oli noin 50 % kumpaakin. Lenkki päättyi samalle bensa-asemalle, jossa auto tankattiin ja matkamittari nollattiin taas uutta lenkkiä varten. Välissä laskettiin lenkin kulutus.

Matka ajettiin ensin kolmeen kertaan, joista laskettiin kulutuksien keskiarvo, minkä jälkeen autoon tehtiin muutokset nopealla tahdilla ja ajettiin lenkki uudestaan kolmeen kertaan. Auton purku oli töistä se, joka vei eniten aikaa ja se toteutettiinkin jo edellisenä päivänä. Testipäivänä autoon oli lastattu vastaava määrä lisäpainoa, joka autosta oli juuri purettu. Näin muutokset saatiin tehtyä nopeaan tahtiin ja kaikki testilenkit saatiin ajettua saman päivän aikana, jolloin sääolojen vaihtelu ja sen vaikutus tulokseen pysyi pienenä. Testipäivänä oli aurinkoista, poutaista ja lämpötila -12 °C. Tien pinta oli pääosin sula ja kuiva. Olisin halunnut tehdä testin kesällä, mutta aikataulu oli mikä oli, eikä niin pitkään odotteluun ollut mahdollisuutta, joten jouduin tyytymään talveen. Onneksi sää suosi ja pysyi vakaana.

Testilenkit ajoi 50-vuotias mieshenkilö, jolla on vakiintunut ajotapa ja joka ei harrasta taloudellista ajotapaa. Kuljettajaksi halusin siis mahdollisimman tavallisen kuljettajan, joka ajaa autoa mahdollisimman tavallisesti. Viereisellä paikalla istui kellottaja, joka kellotti pysähdyksiä ja valvoi kaikkien testilenkkien sujuvan samankaltaisesti. Ensimmäisten testilenkkien kulutuksien keskiarvoksi saatiin 6.54 litraa sadalle kilometrille, mitä voidaan pitää sellaisenaankin varsin kohtuullisena tuloksena. Tulos siis saatiin vakiokuntoisella autolla. Toisen testilenkkisarjan kulutuksien keskiarvoksi muokatulla autolla saatiin 5.76 litraa sadalle kilometrille. Kulutusta näillä muokkauksilla saatiin siis tiputettua 0.78 litraa sataa kilometriä kohti. Vaikka erillistä dataa eri muokkausten vaikutuksista ei saatu, uskon aerodynaamisten muokkausten näyttelevän kokonaistuloksesta varsin pientä osaa, koska itse muokkauksetkin olivat melko minimaalisia. Näin ollen suurimman vaikutuksen uskon olevan painon kevennyksellä, rengaspaineilla ja moottorin muutoksilla.

Alla mittaustulokset lenkeittäin (l/100km):

Vakio auto, lenkki 1: 6.49 litraa  
Vakio auto, lenkki 2: 6.61 litraa  
Vakio auto, lenkki 3: 6.52 litraa  
Keskiarvo 6.54 litraa

Muokattu auto, lenkki 1: 5.82 litraa  
Muokattu auto, lenkki 2: 5.72 litraa  
Muokattu auto, lenkki 3: 5.74 litraa  
Keskiarvo 5.76 litraa

Näitä tuloksia voi käyttää vertailussa hyvin pitkälle muokatun auton kanssa, jonka esitelen luvussa 10.

### 9.2.5 Mahdollisia virheitä

Mitkään tekemäni mittaukset eivät ole täysin tarkkoja, vaan niihin vaikuttaa moni muuttaja.

Lämpötilan vaikutus on pyritty minimoimaan tekemällä samat testit nopeasti peräjälkeen, joten tästä aiheutuva virhe on hyvin pitkälle minimoitu, mutta näissä olosuhteissa sen täydellinen poistaminen on mahdotonta.

Rullauskokeissa tuuli on saattanut, ja on varmasti aiheuttanutkin, heittoja mittauksiin. Myös mahdollinen hienoinen renkaan lämpeneminen muuttaa renkaan vierintäominaisuuksia.

Parasta hidastustekniikkaa käsittelevässä kohdassa auton tyhjäkäyntikulutus ei ole selvillä, joten olen joutunut tekemään laskelmia arvausten pohjalta. Tästä syystä laskuja on kaksi erilaista, joista nähdään miten eri tyhjäkäyntikulutus vaikuttaa hidastustekniikan soveltuvuuteen. Ylipäätään aina, kun oletuksia joudutaan tekemään, ei tulos ole tarkka, vaan enintäänkin suuntaa antava, ja tätä olen yrittänyt painottaa kirjoituksessani.

Projekti-autoni kulutusta käsittelevä mittaus sisältää myös mahdollisia virheitä. Näitä ovat ainakin polttoainetankin täyttö aina samaan pisteeseen asti, joka on tällä tavalla toteutettuna mahdotonta, mutta hyviin pieniin toleransseihin on mahdollista päästä hyvällä tarkkaavaisuudella ja vakaalla kädellä. Tämän virheen minimoimiseksi olisi perinteinen bensatankki voitu poistaa ja korvata paljon pienemmällä, jossa on mitta-asteikko. Kyseinen toimenpide ruiskumoottorilla varustetussa autossa on kuitenkin liian hankala tähän projektiin, joten ajatuksesta luovuttiin. Ruiskumoottori vaatii aina bensapumpun ja sen tuottaman bensaapaineen ja sen liittäminen esimerkiksi muovipulloon olisi vienyt turhan paljon aikaa ja teettänyt vaivaa. Kaasutinmoottorisen auton polttoaineensyötöstä taas olisi voitu huolehtia muovipullolla, joka on nostettu kaasutinta korkeammalle ja liitetty letkulla kaasuttimeen, jolloin bensa pääsee valumaan kaasuttimen kohokammioon painovoiman avulla. Muutos olisi ollut helppo toteuttaa ja se olisi ehdottomasti toteutettu, jos autossa olisi ollut kaasutinmoottori.

Kuljettaja on myös yksi muuttuja, ehkä jopa suurin. Kuljettaja ei aja autoa joka lenkillä täysin samalla tavalla, vaan ajokäytös voi muuttua, kun reitti tulee tutuksi, tai kun ajamiseen alkaa väsyä. Tästä syystä testikuljettajaksi valittiin henkilö, joka on jo hyvin rutinoitunut kuljettaja. Tästä huolimatta ajotavan muutosta ei voida sulkea pois, koska ihminen saattaa tehdä tiedostamattomiakin muutoksia, vaikka pyrkii pitämään ajonsa samanlaisena. Tai ehkä pyrkimys tähän on juuri syy mahdollisiin muutoksiin: Liika keskittyminen tappaa rutiinin.

Mahdollisesti tarkimmat mittaukset ovat käyttöautollani tehdyt kulutusmittaukset, jotka koskevat ajotavan vaikutusta kulutukseen. Mittausten ajoittuminen pitkälle aikavälille aiheuttaa väistämättä tulosten vääristymistä, mutta tässä piilee myös menetelmän vahvuus: Pitkä aikaväli mahdollistaa sen, että testejä on useita kymmeniä, jopa satoja, ja ajo on tehty aivan arkipäiväisissä tilanteissa. Myös tankki on aina tankattu täyteen ja sillä on ajettu satoja kilometrejä. Tämä tasoittaa satunnaisten muuttujien vaikutusta tuloksiin, koska niitä mahtuu jokaiseen tankilliseen hyvin paljon. Tätä tukee se tosiasia, että saavuttamani kulutuslukemat ovat pitkään olleet hyvin tasaisia. Tarkkuus eri tankkauskerrojen välillä on ollut 1-2 desilitraa sadalla kilometrillä. Vuodenaikojen välillä tulos tietysti muuttuu ja parhaat tulokset tehdään kesällä.

## 10 AEROCIVIC

Kaikki alla oleva tieto ja kuvat ovat peräisin Internet-sivulta [www.aerocivic.com](http://www.aerocivic.com)

Aerocivic on Yhdysvaltalaisen Mike Turnerin tekemä projekti, jonka pohjana on Honda Civic vuosimallia 1992. Kyseessä on auto, jonka polttoainetaloudellisuus on pyritty nostamaan huippuunsa. Internetistä löytyy lukematon määrä samankaltaisia projekteja, mutta otin omaksi kohteekseni juuri Aerocivicin, koska se on tunnettu ja sillä on oma Internet-sivu, jonka jokainen asiasta kiinnostunut löytää helposti.

Aerociviciin tehdyt muutokset ovat lähinnä aerodynaamisia, koska ilmanvastus on kuitenkin se asia, joka auton kulkua eniten vastustaa. On siis hyödyllisintä minimoida ilmanvastus, ja tässä Mike Turner on hyvin onnistunutkin. Ilmanvastuskerroin on tippunut vakiosta 0.34:stä noin 0.17:ään. Jälkimmäinen arvo ei tosin ole aivan tarkka, koska tuulitunnelissa autolla ei ole käyty, vaan arvo on laskennallinen ja perustuu auton rulaustesteihin suoralla tiellä.

Lyhyesti selitettynä testi toimii niin, että auto kiihdytetään tiettyyn nopeuteen, vaihde vaihdetaan vapaalle ja annetaan auton rullata. Kymmenen sekunnin välein merkitään ylös auton nopeus ja näitä nopeuksia käytetään myöhemmin laskelmissa. Laskelmissa tarvitaan tieto ilman tiheydestä, maan painovoiman aiheuttama kiihtyvyys ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ), auton otsapinta-ala sekä auton massa. Tarkempaa tietoa sekä Excel-pohja ilmanvastuskertoimen laskemiseksi löytyy osoitteesta:

<http://www.instructables.com/id/Measure-the-drag-coefficient-of-your-car/>  
(INSTRUCTABLES. MEASURE THE DRAG COEFFICIENT OF YOUR CAR 2007)

Excel-pohja laskee ilmanvastuskertoimen lisäksi myös renkaan vierinvastuksen.

Aerociviciin tehtyjä aerodynaamisia muutoksia on monia, ja ne on listattu seuraavalle sivulle selvennösten kera

- Veneenperä. Kyseessä on muutos, jolla on suuri vaikutus ilmanvastuksen pienentämisessä. Veneenperän avulla ilman pyörteily auton takana vähenee ja alipaineinen alue pienenee.



Kuva 19. Veneenperä

- Pyörien suojat. Tämä muokkaus tarkoittaa pyörien kotelointia niin, että ilmavirta pääsee virtaamaan suoraan auton kylkeä myöden pyörän ohi aiheuttamatta pyörteilyä. Etupyörän kotelointi Aerocivicissä on toteutettu siten, että pyörää käännettäessä kotelointi avautuu ja sulkeutuu taas jousikuorman avustamana, kun pyörät käännetään suoraan.



Kuva 20. Pyörien kotelointi

- Keulan muotoilu. Oikeammin keulan pyöritys, on optimoidumpi versio pelkäästä etuilmanohjaimesta, jonka tarkoitus on tasoittaa etupään aukot ja ohjata ilmaa auton ohi. Tässä muokkauksessa keulaa on jatkettu hieman eteenpäin ja siitä on tehty etuosastaan voimakkaasti korkeussuunnassa kapeneva. Tämä ohjaa ilmavirtauksen paremmin auton ympärille, eikä puske ilmaa edellään.



Kuva 21. Pyöristetty keula

- Pohjan tasoitus. Pohjan muodolla on myös suuri vaikutus auton ilmanvastukseen. Epätasainen pohja täynnä pakoputkia, tukivarsia, koloja, monttuja ja kouroumia ei ole kovin optimaalinen ilman virtauksen kannalta. Pohjan peittäminen levyllä on paras keino tasoittaa ilmavirtausta ja vähentää pohjan aiheuttamaa ilmanvastusta.



Kuva 22. Tasoitettu pohja

- Pyörien ilmanohjaimet. Näillä ohjaimilla ilma ohjataan kulkemaan pyörien sivuitse. Kyseessä on kuvassa oleva musta helma, joka kulkee edestä taakse.



Kuva 23. Pyörien ilmanohjaimet

- Sivupeilit. Peilit on Aerocivicissä siirretty auton ulkopuolelta sen sisälle, jolloin niiden aiheuttamasta ilmanvastuksesta päästään kokonaan eroon. Kyseessä ei liene kovin toimiva ratkaisu, koska oletan näkyvyyden taakse heikkenevän olennaisesti. Ratkaisun laillisuutta Suomessa voi myös pohtia.



Kuva 24. Sivupeili

- Tuulilasinyyhkijät. Pyyhkijät aiheuttavat ilmavirtauksen loisivastusta ja yksi keino tämä vastuksen eliminoimiseen on pyyhkijöiden poisto. Näin radikaaliin muutokseen Aerocivicissä ei sentään ole päädytty, vaan pyyhkijöiden päälle on rakennettu konepellin jatke, joka ohjaa ilmavirtauksen suoraan pyyhkijöiden yli.



Kuva 25. pyyhkijöiden ilmanohjain

- Aukkojen peittäminen. Kaikki kolot ja aukot auton pinnassa aiheuttavat loisivastusta. Aukkojen peittäminen siis vähentää ilmanvastusta sallien ilman kulkea tasaisemmin auton pintaa pitkin. Aerocivicissä on tasoitettu kutakuinkin jokainen kolo ja koripaneelien rako.



Kuva 26. Tasoitettu rako

Aerociviciin on aerodynaamisten muutosten lisäksi tehty muutama muu muutos, kuten pientä painon tiputusta, kulutusmittarin asennus ja moottorin vaihto. Moottorin vaihto ei ollut pelkästään seurausta halusta pienentää polttoaineenkulutusta, vaan pakollinen menoerä, koska vanha moottori hajosi noin 800 000:n kilometrin kohdalla. Vanhan CX-moottorin tilalle tuli laihaseosmoottori, joka kantaa merkintää VX. Samalla, kun moottori piti vaihtaa, oli järkevää vaihtaa se hieman vähemmän kuluttavaan.

Monista muista polttoaineensäästöautoista poiketen Aerocivicissä ei ole varsinaista lämpimän ilman ottoa. Koko auton keula on tukittu, eikä jäähdytysaukkoja juuri ole ja ilma otetaan lämpimästä moottoritulasta, joten erilliseen ratkaisuun ei ole päädytty. Kuvista voi jokainen todeta, että auto ei todellakaan ole kaunis ja kyseisenlaisella autolla ajaminen vaatii monilta rohkeutta sen keräämän huomion takia. Mutta kauneus ei olekaan tämän auton olemisen tarkoitus, vaan funktionaalisuus. Auto on tehty kulkemaan vähällä polttoaineella ja sen se myös tekee.

Aerocivicin omistajan, Mike Turnerin, mukaan auto kulkee nopeudesta riippumatta kevyesti, eikä normaaleissa maantienopeuksissa tunne autoa hidastavaa ilmanvastusta. Ajaminen tavallisella autolla tuntuu hänen mukaansa siltä kuin tie olisi vuorattu siirapilla. Kulkeminen on tahmeaa, tehoa tarvitaan paljon ja ilmanvastuksen suorastaan tuntee. Aerocivic taas kulkee suuriakin nopeuksia hyvin pienellä kaasun painalluksella. Auton laskennallinen huippunopeus on tällä hetkellä noin 225 km/h. Jos otetaan huomioon, että autossa on 75 kilowatin moottori, on huippunopeus varsin hyvä osoitus auton virtaviivaisuudesta. Vakiona auton huippunopeus on vain 150 km/h.

Lopuksi tärkein, eli auton kulutus. Aerocivicin kulutus on saatu hyvin pieneksi niin edellä mainittujen muutosten kuin myös taloudellisen ajotavan avulla. Sivuston mukaan Aerocivicin keskikulutus asettuu noin lukemaan 3.3 l/100 km. Vakiona valmistajan ilmoittama kulutus on maantiellä 5 litraa sadalla kilometrillä ja kaupungissa 6 litraa sadalla kilometrillä.

Kulutukset tasaisilla nopeuksilla ovat seuraavat:

- 2.5 l/100 km (105 km/h)
- 2.8 l/100 km (113 km/h)
- 3.6 l/100 km (129 km/h)
- 4.7 l/100 km (145 km/h)



## 11 TULOKSET

Työn tuloksena saatiin rakennettua auto, johon oli tehty aerodynaamisia muutoksia ulkokuoreen, sisusta oli purettu lähes täysin ja moottorissa oli pieniä muutoksia. Autolla tehtiin testiajot kolmeen kertaan vakiona ja muokattuna ja näistä laskettiin kulutuksen keskiarvot. Tuloksena auton kulutus muokkausten jälkeen oli laskenut 0.78 litraa sadalla kilometrillä.

Työssä tutkittiin myös ajotavan vaikutusta polttoaineenkulutukseen. Käytössä oli perinteisten menetelmien ohella muutama erikoistekniikka, joilla kulutusta saatiin laskettua entisestään. Taloudellisella ajotavalla polttoaineenkulutusta saatiin laskettua 3.5 litraa sadalla kilometrillä.

## 12 POHDINTA

Halusin tehdä opinnäytetyöni harrastukseni pohjalta, koska pohjatietoa asiasta oli paljon ja työn tekeminen täten helppoa. Sain kuitenkin huomata, että suuri tietomäärä ei helpota opinnäytetyön tekemistä, vaan paisuttaa sitä. Olisin halunnut lopulliseen työhön vielä paljon enemmän asiaa, mutta määrää oli pakko rajoittaa. Esimerkiksi kuusitahtimoottori on kiinnostava idea, jota tutkisin mielelläni enemmänkin. Aiheessa voisi olla ainesta vaikka kokonaiseksi opinnäytetyöksi. Myös autoon olisin halunnut enemmän muutoksia ja olisin halunnut ottaa sen pidempiaikaiseen ajoon testatakseni muokkausten vaikutusta pidemmällä aikavälillä ja erilaisissa olosuhteissa. Tähän ei kuitenkaan ollut mahdollisuutta, joten jouduin tyytymään vähempään.

Aloitin työn tekemisen rakentamalla auton ja tekemällä sille kulutustestit. Työn kirjoittaminen alkoi vasta sen jälkeen. Kirjoittamisen aikana sain ideoita erilaisten mittausten tekemisestä ja joitakin mittauksia toteutinkin. Työn kulku oli alusta asti melko selvää, mutta uudet ideat työn kirjoituksen aikana muuttivat alkuperäistä suunnitelmaa.

Käytännössä tekemäni asiat, kuten auton muokkaukset, testit ja tutkimukset olivat mukavaa puuhastelua, koska ne tukivat suoraan harrastustani ja olin kiinnostunut tuloksista. Työn kirjoitus taas oli aika ajoin hyvin puuduttavaa, vaikka kirjoitinkin asiasta, josta olen kiinnostunut.

Olen kuitenkin työhöni melko tyytyväinen, koska näin työn kanssa kovan vaivan ja sain toivomiani tuloksia. Toivon siitä olevan hyötyä myös jollekin muulle.

## LÄHTEET

Ajovalo.net. Eri automallien ilmanvastuskertoimia. Viitattu 20.12.2010 <http://www.ajovallo.net/Ilmanvastus8.htm>

Ajovalo.net. Pienimmät kokonaisvastuskertoimet. Viitattu 20.12.2010 <http://www.ajovallo.net/Ilmanvastus9.htm>

Aerocivic. Viitattu 28.3.2011. <http://www.aerocivic.com/>

Ecomodder. Viitattu 28.3.2011. <http://ecomodder.com/>

Ecomodder. Charts, illustrations of aero concepts. Viitattu 29.3.2011. <http://ecomodder.com/forum/member-aerohead-albums-book-illustrations.html>

Ilmanvastus ja vierintävastus. Viitattu 8.9.2011. <http://www.saunalahti.fi/~dvinci/osa2.html>

Instructables 2007. Measure the drag coefficient of your car. Viitattu 29.3.2011. <http://www.instructables.com/id/Measure-the-drag-coefficient-of-your-car/>

Kaavoja kaikille. Viitattu 8.9.2011. <http://koti.mbnet.fi/sorcerer/formula.htm>

Member aerohead albums. Viitattu 28.9.2011. <http://ecomodder.com/forum/member-aerohead-albums.html>

Motiva 2010. Vinkit: Ennen ajoon lähtöä. Esilämmitä moottori kylmällä. Viitattu 29.12.2010. [http://www.motiva.fi/liikenne/taloudellinen\\_ajotapa/vinkkeja\\_taloudelliseen\\_ajamiseen/vinkit\\_ennen\\_ajoon\\_lahtoa](http://www.motiva.fi/liikenne/taloudellinen_ajotapa/vinkkeja_taloudelliseen_ajamiseen/vinkit_ennen_ajoon_lahtoa)

Project: making a permanent Metro Kammback extension. Viitattu 28.9.2011. <http://ecomodder.com/forum/showthread.php/project-making-permanent-metro-kammback-extension-3518-2.html>

Trafi 2010. Uusiin ajoneuvoihin tulossa enemmän valaisimia. Liikenteessä valot aina päällä. Viitattu 26.12.2010. <http://www.trafi.fi/uutiset/uutinen/407>

## Vinkkejä taloudelliseen ajoon

### Ennakoi

Ennakointi on ehkä tärkein yksittäinen asia, jolla kulutuksesta voidaan nipistää pois. Ennakoi hyvissä ajoin tuleva pysähdys ja hiljennä vauhtia jo ajoissa nostamalla kaasun ja käyttämällä moottorijarrutusta mahdollisimman tehokkaasti. Ennakointi on tehokkaimmillaan tutuissa paikoissa, joissa tiedät joutuvasi hiljentämään tai pysähtymään. Älä siis aja kaasun pohjassa risteykseen asti ja jarruta voimakkaasti, vaan ennakoiksi pysähdys. Ennakointi kannattaa myös muun liikenteen seassa. Pidä katse tarpeeksi kaukana ja ennakoiksi muiden liikkeet, tai vaihtuvat liikennevalot, niin välttyt yllättäviltä jarrutuksilta.

### Moottorijarruta

Käytä moottoria vauhdin hidastamiseen. Kun auto on liikkeessä ja kaasun päästetään, katkaisee polttoaineen suihkutuksella varustettu auto polttoaineensyötön ja matka moottorijarrutuksen aikana taittuu ilman, että polttoainetta kuluu pisaraakaan. Normaalisti jarruttamalla kulutat auton liike-energiaa pelkästään lämmöksi. Moottorijarrutuksella säästät hieman. Suurin säästö tulee tehokkaan moottorijarrutuksen vaatimasta ennakoinnista.

Jotta moottorijarrutus on tehokkaimmillaan, tulee pysähdys ennakoiksi hyvissä ajoin. Tehokas moottorijarrutus ei tarkoita mahdollisimman suurta hidastuvuutta, vaan päinvastoin. Hidastuvuuden tulee olla mahdollisimman pieni ja moottorijarrutuksen aikana kuljettu matka mahdollisimman pitkä. Näin saamme taitettua mahdollisimman pitkän matkan kuluttamatta polttoainetta.

Tällainen moottorijarrutus tapahtuu siis niin, että päästetään kaasun hyvissä ajoin ennen pysähdystä ja annetaan auton hidastua ja kierrosten laskea. Kun kierrokset ovat riittävän alhaalla, on pakko vaihtaa pienemmälle ja jatkaa moottorijarrutusta. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes on saavutettu pienin mahdollinen vaihde. Moottorijarrutus tulee lopettaa juuri ennen kuin auto saavuttaa tyhjäkäynnin rajan ja veto palaa.

Jos ennakoit oikein, ei jarruun tarvinnut koskea lainkaan ja teit moottorijarrutuksen niin hyvin, kuin vain on mahdollista. Jos taas jouduit lopussa jarruttamaan, muista ensi kerralla aloittaa hiljentäminen hieman aiemmin. On siis järkevämpää moottorijarruttaa parisataa metriä kuin ajaa viimeiset 150 metriä ja lopussa jarruttaa viisikymmentä metriä. Moottorijarruttamalla pääset kaksisataa metriä ilmaiseksi.

## **Opettele liikennevalot**

Tämä liittyy läheisesti ennakointiin ja on päivittäisellä reitillä tehokas tapa säästää. Opettele siis miten liikennevalot toimivat. Jos muistat, että näistä valoista kun pääsee ja kääntyy tuonne, niin joutuu aina pysähtymään noihin valoihin, niin osaat olla kiihdyttämättä täyteen vauhtiin ja osaat alkaa hiljentää ajoissa, eikä sinulla ole mikään kiire liikennevaloihin odottamaan.

Kuljettaja joka ei osaa ennakoida tällaista tilannetta, kiihdyttää täyteen vauhtiin ja kohta taas jarruttaa voimakkaasti ja jää punaisiin valoihin odottamaan. Taloudellinen kuljettaja taas ottaa rauhallisesti, koska tietää, mitä tuleman pitää, eikä joudu edes pysähtymään koko valoihin, jos osaa ennakoida oikein. Kun taloudellinen kuljettaja lähestyy valoja kahtakymppiä lipumalla ja valot vaihtuvat hetkeä ennen, kuin taloudellinen kuljettaja on paikalla, säästää hän polttoainetta seuraavassakin kiihdytyksessä, koska entistäkin vauhtia on vielä jäljellä reilusti. Aikaa ei kulunut yhtään sen enempää kuin kiireisellä kuljettajallakaan, mutta polttoainetta ja hermoja säästyi sitäkin enemmän.

Alempana, kohdassa ”Mittauksia” löytyy tekemiäni mittaustuloksia ja laskelmia koskien parasta hidastamistapaa.

## **Lipuminen**

Joissakin tilanteissa on parempi antaa auton lipua vaihde vapaalla eteenpäin. Tällainen tilanne voi olla vaikkapa lyhyt etappi kahden risteuksen välillä. Jos matka on tarpeeksi lyhyt, ei ole järkeä kiihdyttää täyteen nopeuteen ja toisaalta taas moottorijarrutus hidastaa autoa liian nopeasti, niin paras tapa on lipua. Tällöin voidaan jättää kiihdytys vähemmäksi, eli säästetään energiaa ja annetaan auton lipua loppumatka seuraavaan risteykseen.

Toinen tilanne on ajaminen alamäessä. Sopivassa alamäessä on järkevintä vaihtaa vaihde vapaalle ja antaa auton lipua mäkeä alas. Tähän parhaita ovat loivat pitkät alamäet, joissa auton nopeus pysyy vakiona. Tämä toimii myös tietysti jyrkemmissä mäissä, mutta tällöin vaarana on ylinopeus.

Kolmas tilanne voi olla normaali hidastaminen. Auton tyhjäkäyntikulutuksesta, moottorijarrutuksen voimakkuudesta ja vierinvastuksesta riippuen saattaa olla parempi joskus hidastaa vain vaihtamalla vaihde vapaalle. Tästäkin lisää kohdassa ”Mittauksia”.

## **Kiihdytä oikein**

Fysiikan mukaan massan kiihdyttämiseen tiettyyn nopeuteen tarvitaan aina saman verran energiaa. Tämä ei pidä moottoriajoneuvon kohdalla täysin paikkaansa johtuen moottorin erilaisesta hyötysuhteesta eri kuormitusalueilla. Paras tapa kiihdyttää on ripeä kiihdytys kaasuläpän ollessa auki noin 2/3 – 3/4. Kun kaasuläppä on paljon auki, ovat moottorin pumppaushäviöt pienimmillään. Kaasuläppää ei ole kuitenkaan tarve avata kokonaan. Tämä johtuu joidenkin moottoreiden ominaisuudesta rikastaa seosta täyskaasulla. Vaihteen vaihto tulee tapahtua mahdollisimman aikaisin, mutta kuitenkin sen verran myöhään, etteivät moottorin kierrokset tipu vaihdon jälkeen liian alas. Väännön siis pitää säilyä sopivana ja kiihtyvyyden jouheana.

## **Opettele vaihtamaan**

Manuaalivaihteistolla varustettu auto on taloudelliseen ajoon ehdottomasti paras. Monesti kuulee, että nykyaikainen automaatti on niin älykäs, että se säästää polttoainetta optimoimalla vaihtoajankohdat. Tämä pitääkin paikkansa jos kyseessä on niin sanotusti tavallinen kuljettaja.

Manuaalivaihteiston paremmuus perustuukin siihen, että kuljettajan pitää todella tietää mitä tekee. Myös manuaalilla on tietysti mahdollista optimoida vaihtoajankohdat ja paremmuus tulee siinä, että ihminen osaa ennakoita, mutta vaihteisto ei. Edes älykäs automaattivaihteisto ei tiedä milloin on paras antaa auton lipua vapaalla ja milloin on paras moottorijarruttaa.

Joissakin automaattivaihteistoissa moottorijarrutus on lisäksi huono, koska vaihteisto ei vaihda alaspäin moottorijarrutuksen aikana kierrosten laskiessa, vaan katkaisee vedon kokonaan ja moottori joutuu käymään tyhjäkäyntiä.

Opettele siis manuaalivaihteiston käyttö ja opi kytkemään kulloiseenkin tilanteeseen sopiva vaihde. Tasaisella nopeudella ajettaessa mahdollisimman suuri vaihde on paras, mikäli auto kulkee eteenpäin ongelmitta ja kaasua lisäämättä. Mikäli auto alkaa täristää ja moottoria joutuu väännättämään, on vaihde liian suuri.

Monessa autossa voi kaupunkinopeudessaakin käyttää suurinta vaihdetta, mutta tällä vaihteella ei kannata kuvitella voivansa kiihdyttää nopeutta. Kiihdytykseen vaaditaan pienempi vaihde. Suuren vaihteen käytöllä ei myöskään ole mitään tekemistä moottorin väännön kanssa, vaan vaihteiston välitysten kanssa. Jos moottorin vääntöä joutuu hyödyntämään ajaessaan tasaista nopeutta, on vaihde liian suuri. Kun oppii missä tilanteissa mikäkin vaihde on paras, tulee vaihteen vaihtaminen kuin luonnostaan.

## **Älä pysähdy**

Yritä ajoittaa liikennevaloihin tai risteykseen saapumisesi niin, ettet joudu pysähtymään. Seuraa muuta liikennettä ja yritä pitää auto edes pienessä liikkeessä, jos mahdollista. Auton liikkeelle saaminen täydestä pysähdyksestä vaatii enemmän energiaa kuin pienestä nopeudesta.

## **Älä käytä jarruja**

Jarrut ovat tärkeä turvavaruste, mutta niitä tulisi käyttää vain, kun on pakko. Normaaliin hidastamiseen jarruja ei tule käyttää, vaan parempi tapa on moottorijarrutus tai lipuminen, kuten edellä esitin. Tähän sääntöön on kuitenkin yksi poikkeus: Jos lähestyt liikennevaloja, joiden huomaat vaihtuvan punaiseksi, paina jarrua voimakkaasti ja hidasta nopeutta ajoissa. Tällä tavalla saatat välttää valoihin pysähtymisen, kun liu'ut loppumatkan hitaasti. Jarrun painaminen toimii tietysti ainoastaan silloin, kun olet liian lähellä valoja käyttäaksesi moottorijarrutusta ja jarrun painaminen on joka tapauksessa ainoa vaihtoehto auton pysäyttämiseksi.

Jarrujen käyttämättömyydellä saattaa myös olla varjopuoli: jarrujen ryytyminen. Etenkin takajarrut jumittavat helposti, koska niille ei ole tavallisessakaan kevyessä jarrutuksessa käyttöä, vaan etujarrut hoitavat suurimman osan hidastamisesta. Muista siis kaikesta huolimatta joskus käyttää jarruja tehokkaasti, jotta vältty ongelmilta. Tee se kuitenkin silloin, kun siitä ei ole haittaa taloudellisuudelle. Paina vaikka jarrua muutaman kerran voimakkaasti auton seistessä paikallaan, niin et hukkaa liike-energiaa, tai hyödynnä edellä mainitsemani liikennevalotilanne jarrujen elvyttämiseen.

## **Käytä esilämmitystä**

Esilämmitä moottori aina ennen kylmäkäynnistystä, mikäli ympäristön lämpötila on +5 °C tai alle. Esilämmitys säästää moottoria ja vähentää kulutusta.

## **Aja tasakaasulla**

Maantieajossa tehokkain tapa on ajaa koko ajan tasaisella kaasulla. Älä siis paina ylämäessä lisää kaasua, vaan pidä kaasupoljin samassa asennossa. Nopeus tietysti tippuu ylämäessä, mutta polttoainetta säästyy. Moottorin kuluttama polttoaine on aina suhteessa kaasupolkimen asentoon ja kuormitusasteeseen. Jos kaasupoljin pidetään samassa asennossa, ei polttoaineenkulutukseen kasva, vaikka kuormitus nousee.

Jos tarkkoja ollaan, niin polttoaineenkulutus aikayksikköä kohti itse asiassa laskee, kun kuormitusaste nousee. Tämä johtuu siitä, että samalla kaasun asennolla moottoriin syötetään suurin piirtein sama määrä polttoainetta joka kierroksella, mutta kuormituksen noustessa moottorin kierrosluku tippuu ja yhtä aikayksikköä kohti ei ehditä polttamaan yhtä paljoa polttoainetta kuin korkeammilla kierroksilla. Samalla moottorin hyötysuhde nousee.

Jos kulutusta lähdetään miettimään sataa kilometriä kohden, on asia taas hieman mutkikkaampi. Vaikka moottori käy paremmalla hyötysuhteella ja polttoaineenkulutus aikayksikköä kohden on pienempi, voi se silti olla sataa kilometriä kohti suurempi. Nopeus tippuu ylämäessä ja tästä tietysti seuraa se, että sadan kilometrin kulkemiseen vaaditaan pidempi aika, jolloin polttoainettakin ehtii kulua enemmän. Käytännössä tasakaasulla ylämäessä ajettaessa polttoaineenkulutus sataa kilometriä kohti on suurin piirtein sama, tai himpun verran suurempi kuin tasaisella tiellä ajettaessa.

Jos nopeus ylämäessä halutaan pitää samana, joudutaan kaasua painamaan enemmän ja polttoaineenkulutus tietysti kasvaa. Alamäessä nopeus taas tietysti kasvaa ja tämä ylimääräinen nopeus voi auttaa pääsemään seuraavan mäen ylös ikään kuin ilmaiseksi, tai pätkän tasaista osuutta hieman pienemmällä kulutuksella. Nopeuden kasvua liian suureksi, eli ylinopeuden puolelle, pitää tietysti varoa. Kesänopeusrajoituksilla satasen alueella tämä on harvemmin ongelma, koska ekoajaja ajaa muutenkin kahdeksaakymppiä, eikä nopeus alamäessäkään pääse paljoa yli sadan.

Jos kuitenkin nopeusrajoitus on pienempi, tai halutaan ajaa suurinta sallittua nopeutta, ei alamäessä tapahtuvaan nopeuden nousuun ole varaa. Tällöin voidaan käyttää toiseksi parasta vaihtoehtoa, eli liukumista. Alamäessä vaihdetaan vapaalle ja annetaan liukua. Tasakaasulla ajamisen varjopuoli, eli muun liikenteen häirintä ja hidastelu on taas asia erikseen, enkä ota siihen kantaa. Sama asia kun koskee montaa muutakin säästötekniikkaa.

### **Älä aja urissa**

Aja aina maantiellä niin sivussa, etteivät renkaat ole urissa. Urien kohdalla asfaltti on kuluneempaa ja karkeampaa, mikä taas aiheuttaa suuremman vierinvastuksen ja renkaiden suuremman kulumisen. Ajamalla sileämmällä alustalla, et säästä vain polttoainetta, vaan myös renkaita.

### **Hyödynnä muut ajoneuvot**

Käytä muiden ajoneuvojen aiheuttamaa ilmavirtausta hyväksesi ja aja muiden imussa. Mitä isompi auto, jonka perässä ajat, sitä suurempi efekti. Rekan imussa ilmanvastus on pienempi kuin avoimella tiellä ja sitä kannattaa käyttää hyväksi. Turvaväli kannattaa pitää mielessä, mutta mitä lähempänä ajat, sen suurempi on vaikutus.

### **Vältä tyhjäkäyntiä**

Käynnistä auto vasta, kun olet valmis lähtemään heti liikkeelle. Kun astut autoon, kiinnitä ensin turvavyö, ja jos tarpeen, tee hallintalaitteiden, peilien ja penkin säädöt. Vasta kun kaikki on valmista, käynnistä auto ja lähde heti liikkeelle. Näin vältät tyhjäkäyntiä. Vältä tyhjäkäyntiä myös pysäköidessäsi auton ja sammuta auto heti, kun olet saanut auton pysäköityä. Sammuta siis moottori aina, kun sitä ei tarvita.



## **Erikoistekniikat**

Jos polttoaineensäästöä ottaa kaikki hyöty irti, on siirryttävä erikoistekniikoihin. Näitä tekniikoita kutsutaan englannin kielessä yleisnimityksellä *hypermilng*. Hypermiling terminä itse asiassa sisältää kaikki tavallisetkin tekniikat, mutta yhtä kaikki, tarkoitus on päästä mahdollisimman pitkälle mahdollisimman vähällä polttoaineella ja tähän tarvitaan erikoistekniikoita.

## **Vältä tyhjäkäyntiä**

Edellisen vinkkejä-otsikon viimeisessä kappaleessa kehotin välttämään moottorin käyttöä aina, kun sitä ei tarvita. Tämä koskee myös autolla ajamista ja eritellenkin tähän erikoisempia tapauksia, joissa moottorin sammuttaminen on tarpeen. Kun auto liikkuu ja moottori on sammutettuna, taitetaan matkaa kulutuksen ollessa nolla. Tällainen tilanne voi olla vaikkapa alamäessä. Alamäessä moottoria ei kannata turhaan käyttää tyhjäkäynnillä, vaan sen voi hyvin sammuttaa ja polttoainetta ei kulu yhtään.

Samoin valmistautuessasi hiljentämään tai pysähtymään, unohda moottorijarrutukset ja käytä lipumista moottori sammutettuna. Vaihda siis vaihde vapaalle, sammuta moottori välittömästi ja anna vauhdin hiipua itsestään. Sammuta moottori myös pysähtyessäsi liikennevaloihin. Sammuta moottori etenkin, jos tiedät joutuvasi odottamaan vähänkään pidemmän aikaa.

Se miten lyhyen pysähdyksen aikana moottorin sammuttaminen kannattaa, on tietysti autokohtaista ja siitä on vaikea antaa yleispätevää arviota. Se on vain pääteltävä, laskettava tai kokeiltava itse. Moottorin sammuttaminen koskee tietysti kaikkia kuviteltavia tilanteita, jolloin moottoria ei tarvita, aina ravintolan autokaistalta maantien alamäkeen.

## **Hyödynnä alamäki**

Jos joudut pysähtymään alamäkeen, sammuta moottori, kuten edellä neuvoin ja lähtiessäsi liikkeelle, hyödynnä potentiaalienergiaa ja anna mäen tehdä työ. Päästä siis vain jarru ja ala liukua vapaasti mäkeä alas moottori edelleen sammutettuna. Kun tarvitset taas moottoria, käytä niin sanottua mäkistarttia. Kytke syytysvirta, valitse nopeuteen nähden pykälää liian iso vaihde ja nosta kytkin ylös, jolloin moottori pyörähtää ja käynnistyy.

Vältäaksesi nykyksen moottorin käynnistyttyä ja tehdäksesi ajosta pehmeämpää, nosta kytkin nopeasti lähes ylös asti niin, että moottori pääsee pyörähtämään ja paina se heti uudelleen pohjaan. Moottori lähtee kyllä käyntiin, mutta

veto katkaistaan samalla hetkellä ja nykäystä ei synny. Kun moottori käy, nosta kytkin taas normaalin rauhallisesti ja jatka ajamista.

Hyödynnä alamäki myös pysäköidessäsi, jos mahdollista. Jos vaikkapa kaupan parkkipaikka on loivassa mäessä, valitse parkkiruutu sen mukaan mistä pääset valuttamaan auton pois käynnistämättä moottoria.

Otetaan esimerkkinä parkkipaikka, jossa on kaksi riviä parkkiruutuja, eli yksi rivi ajoväylän molemmin puolin. Parkkipaikka on vinossa maastossa, jossa kulkuunastasi nähden vasemmalla puolella olevat parkkiruudut ovat korkeammalla, eli ylämäessä, ja oikealla puolella matalammalla, eli alamäessä. Kumman parkkiruudun valitsetkaan, joudut lähtiessäsi peruuttamaan ruudusta pois. Kumman valitset? Valitaan ylämäessä oleva ruutu. Syy tähän on se, että lähtiessäsi voit käyttää mäen apua ja antaa auton valua pois ruudusta ajoväylälle ja vasta nyt käynnistät auton. Jos pysäköit alamäessä olevaan ruutuun, joudut käynnistämään auton ja peruuttamaan ylämäkeen ajoväylälle ja kulutat enemmän polttoainetta.

Voidaan tietysti ajatella, että pysäköintitilanteessa alamäkeen pysäköidessä kuluttaa vähemmän polttoainetta kuin ylämäkeen pysäköidessä ja näin ollen kummassakin tapauksessa polttoaineenkulutus on kuitenkin sama. Tämä ei kuitenkaan pidä täysin paikkaansa, koska ruutuun pysäköiminen on yleensä nopeampi toimenpide kuin ruudusta pois peruuttaminen ja näin ollen tulo- ja lähtötapojen väliset erot kulutuksessa eivät kumoa toisiaan täysin. Lisäksi ruutuun ajaessasi vauhtia saattaa olla liikaa ja ylämäkeen pysäköidessä voit hyödyntää liike energiaa ylämäen voittamiseen tai alamäkeen pysäköidessäsi joudut hillitsemään vauhtia jarrulla. Tällaisessa tapauksessa saapumiseen kulunut polttoainemäärä on sama ja ero tulee pelkästään poistumiseen kulutettavasta polttoaineesta.

### **Pulse & glide**

Eli kiihdytä ja liu'u, on erikoistekniikoista tärkein ja hyödyllisin, joskin sen hyödyntäminen vilkkaassa liikenteessä on vähintäänkin kyseenalaista, eikä vähiten muun liikenteen sujuvuuden kannalta, vaan myös yleistä turvallisuutta koskien.

Pulse & glide perustuu moottorin sammuttamiseen ajon aikana ja kannattaakin miettiä voitko hallita auton, kun ohjaustehostin ei toimi ja kun jarrutehostimen paine riittää yhteen jarrutukseen. Useimmissa autoissa ohjaustehostimen pumpu on kytketty mekaanisesti moottoriin, eikä ohjaustehostin täten toimi, kun moottori sammutetaan. Samoin perinteisessä täysin hydraulisessa jarrujärjestel

mässä ohjaustehostimeen ei kerry lisää painetta, kun moottori sammutetaan ja paine riittää vain yhteen jarrutukseen.

Joka tapauksessa pulse & glide on tehokas tapa säästää polttoainetta ja se perustuu moottorin käyttämiseen parhaan hyötysuhteen alueella. Moottori toimii parhaalla hyötysuhteella raskaasti kuormitettuna, kuten kiihdytyksessä, ja täten moottoria käytetään vain kiihdyttämiseen ja sammutetaan se heti, kun tavoiteno-  
peus on saavutettu. Vaihde kytketään vapaalle ja annetaan auton liukua niin pitkään, kunnes nopeus on tippunut noin 20 – 30 kilometriä tunnissa alkunopeudesta riippuen. Nopeuden tiputtua käynnistetään taas auto kytkemällä vaihde ja nostamalla kytkin ja kiihdytetään taas tavoitenopeuteen, jonka jälkeen aloitetaan uusi liukumisvaihe.

Se mikä ajonopeuden tiputuksen määrä liukumisvaiheen aikana on paras, on itse laskettava tai kokeiltava. Parhaaseen tulokseen pääsee muokatulla autolla, jonka ilmanvastusta on pienennetty, koska pieni ilmanvastus pidentää liukumisvaihetta huomattavasti. Välttämätöntä auton muokkaaminen ei kuitenkaan ole, sillä tavallisellakin autolla saa aikaan selvää säästöä.

Kuvia rakennusvaiheesta 1



Kuvaliite 1. Auton sisusta purettuna



Kuvaliite 2. Imuilmaputken asennusta

Kuvia rakennusvaiheesta 2

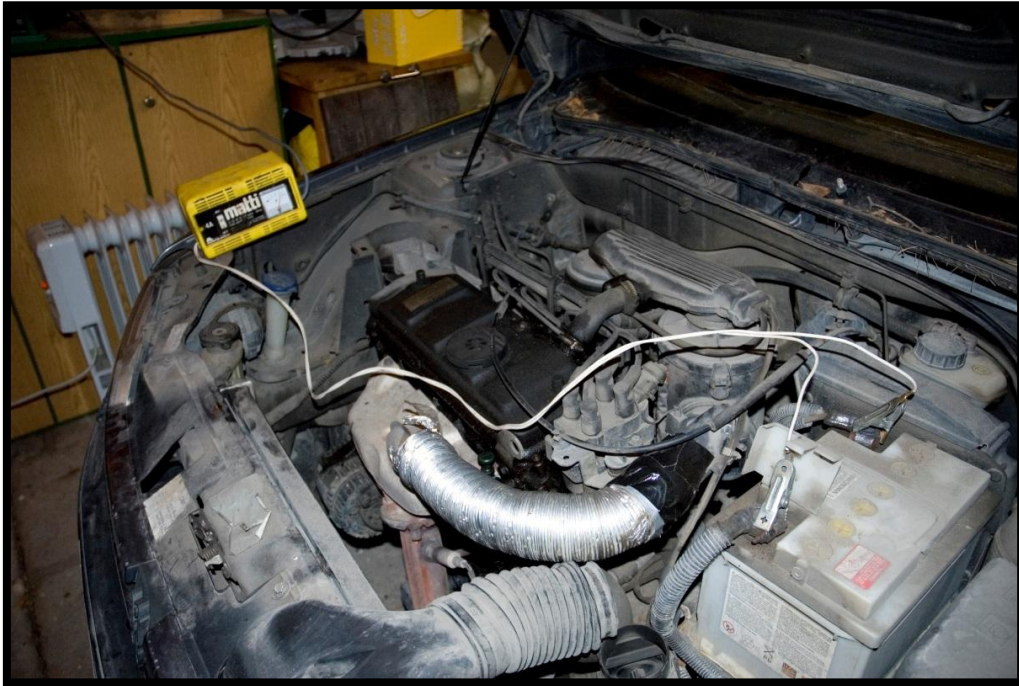


Kuvaliite 3. Rengaspaineiden tarkistus

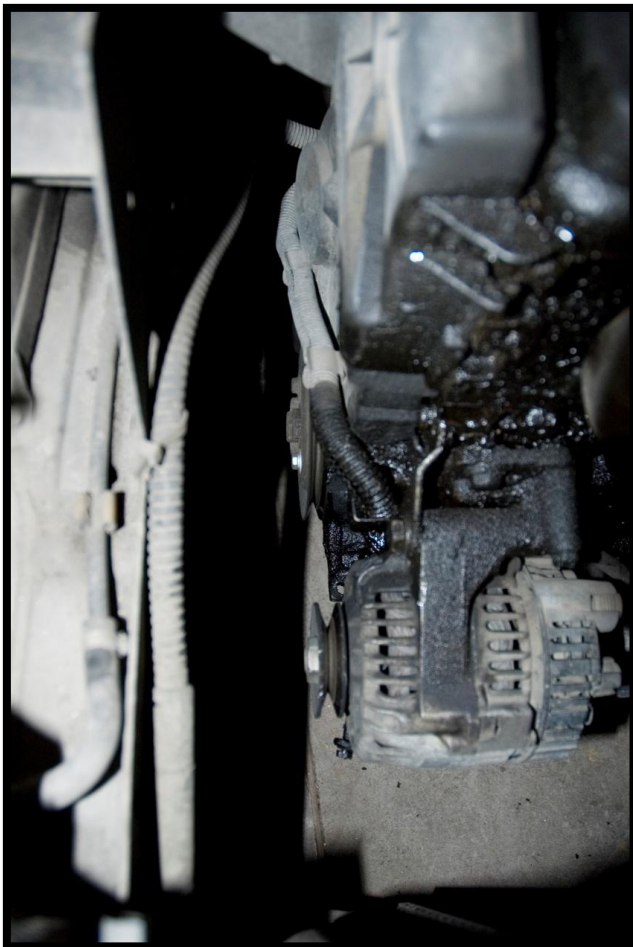


Kuvaliite 4. Autosta purettua romua

Kuvia rakennusvaiheesta 3



Kuvaliite 5. Moottoritila, lämpimän ilman otto ja akku latauksessa ennen testiajoa



Kuvaliite 6. Laturin hihna poistettu

Kuvia rakennusvaiheesta 4



Kuvaliite 7. Pyörteentekijän tekoa



Kuvaliite 8. Astran pohja muovitettuna puoliväliin asti