

Opinnäytetyö (AMK)

Auto- ja Kuljetustekniikka

Käyttöpainotteinen

2015

Jouni Saarenpää

# MEGASQUIRT- MOOTTORINOHJAUKSEN ASENNUS

– kohdeautona Opel Ascona



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Auto- ja kuljetustekniikka | Käyttöpainotteinen auto- ja kuljetustekniikka

2015 | Sivumäärä 32

Ohjaaja: Markku Ikonen

Jouni Saarenpää

# MEGASQUIRT- MOOTTORINOHJAUKSEN ASENNUS

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä itsenäisen moottorinohjausjärjestelmän Megasquirtin toimintaan ja säätöön. Työn tavoitteena oli nykyaikaistaa ja parantaa vanhemman ikäluokan auton tekniikkaa jälkiasennettavalla moottorinohjauksella.

Työssä perehdytään anturitekniikkaan, jonka jälkeen kokeellisesti päätetään, millä antureilla auton moottori saadaan toimimaan luotettavasti.

Työn lopputuloksena tulee olemaan vanhemman ikäluokan auto päivitettyinä uudemalla ruiskutuslaitteistolla, jonka varaosa saatavuus tulee olemaan vanhaan verrattuna paljon parempi.

Kohdeautona toimii Opel Ascona B vm 1980.

ASIASANAT:

(Moottorinohjaus, moottorinohjauksen säätö, Megasquirt)

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Automotive and Transportation Engineering | Practice-Oriented Automotive Engineering

2015 | Pages 32

Instructor: Markku Ikonen

Jouni Saarenpää

# ASSEMBLING MEGASQUIRT- ENGINE CONTROL UNIT

The purpose of this thesis was to get acquainted with standalone engine control unit Megasquirt, to find out how it works and how to tune it. The goal was to modernize and improve an older car's engine with an aftermarket engine control unit.

The main focus is to get acquainted to automotive sensors and after that to experimentally decide which sensors need to be used to get the engine running reliably.

The result of thesis will be an older car upgraded with a modern injection and ignition systems. Availability of spare parts will be also much better because of much newer technology.

The project car is Opel Ascona B 1980.

KEYWORDS:

(Engine control unit, tuning engine control unit, Megasquirt)

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 L-JETRONIC</b>	<b>8</b>
<b>3 MEGASQUIRT</b>	<b>10</b>
<b>4 ANTURIT JA MUUT TOIMILAITTEET</b>	<b>12</b>
4.1 Kampiakselin asentoanturi (CAS)	12
4.2 Triggeri	13
4.3 Kaasuläpän asentoanturi (TPS)	14
4.4 Imusarjan paineanturi (MAP)	14
4.5 Moottorin lämpötila-anturit	15
4.6 Happitunnistin	15
4.7 Polttoaineensyötön osat	17
4.7.1 Suuttimet	17
4.7.2 Polttoainepumppu	17
4.8 Sytytyksen osat	17
4.8.1 Sytytyspuola	17
4.8.2 EDIS	19
<b>5 KYTKENTÄKAAVIOT</b>	<b>20</b>
<b>6 SÄÄTÖOHJELMA</b>	<b>22</b>
6.1 Mittaritaulu	24
6.2 Polttoainekartta	25
6.3 Sytytyskartta	27
6.4 Kylmäkäynnistysrikastus	27
6.5 Lambdasäätö	28
<b>7 PÄÄTELMÄT</b>	<b>29</b>
<b>8 YHTEENVETO</b>	<b>30</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>31</b>

# KUVAT

Kuva 1. L-Jetronic.....	9
Kuva 2. Induktiivinen pyörintänopeusanturi.....	12
Kuva 3. Kampiakseliin asennettava hammaskehä.....	13
Kuva 4. Kapea- ja laajakaistaisen happianturin ero.....	16
Kuva 5. Hukkakipinäpuolan rakenne.....	18
Kuva 6. Megasquirtin kytkentäkaavio.....	20
Kuva 7. EDIS sytytysmodulin kytkentä.....	21
Kuva 8. Tunerstudion alkunäyttö.....	22
Kuva 9. Tunerstudion mittaristo.....	24
Kuva 10. Seoksen vaikutus tehoon ja taloudellisuuteen.....	25
Kuva 11. Alustava polttoainekartta.....	26
Kuva 12. Alustava sytytyskartta.....	27

## KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
MS	Megasquirt
ECU	Moottorinohjainlaite (Engine Control Unit)
CAS	Kampiakselin asentoanturi (Crankshaft Angle Sensor)
TPS	Kaasuläpän asentoanturi (Throttle Position Sensor)
MAP	Imusarjan paineanturi (Manifold Air Pressure)
AFR	Ilman ja polttoaineensuhdeluku (Air/Fuel Ratio)
EDIS	Elektroninen jakajaton sytytys (Electronic Distributorless Ignition System)
MAF	Ilmamassamittari (Mass Air Flow)
VE	Volumetrinen hyötysuhde (Volumetric Efficiency)

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä kokeellisesti Megasquirt moottorinohjausjärjestelmään. Työssä verrataan Megasquirtia Boschin vanhempaan Jetroniciin ja lopuksi muutetaan auton moottorinohjaus toimimaan Jetronicin sijaan itse rakennetulla Megasquirtilla.

Työn tavoitteena oli perehtyä moottorin sisältämien antureiden toimintaan tarkasti ja selvittää, millä muutoksilla projektimoottori saataisiin toimimaan Megasquirtin ohjaamana. Samalla haluttiin myös nykyaikaistaa vanhan Opelin moottorinohjausta. Jetronic sisältää herkästi vikaantuvia ja auton iän takia myös hieinan harvinaisempia osia. Megasquirtilla voidaan käyttää myös muiden auto- ja osavalmistajien valmistamia osia, joten moottorin kannalta varaosien saatavuus helpottuu huomattavasti.

Työssä paneudutaan myös polttomoottorin toimintaan. Megasquirt säädetään tietokoneohjelmiston avulla ja suunnitellaan polttoaine ja sytytyskartat, jotta moottori saadaan myös ajokuntoiseksi.

Työ suoritetaan kokeellisesti ja mahdollisimman itsenäisesti. Purkuautosta hankitusta moottorista yritetään hyödyntää mahdollisimman paljon antureita. Moottori, jota hyödynnetään on Opelin Motronic-pohjainen 2 litrainen 16-venttiilinen c20xe.

Tavoitteena on saada toimintavarma ja helposti muutettavissa oleva ruiskutus- ja sytytyslaitteisto, johon on myös helposti saatavissa uusia varaosia.

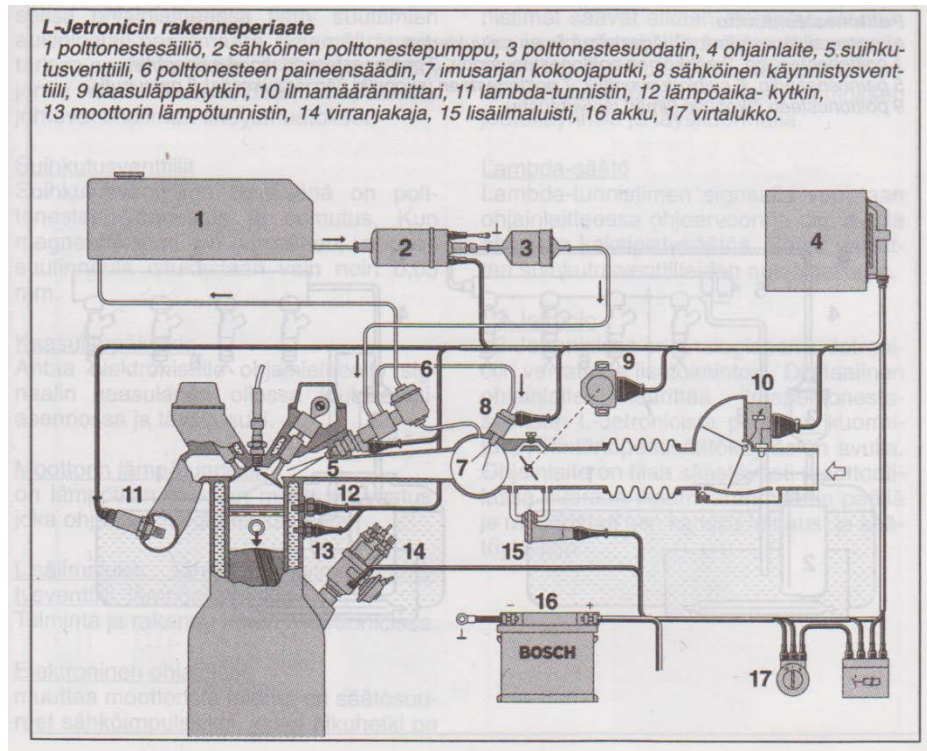
## 2 L-JETRONIC

Auton 8-venttiilinen CIH moottori on alun perin varustettu L-jetronic moottorinohjuksella. L-Jetronic on moottorin ohjausjärjestelmä, joka on ollut käytössä vuodesta 1973 asti (Bosch, 1995) ja jota on koko ajan kehitetty monipuolisemmaksi ja suorituskykyisemmäksi. Perusjärjestelmänä on elektroninen bensiininsuihkutuksen perusjärjestelmä, jossa polttoaine suihkutetaan jaksottain imukanaviin.

L-jetronic mittaa moottoriin tulevaa ilmaa ilmamäärämittarin avulla. Imuilma painaa ilmamäärämittarin sisällä olevaa jousitettua läppää, jonka sisäinen potentiometri muodostaa läpän asennon perusteella jännitteen ohjainlaitteelle. Jännite vastaa ohjainlaitteessa suuttimien aukioloaikaa. Suuttimet ovat sähkömagneettisia ja jokaisella sylinterillä on oma suuttimensa. Jokainen suutin ruiskuttaa kerran yhden työtahdin aikana. Polttoaineen paine pidetään vakiona, jolloin polttoaineen määrä pysyy myös vakiona suuttimen aukioloaikaan verrattuna. Suuttimet ovat matalavastuksisia, joten oikean toiminnan kannalta niiden johdotus sisältää lisävastukset.

Moottorin alkuperäinen sytytys on hoidettu perinteisellä virranjakajalla, jonka sisällä on keskipakosäätimen lisäksi alipaineen ohjaama sytytysennakon säätö. Moottorin kierrosluvun kasvaessa myös keskipakovoima suurenee, joka lisää sytytysennakon määrää. Alipainesäätimellä saadaan sytytys hetkeä säädettyä myös moottorin kuormituksen mukaan. Alipaineohjaus tulee sekä kaasuläpän etupuolelta, että imusarjasta. Alipainesäädön avulla sytytysennakkoa saadaan pienellä kuormituksella aikaistettua tai moottorijarrulla ajettaessa myöhäistettyä, jotta pakokaasujen puhtausaste paranee. Muita tavanomaisia osia ovat perusmallinen sytytyspuola ja erillinen sytytysmoduli. Kuva 1 havainnollistaa järjestelmän perusrakennetta.





Kuva 1. L-Jetronicin rakennekaavio, Bosch, Autoteknillinen taskukirja, 2009

## 3 MEGASQUIRT

### 3.1 Historia

Megasquirt on saanut alkunsa vuonna 1996 perustetusta web forumista, joka keskittyi ainoastaan elektronisiin polttoaineen ruiskutusjärjestelmiin. Forumilla useat insinöörit ja harrastajat suunnittelivat elektronisen ruiskutusjärjestelmän rakentamista tyhjästä. Kaksi forumin perustanutta jäsentä Bruce Bowling ja Al Grippo päättivät tarttua haasteeseen ja alkoivat toteuttaa projektia.

Motorolan MC68332 prosessorin ympärille rakennettu ohjainlaite asennettiin onnistuneesti Grippon omaan autoon. Aluksi ohjainlaitteen toimintaan saattaminen vaati kuukausien mittaisen koodauksen, mutta Grippon ja Bowlingin ahkeralla työllä Megasquirtista saatiin paljon käyttäjäystävällisempi, mikä mahdollisti paljon suuremman kohdeyleisön Megasquirtille.

### 3.2 Yleisesti

Megasquirt-moottorinohjaimet on tarkoitettu opettavaisiksi projekteiksi kaikille, jotka haluavat oppia lisää elektronisesta ruiskutusjärjestelmästä. Megasquirt on kokeellinen itse ohjelmoitava ruiskutusjärjestelmä, joka myös yleisesti ottaen rakennetaan itse. Megasquirt-ohjaimet toimivat kaikissa nestemäistä polttoainetta käyttävissä otto-moottoreissa, ja niitä voidaan käyttää vapaasti hengittävässä, turbo ahdetuissa, sekä ilokaasutetuissa moottoreissa. Rakennussarjaan kuuluu ainoastaan ohjainlaite, eli kaikki muu tarvittava on hankittava itse.

### 3.3 Keskeiset osat:

- Prosessori: 3 eri kehitysversiota. Vanhin projektissa käytetty prosessori on Motorolan valmistama 8-bittinen MC68HC908. Prosessorin nopeus on 8 MHz, flash muisti 32 kB ja välimuisti 512 kB. Vuosien saatossa tekniikan kehittyessä prosessorin nopeus ja muisti on kasvanut huomattavasti, joka on mahdollistanut jopa V8 moottorin sekventaali-ruiskutuksen toiminnan Megasquirtilla.

- Piirilevy: 15cmx10cm kokoinen, mutta uudempiin versioihin on tehty muutoksia, jotta kokoaminen olisi helpompaa
- Koodi: (ts. firmware) Jokaiselle prosessorille on oma koodinsa, joka ladataan ja tallennetaan Megasquirtiin. Koodi määrittelee mitä ominaisuuksia prosessoriin voidaan ladata. Esim. bensa- tai sytytyskartat
- Säättöohjelmat: Java-pohjaisia säätöön ja dataloggaukseen kehitettyjä, kuten TunerstudioMS, Megatune ja Ms Palm. Harvinaisempien antureiden kalibrointia varten on EasyTherm sovellus.

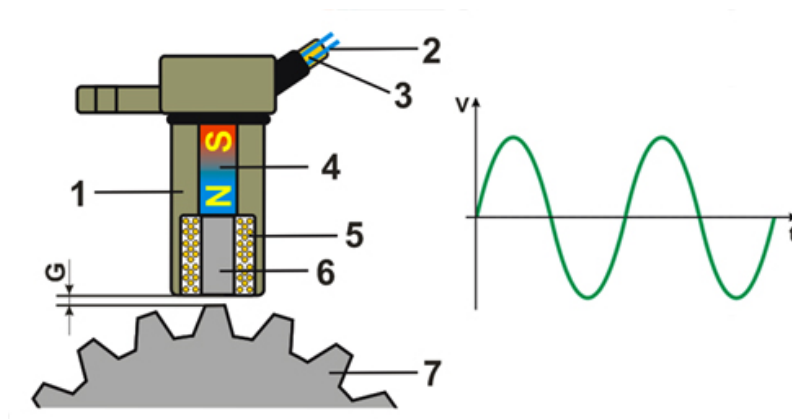
## 4 ANTURIT JA MUUT TOIMILAITTEET

### 4.1 Kampiakselin asentoanturi (CAS)

Kampiakselin asentoa mittaa induktiivinen pyörintänopeusanturi. Induktiiviset anturit muodostuvat sauvamagneetista ja pehmeämagneettisesta napaneulasta, joka kannattaa induktiokelan (Kuva 2). Kun tämän vastaanottimen läheisyydessä pyörii ferromagneettinen hammaspyörä (tai vastaavasti muotoiltu roottori), indusoituu kelaan jaksollisesti muuttuva, magneettivuohon verrannollinen jännite. tasavälinen hammastus aikaansaa sinimuotoisen jännitteen. pyörimisnopeus saadaan tämän jännitteen nollakohtien etäisyydestä, mutta myös amplitudi riippuu pyörimisnopeudesta. (Bosch 2003, 143)

Signaalivoimakkuus riippuu erittäin voimakkaasti / (eksponentiaalisesti) ilmavälillä ja hammaskoosta. Mittaus onnistuu, jos ilmaväli on pienempi kuin puoli tai kolmasosa hampaan koosta. tavanomaisten kampiakseli- tai ABS-hammaspyörien kanssa käytetään ilmarakona 0,8 tai 1,5 mm. (Bosch 2003, 143)

Sytytyksen ajoitus signaali saadaan jättämällä yksi hammas pois tai tukkimalla yksi hammaskohta. Tämä havaitaan signaalin nollapisteiden etäisyyden kasvusta tai paljon suuremmasta signaalivoimakkuudesta. (Bosch 2003, 143)

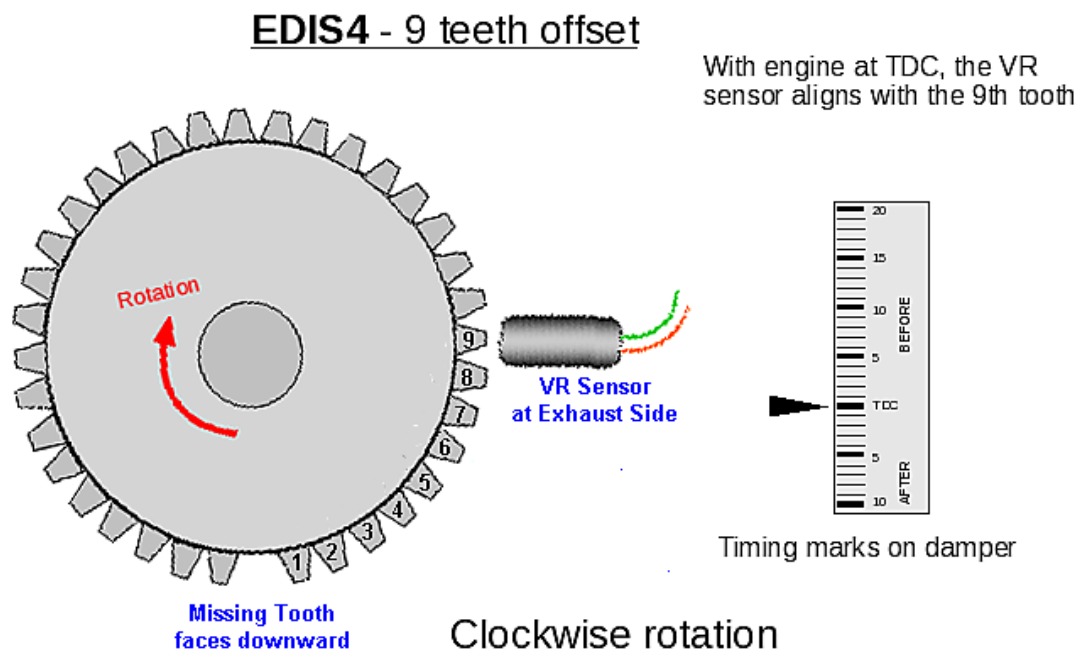


Kuva 2. Induktiivinen pyörintänopeusanturi.

Kuvassa edellä mainitut osat: 4=kestomagneetti, 5=kela ja 6=rautasydän. Viereissä myös anturin muodostama siniaalto-signaali

#### 4.2 Triggeri

Moottorin kampiakselin hihnapyörään tullaan koneistamaan 36-1 tyyppinen triggerikehä. Kehässä on siis 36 hammasta, joista 1 on poistettu (Kuva 3).



Kuva 3. Kampiakseliin asennettava hammaskehä.

Triggeripyörä ajoitetaan kohdistamalla puuttuvan hampaan keskikohta kohti kampiakselin asentoanturia 90 astetta ennen moottorin 1. sylinterin yläkuolo-kohtaa. EDIS-4:n toiminta vaatii 90 asteen asetuksen, jotta oikea ennako saadaa määriteltyä.

Triggerikehä koneistetaan alkuperäisen alahihnapyörän takapuolelle.

### 4.3 Kaasuläpän asentoanturi (TPS)

Imusarjaan tulevaa ilmaa säännöstellään kaasuläpällä, johon on kytketty asentoanturi. Kaasuläpän asentoanturi kertoo ohjainlaitteelle onko moottori tyhjäkäynnillä, osakaasulla vai täyskaasulla.

Moottorin alkuperäinen asentoanturi on on/off-mallinen, eli se kertoo ohjainlaitteelle, onko moottori tyhjäkäynnillä vai painetaanko kaasua. Megasquirtin ominaisuuksien takia kyseistä anturia ei voitu käyttää, vaan tarvittiin uudemmassa moottorista löytyvä potentiometri-tyyppinen anturi.

Potentiometri on tyypillinen asentoanturi. Anturissa on muuttuva vastus, jossa on 3 päätettä: Ensimmäiseen päätteeseen/liittimeen johdetaan jännite, toinen liitin on maadoitettu ja kolmas säätövastuksen keskinasta, joka mittaa kaasuläpän asentoa. Jännite tyhjäkäynnin ja täyskaasun välillä on 0...5 voltia. Virran pysyessä saman, myöskään vastusarvoon vaikuttavia lämpötilan muutoksia ei synny.

Potentiometri tyyppinen asentoanturi mittaa sekä kaasuläpän asentoa että nopeutta. Se kertoo ohjainlaitteella kaasuläpän asennon lisäksi myös sen, että kuinka nopeasti kaasuläppää avataan tai suljetaan.

Tässä projektissa käytettiin Boschin anturia 0 280 122 001

### 4.4 Imusarjan paineanturi (MAP)

Moottorin kuormitusta tullaan mittaamaan rakennus-sarjan mukana tulevalla 2,5 barin MAP-anturilla. Moottori on alun perin varustettu ilmamäärämittarilla, mutta kalliina ja herkästi vikaantuvana osana se korvataan MAP-anturilla. MAP-anturi mittaa imusarjassa vallitsevaa painetta ja yhdessä kierroslukutiedon kanssa saadaan ohjainlaitteelle moottorin kuormitustaso. Valitun MAP-anturin skaala riittää 250 kPa:iin eli 2,5 barin asti. MAP-anturi soveltuu siis myös mahdollisesti myöhemmin suoritettavaa turboahtimen asennusta varten. 2,5 barin anturi kykenee mittamaan imusarjassa vallitsevan ylipaineen 1,5 bariin asti.

Vapaasti hengittävän moottorin imusarjassa liikutaan pelkästään alipaineen alueella eli MAP-anturi mittaa, paljonko paine-eroa on vallitsevaan ilmanpaineeseen nähden. Paine imusarjassa vaihtelee 0 barin (Normaali ilmanpaine ts. kaasuläppä täysin auki) ja n. 1 barin (1 bar alle vallitsevan ilmanpaineen) välillä.

Projektissa käytettiin Freescalen valmistamaa MAP-anturia: mpx4250ap

#### 4.5 Moottorin lämpötila-anturit

Olennaisia muuttujia moottorin toiminnassa on jäähdytysnesteen ja moottorin imuilman lämpötila. Talven kovilla pakkasilla käynnistettäessä moottori tarvitsee jopa 3-5 kertaisen polttoainemäärän, kuin mitä kuumakäynnistyksen yhteydessä tarvitaan.

Moottorin lämpötila mitataan jäähdytysnesteen lämpötilasta. Työssä käytetään moottorin alkuperäistä anturia. Jäähdytysnesteen lämpötila mitataan veden lämmön mukaan vaihtuvasta vastusarvosta. Imuilman lämpöanturin toimintaperiaate on täysin vastaava.

Anturit toimivat 0-5 V jännitteellä. Lämpötilan noustessa anturin resistanssi pienenee, jolloin myös jännite laskee kohti 0 Volttia.

#### 4.6 Happitunnistin

Happitunnistin eli yleisimmin Lambda-anturi mittaa pakokaasun jäännöshappipitoisuuden.

Stoikiometrinen eli ideaalinen AFR-suhde

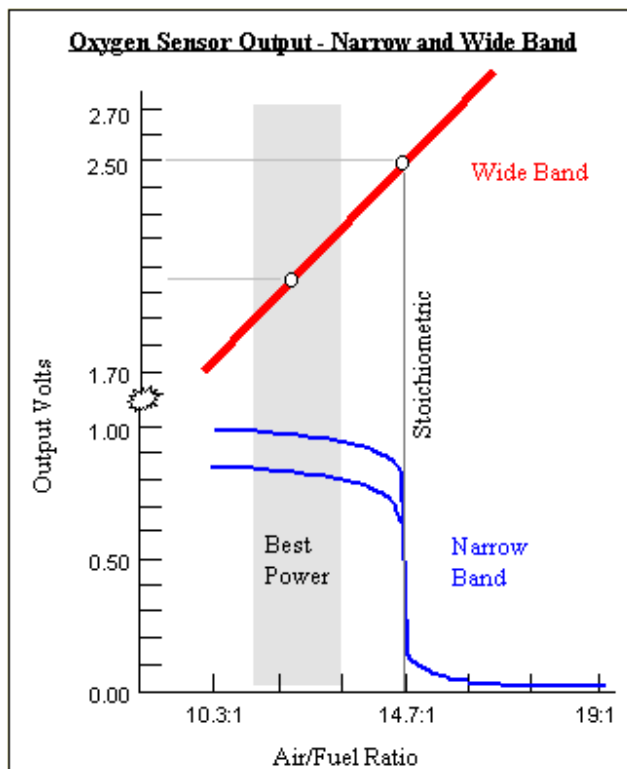
Stoikiometrinen eli ideaalinen suhde ilmalle ja tyypilliselle polttoaineelle on 14,7:1. Ihanteellinen seos saadaan siis kun 14,7 kg:aa ilmaa kohti moottoriin syötetään 1 kg polttoainetta. Tässä tapauksessa jäännöshappia ei synny ja lambda-kertoimeksi saadaan 1.

Megasquirt pystyy tekemään parannuksia moottorin säätöihin kapeakaistaisen happianturin avulla. Kapeakaistainen anturi toimii 0-1 V jännitteellä ja se pystyy havaitsemaan onko polttoaineseos rikkaalla, laihalla vai ihanteellisessa stoikiometrisessä suhteessa.

Tarkempaan säätöön toisena happi-anturina käytetään Innovaten LC-1 laajakaista lambda-anturia. Laajakaistaisella happianturilla saadaan tärkeää reaali-tietoa ajettaessa autoa kadulla tai tehodynamometrillä. LC-1 on täysin digitaalinen anturi, joka voidaan kytkeä toimimaan itsenäisesti tai sitten monien tunnetujen moottorinohjaimien kanssa. Laajakaistalla saadaan tarkka tieto seoksesta ja sen nopeuden avulla seosta saadaan säädettyä tarkasti.

Käytännössä kapeakaistan antama tieto on riittävä. Megasquirtin polttoainekar-tat eli mahdolliset säätöpisteet ovat suhteellisen vähäisiä, joten kalliimman laajakaista anturin tieto ei jatkuvassa käytössä olisi tarpeellista.

Anturi toimii 0-5V jännitteellä. 0 Volttia vastaa 7,35 AFR-suhdetta ja 5 Volttia 22,39 AFR-suhdetta (Kuva 4).



Kuva 4. Kapea- ja laajakaistaisen happianturin ero.



Kuvasta erottaa hyvin antureiden ero, kun ollaan reilusta stoikiometrisen seoksen ulkopuolella. Paras teho saadaan seoksen ollessa hieman rikkaalla. Aiheeseen palataan myöhemmin luvussa 6.2.

#### 4.7 Polttoaineensyötön osat

##### 4.7.1 Suuttimet

Moottorin suuttimet ovat peräisin uudemmasta Opelin 16 venttiilisestä tekniikasta. Suuttimet ovat Boschin valmistamia ja niiden malli on 0 280 150 744.

Suuttimien tuotto 2,5 barin bensen paineella on 214 cm<sup>3</sup>/min (20,7 LBS/HR) (Opel6070club, 2015)

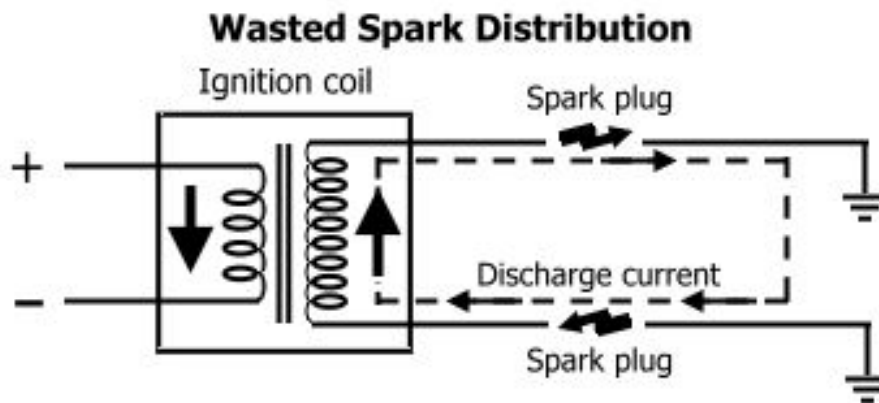
##### 4.7.2 Polttoainepumppu

Polttoainepumppuna toimii Bosch 044. Polttoainelinjaan sijoitettava pumppu pystyy tuottamaan vähintään 220L/h pumppaustehon.

#### 4.8 Sytytyksen osat

##### 4.8.1 Sytytyspuola

Moottori on alun perin varustettu perinteisellä virranjakajalla, mutta se tullaan poistamaan ja sytytys muutetaan nykyaikaisemmaksi suorasytytykseksi. Sytytys toteutetaan kaksoiskipinäsytytyspuolalla (Kuva 5.) eli ns. ”hukkakipinäsytytyksenä”.



Kuva 5. Hukkakipinäpuolan rakenne.

### Toiminta

Sytytyspuola on sekä energian varaja, että muuntaja. Se muuntaa tasajännitteestä sytytystulpalle sytytysimpulssin, jonka jännite ja energiasisältö ovat riittävät. Sekä sytytyspääteaste tietyllä ensiövirran rajoitusarvolla, että puolan ensiökäämin vastus- ja induktanssiarvot määräävät magneettikenttään tallentuvan energian. Toisiokäämillä vaikutetaan korkeajännitteen, kipinävirran ja kipinän paloajan saamiseksi tarvittavan mukaisiksi. (Bosch 2003)

Kaksoiskipinäsytytyspuolassa on kaksi toisiokäämiä. Toinen toisiokäämi on sylintereille 1 ja 4 ja toinen toisiokäämi on sylintereille 2 ja 3. Kummankin käämin molemmista päistä lähtee tulpanjohdot. Kun ensiövirta katkaistaan, syntyy kipinä molemmissa tulpissa

Sytytyskipinä ohjataan molempiin yläkuolokohtaa lähestyviin sylintereihin, mutta toisen sylinterin ollessa pakotahdissa, sytytystä ei tapahdu, joten nimityksen mukainen hukka-kipinä syntyy.

Pakotahdissa olevaan sylinteriin tarvitaan vain vähän tarjolla olevasta sytytysjännitteestä puuttuvasta puristusaineesta johtuen, joten suuri osa jännitteestä käytetään puristustahdissa olevaan sylinteriin, jolloin saadaan aikaan vahvempi kipinä.

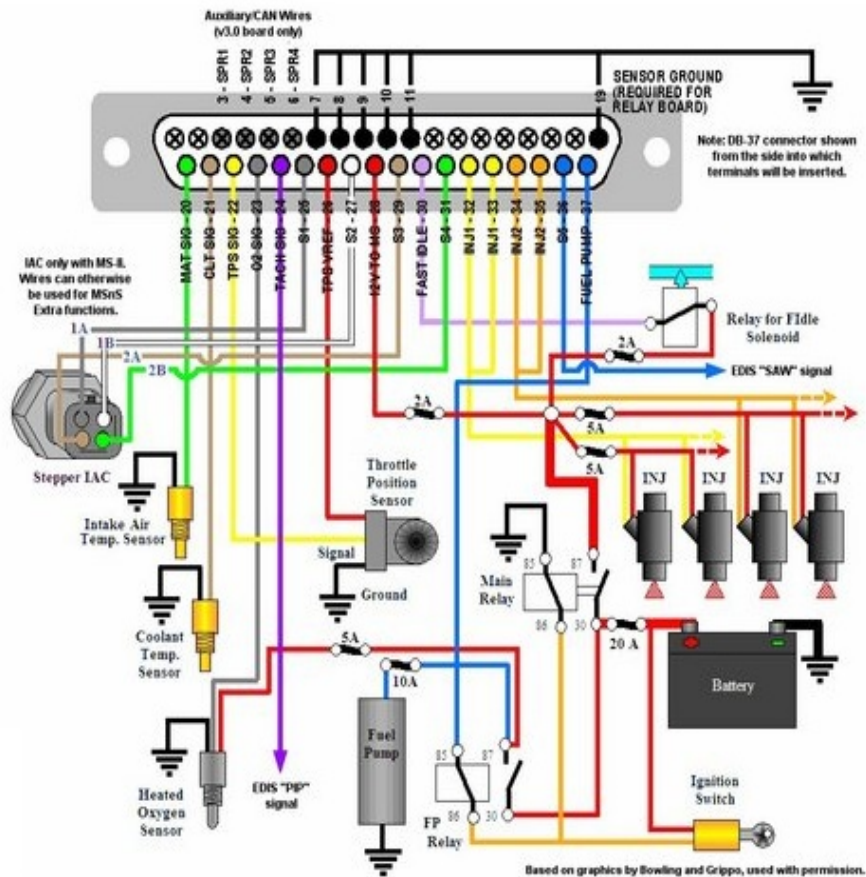
#### 4.8.2 EDIS

Sytytyksen ohjaukseen tullaan käyttämään Fordin valmistamaa EDIS:tä (Ford's **E**lectronic **D**istributorless **I**gnition **S**ystem). EDIS pystyy toimimaan pelkän VR-mallisen kampiakselin asentoanturin kanssa, joten herkästi vikaantuvaa ja verrattain kallista nokka-akselin asentoanturia ei tarvita. EDIS tarvitsee toimiakseen myös aiemmin mainitun 36-1 triggeripyörän.

EDIS valittiin sen hyvän saatavuuden, toimintavarmuuden ja hinnan takia. EDIS sopii projektiin myös hyvin, sillä vanhanmallinen virranjakaja voidaan poistaa, koska moottorin asentotiedon saamiseen ei tarvita nokka-anturia.

## 5 KYTKENTÄKAAVIOT

Megasquirt-rakennussarjan mukana tulee yleismallinen kytkentäkaavio (Kuva 6.). Kaavion perusteella pystytään rakentamaan johtosarja moottorille.

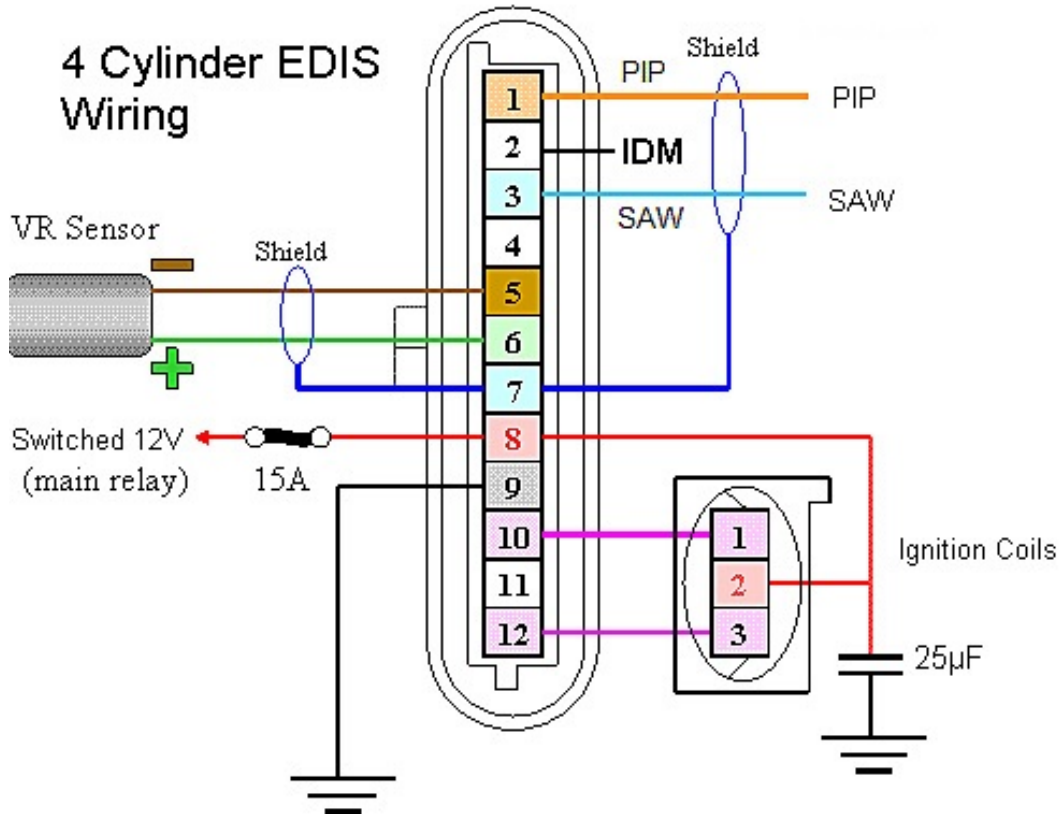


Kuva 6. Megasquirtin kytkentäkaavio.

Stepper IAC ominaisuudella saadaan ohjattua portaittain lämpötilan mukaan toimivaa lisäilmaluistia ja Idle rele-ohjauksella saadaan perinteinen ON/OFF tyyppinen lisäilmaluisti toimimaan. Projekti-autoon ei toistaiseksi kytketä lisäilmaluistia, koska auto on suurimmaksi osaksi harrastekäytössä.

Elektronisen sytytyksen osat kytketään erilliseen EDIS-moduliin. EDIS kytketään taas Megasquirtin ohjainlaitteen pinneihin 24 ja 36 (Kuva 7). Toisen pinnin

avulla Megasquirtille johdetaan 12 voltin kantiaaltona kierroslukutieto, jolloin käyttäjä voi päättää tarvittavan ennakon kullekin alueelle, joka taas syötetään 5 voltin sini-aaltona EDIS-moduuliin.

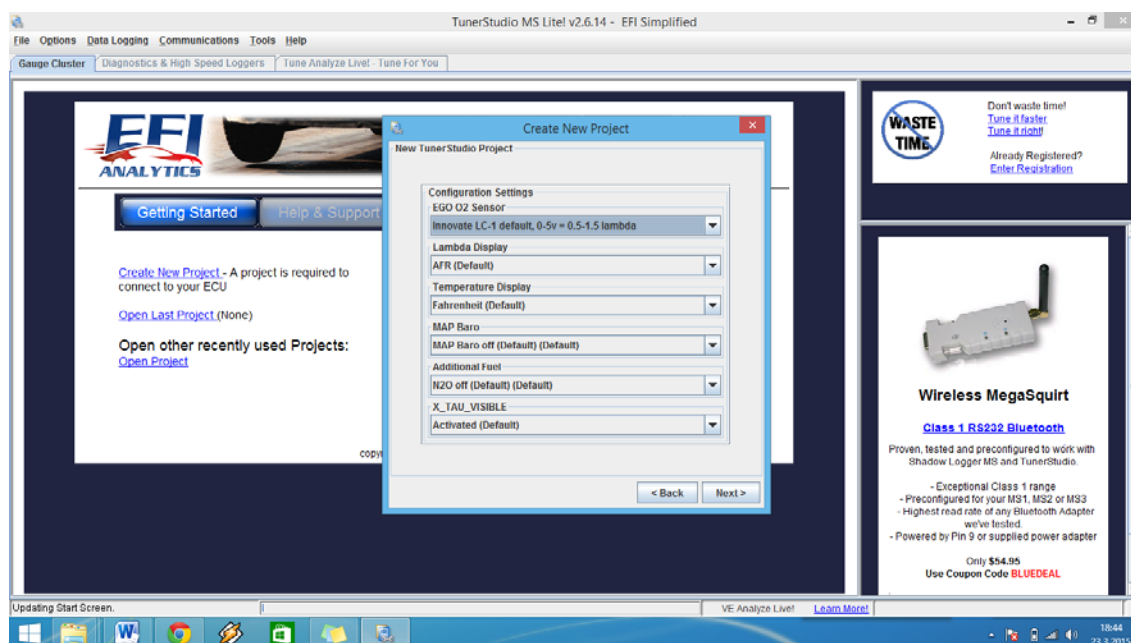


Kuva 7. EDIS sytytysmoduulin kytkentä.

Kuvan 7 EDIS-moduuliin liitetään erillinen virrantulo 12 voltia, maadoitus, kamppiakselin asentoanturi, hukkakipinäpuola ja lisäksi 2 johtoa ohjainlaitteelle, joista toinen kertoo ohjainlaitteelle kierroslukutiedon ja toinen on ohjainlaitteelta tuleva tarvittava sytytysennakon määrä ennen yläkuolokohtaa.

## 6 SÄÄTÖOHJELMA

Megasquirt säädetään Tunerstudio nimisen ohjelman avulla. Se on ladattavissa ilmaiseksi Internetistä. <http://www.diyautotune.com/softwarelinks.htm> Tunerstudion tuki riittää Windows XP:tä aina Windows 8 asti.



Kuva 8. Tunerstudion alunäyttö

Alkunäytössä (Kuva 8) säädetään perusasetuksia Tunerstudioon. Aluksi valitaan käytettävä lambda eli happitunnistin, joka tässä projektissa on Megasquirtin kannalta kapeakaistainen anturi. Lämpötilayksikön käyttäjä voi valita fahrenheitin tai celsiusen väliltä oman tarpeen mukaan. MAP Baro:lla voidaan valita, otetaanko barometrinen korkeus huomioon mitattaessa imusarjassa vallitsevaa painetta. Lisäksi määritellään happianturin antaman arvon muoto, sekä käytetäänkö moottorissa ilokaasua.

Aluksi Megasquirtiin syötetään projektimoottorin tiedot. Megasquirtilla on monia käyttökohteita, joten alkusäädöt ovat hyvin yleismaailmallisia, kuten onko moottori kaksi- vai nelitahtinen tai tapahtuuko sytytys tasaisin väliajoin.

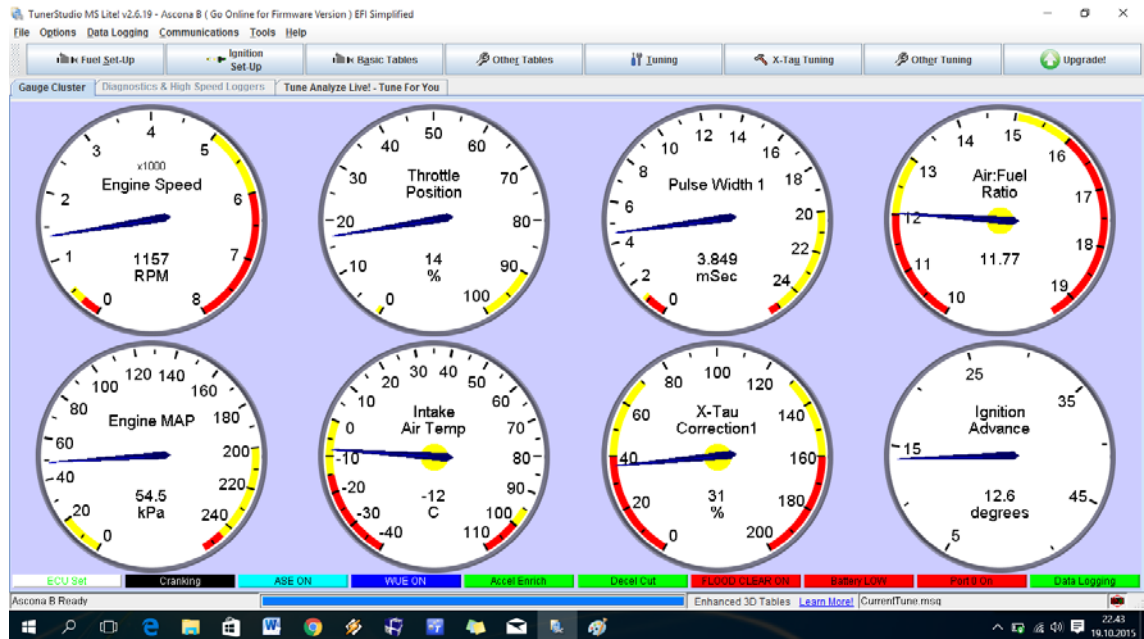
Tarkentaviin säätöihin määritellään moottorin litratilavuus, sylinterien ja suuttimien lukumäärä, joita tässä moottorissa on kumpaakin 4 kappaletta. Imusarjan paineanturin skaala eli kuinka suuren paine-eron anturi pystyy mittaamaan. Tässä tapauksessa 250 kPa.

Seuraavaksi suuttimien toiminta määritellään tarkemmin. Toimivatko suuttimet vuorotellen, erillisinä ryhminä jaksoittain vai kaikki samanaikaisesti ja montako kertaa syklin aikana ruiskutus tapahtuu. Lisäksi on ilmoitettava suuttimien aukiolomenevä aika, joka yleisesti ottaen on noin 1.0 millisekuntia, sekä akkujännitteen korjaus eli kuinka paljon suuttimien aukioloaika muutetaan suhteessa alenevaan akkujännitteeseen. Arvoksi laitettiin 0.20 millisekuntia alenevaa Volttia kohden (Megamanual 2015). Käytettäessä matalavastuksisia suuttimia virtaa tulisi rajoittaa, jotta suuttimet eivät rikkoontuisi ylikuumentumisen takia. Auton suuttimet ovat matalavastuksiset, mutta niihin on asennettu lisävastukset, jolloin virranrajoitusta ei tarvita. Tämä mahdollistaa suuttimien vaihdon ilman, että joutuu säätämään virranrajoitusta.

Annettujen tietojen perusteella ohjelma laskee tarvittavan polttoaineen määrän hetkellä, jolloin moottorin on käyttölämpötilassa ja MAP-anturin arvon ollessa 100 kPa eli ns. täydellä kaasulla ajettaessa. Ts. hetkellä jolloin polttoaineen tarve on suurin. Työssä käytettävillä 214 cm<sup>3</sup>/min suuttimilla vaaditaan 21.6 millisekunnin aukioloaika suuttimilta, jotta tarpeellinen polttoaineen määrä saadaan syötettyä sylintereihin.

## 6.1 Mittaritaulu

Reaaliaikainen tieto anturitiedoista on olennainen asia säädettäessä moottorinohjainlaitetta. Näytöllä näkyviä mittareita (Kuva 9) voidaan valita tarpeen mukaan.



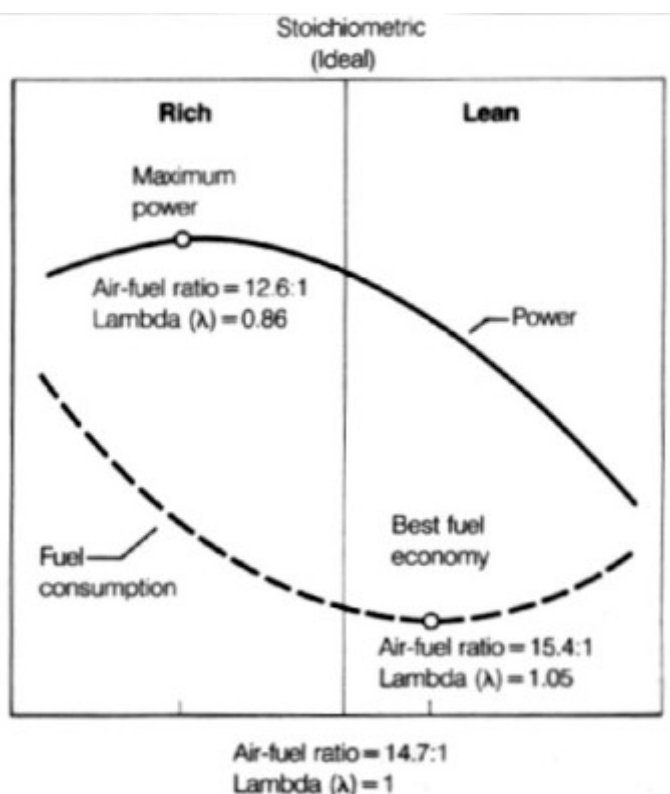
Kuva 9. Tunerstudion mittaristo.

Olennaisimpia tietoja moottorin käydessä on moottorin kierrosnopeus, kuormitustaso, imusarjan paine, suuttimien aukioloajat, seossuhde, sytytyksen ajoitus, jäähdytysnesteen lämpötila ja imuilman lämpötila.



## 6.2 Polttoainekartta

Polttoaine- eli bensakartassa määritetään syötettävän polttoaineen määrä suhteessa moottorin käyntinopeuteen ja kuormituksen määrään. Aluksi auto voidaan käynnistää suuntaa antavalla kartalla. Tarkempi säätö suoritetaan koeajon perusteella. Kartta tehdään tarpeen mukaan antureiden kertoman tiedon perusteella. Rikkaalla seoksella saadaan tehoa, kun taas laihalla seoksella saadaan taloudellisempi kulutus.



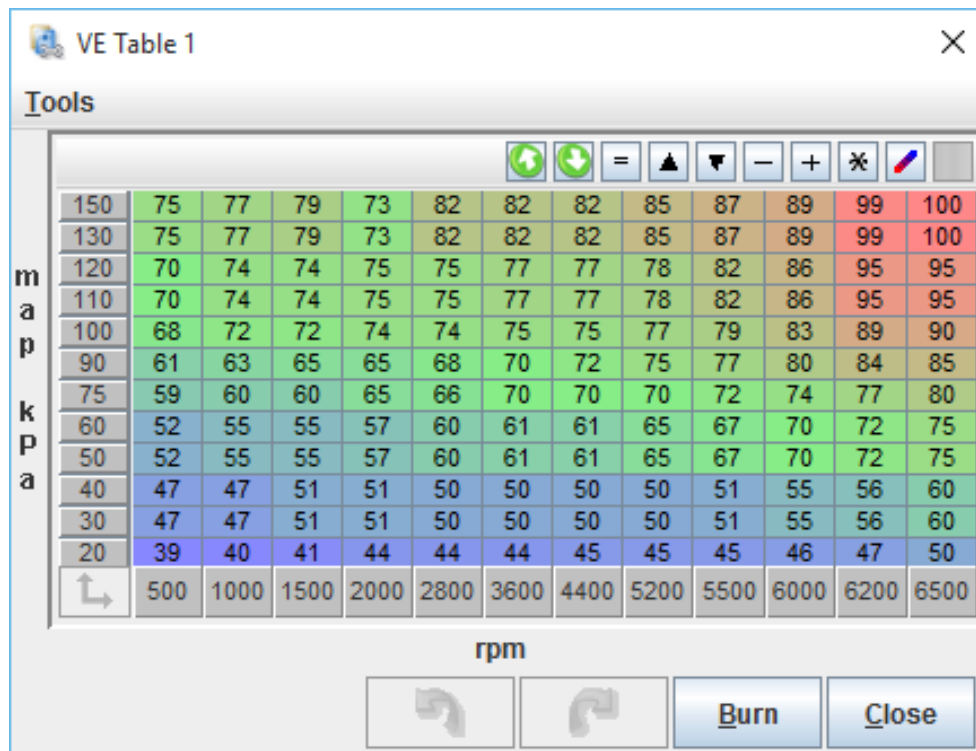
Kuva 10. Seoksen vaikutus tehoon ja taloudellisuuteen.

Kuvan perustella voidaan sanoa, että ei ole vain yhtä oikeaa vaihtoehtoa. Paras teho saavutetaan 0,9-1,0 AFR:n (12.6 kg ilmaa per kg polttoainetta) välillä ja pienin ominaiskulutus taas noin 1.05 AFR:n (15.4 kg ilmaa per kg polttoainetta) kohdalla.

Polttoaineen seos määrittää paljon myös pakokaasupäästöjen muodostumista. Katalysaattorilla varustetuissa ajoneuvoissa ilmakertoimen on oltava mahdolli-

simman lähellä 1:tä, kun moottori on lämmin, jotta katalysaattori pystyy toimimaan oikein. Projektiautosta ei iän takia tarvitse mitata pakokaasupäästöjä, joten seos tullaan säätämään lievästi rikkaalle, jolloin saadaan moottorista maksimiteho.

Seuraavaksi muodostetaan polttoainekartta (Kuva 11) moottorin ominaisuuksien perusteella.



Kuva 11. Alustava polttoainekartta

Kuvassa 11 esiintyvät lukemat ovat laskennallisesti määritettyjä ilmamääriä kerrottuna AFR suhteella.

$$VE = \frac{\text{todellinen ilman massa}}{\text{teorettinen ilman massa}} * \frac{\text{stoikiometrinen AFR}}{\text{todellinen AFR}}$$

Megasquirt määrittelee teoreettisen maksimi täytöksen, jonka moottori pystyy käsittelemään, joka on siis VE 100 %. VE tarkoittaa volumetristä hyötysuhdetta, eli kuinka paljon tilavuusvirrasta saadaan hyödynnettyä. Alemmat tasot ovat siis prosentuaalisia arvoja teoreettisesta maksimi täytöksestä

### 6.3 Sytytyskartta

Myös sytytyksen säätö tehdään kompromissien avulla. Seoksen syttymishetkestä täydelliseen palamiseen menee aikaa n. 2 millisekuntia. Mitä nopeammin moottori pyörii, niin sitä aikaisemmin kipinä on annettava, jotta seos saadaan syttymään juuri oikealla hetkellä. Kipinän on synnyttävä juuri oikealla hetkellä, jotta saadaan aikaan optimaalinen palaminen. Sytytyshetkeä valittaessa tavoitteena on maksimi moottoriteho, mahdollisimman pieni ominaiskulutus ja pakokaasupäästöt sekä eliminoida moottorin mahdollinen nakutus.

map	500	700	1300	2000	3000	4000	5000	6000	6100	6200	6300	6400
140	8	10	8	10	14	19	19	19	19	19	19	19
130	8	10	9	11	15	20	22	22	22	22	22	22
120	8	10	10	13	16	21	23	23	23	23	23	23
110	8	10	11	14	17	22	24	24	24	24	24	24
100	8	10	13	15	19	23	26	26	26	26	26	26
90	8	10	13	15	19	23	26	26	26	26	26	26
80	8	10	13	15	19	23	26	26	26	26	26	26
70	8	10	13	15	19	23	26	26	26	26	26	26
60	8	10	13	15	19	27	28	28	28	28	28	28
50	8	10	13	15	20	28	30	30	30	30	30	30
40	8	9	10	15	21	30	32	32	32	32	32	32
30	8	9	10	15	22	32	36	36	36	36	36	36

Kuva 12. Alustava sytytyskartta

Kuvasta 12 ilmenee sytytysennakon määrä tietyllä imusarjassa vallitsevan paineen ja moottorin kierrosluvun hetkellä.

### 6.4 Kylmäkäynnistysrikastus

Kylmällä säällä käynnistettäessä polttoainetta syötetään lämpötilaan verrannollisesti enemmän kuin mitä sitä syötettäisiin moottorin ollessa lämmin. Mitä kyl-

mempi ympäröivä ilma on, niin sitä enemmän polttoainetta tarvitaan, jotta moottori saadaan luotettavasti käynnistymään ja käymään tyhjäkäyntiä myös kylmällä säällä.

## 6.5 Lambdasäätö

Megasquirt pystyy säätämään seosta kapeakaistaisen happianturin avulla. Happianturin mittaaman pakokaasun sisältämän ilman ja polttoaineen seoksen ollessa rikkaalla tai laihalla, ohjainlaite tekee tarvittavia hienosäätöjä polttoainekarttaan.

## 7 PÄÄTELMÄT

Polttoaine, ja ennakkokartat ovat tässä vaiheessa vasta alustavia. Lopullinen moottorinohjaimen säätö tullaan suorittamaan tehodynamometrillä. Tehodynamometrillä autoa voidaan ajaa jokaisella eri kuormitustasolla ja myös pystytään tarkasti seuraamaan, mitä moottorissa tapahtuu. Jotta säädöt saadaan myös koville kuormille, niin tehodynamometri on välttämätön, koska liikenteen seassa moottorin kova kuormittaminen suurilla vaihteilla ei ole sallittua saati turvallista. Sytytysennakkoa säätämällä voidaan mitata moottorin huipputehon vaihtelua. Ennakkoa säädettäessä on tärkeää kuunnella moottoria, ettei moottoria tuhoavaa nakutusta tapahdu.

Projekti itsessään oli helppo toteuttaa, koska suuri osa tarvittavista komponenteista löytyi jo valmiiksi. Puuttuvia osia sai helposti lähiseudun varaosaliikkeistä.

Jatkojalostukseen Megasquirt sopii loistavasti. Se mahdollistaa turboahtamisen lisäksi esimerkiksi kiihdytysautoilusta tutun ilokaasun käytön. Muista Megasquirtin käyttömahdollisuuksista mainittakoon sekventaaliruiskutus, launch control eli lähtöavustin, vesiruiskutus, jolla saadaan toteutettua ahtopaineen välijäähdyttimen jäähdytys, traction control eli vetoluiston esto, joka saadaan aikaan kierroksia rajoittamalla.

## 8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena on perehtyä oman harrasteauton ruiskutus- ja sytytyslaitteistojen rakenteeseen ja toimintaan ja muuttaa ne toimimaan itserakennettavalla ja ohjelmoitavalla moottorinohjainlaitteella.

Projekti-auton moottori on alun perin varustettu Boschin L-Jetronic ruiskutuslaitteistolla, perinteisellä virranjakajalla ja sytytyspuolalla. L-Jetronic poistettiin ja tilalle asennettiin Megasquirt v1 2.2.

Moottorin sisältämiä antureita vaihdettiin uudempaan tekniikkaan, kuten esimerkiksi herkästi vikaantuva MAF eli ilmamassamittari vaihdettiin luotettavampaan MAP-anturiin. Virranjakaja poistettiin ja sen tilalle asennettiin elektroninen sytytysmoduli hukkakipinäpuolalla ja induktiivisella kampiakselin asentoanturilla.

Kun tarvittavat muutostyöt oli suoritettu, niin moottorin tiedot syötettiin Megasquirtin säätöön tarkoitetulla ohjelmalla Tunerstudiolla. Ohjelma luo annettujen tietojen perusteella alustavat polttoaine- ja sytytyskartat, jotka lopuksi säädettiin tarkemmin omiin käyttötarpeisiin sopiviksi.

Työ tehtiin omakustanteisesti omaan harrasteautoon, jonka taloudellisuutta ja luotettavuutta haluttiin parantaa.

## LÄHTEET

Juhala M., Suominen M., Tammi K., Moottorialan sähköoppi, Jyväskylä: Gummerus Oy:n kirjapaino, 2001.

Megamanual 2015, Megasquirtin web-pohjainen manuaali. Saatavissa: [www.megamanual.com/mtabcon.htm](http://www.megamanual.com/mtabcon.htm). Päivitetty 10.06.2015

Megasquirt tietosivusto. Sivusto luotu 2015. Saatavissa: <http://megasquirt.info/>

Opel harrastajien keskustelusivusto. Saatavissa: <http://www.opel6070club.com/>  
Päivitetty 2015.

Robert Bosch GmbH, Autoteknillinen taskukirja, 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy:n kirjapaino, 2003.

Robert Bosch GmbH, Gasoline Fuel-Injection System L-Jetronic, Stuttgart, 1995.

Kuvalähteet:

Kuva 1. Robert Bosch GmbH, Autoteknillinen taskukirja, 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy:n kirjapaino, 2003.

Kuva 2. Kiril Mucevski, Inductive And Hall Effect Sensors Explained [viitattu 02.12.2015]. Saatavissa: <https://www.linkedin.com/pulse/inductive-hall-effect-rpm-sensors-explained-kiril-mucevski>

Kuva 3. Edgar H, 4A-GE Ford EDIS Conversion [viitattu 01.12.2015]. Saatavissa: <http://charmant4age.blogspot.fi/2011/10/4a-ge-ford-edis-conversion.html>

Kuva 4. Engine Basics, The Basics Of Air Fuel Ratio, 2010 [viitattu 02.12.2015] saatavissa:

<http://www.enginebasics.com/EFI%20Tuning/AF%20Ratio%20Basics.html>

Kuva 5. Jeff Lucius, The Ignition System in the DOCH Mitsubishi 3000GT and Dodge Stealth, Päivitetty 31.10.2006 [viitattu 02.12.2015]. saatavissa :

Kuva 7. Bowling B ja Grippio A, EDIS Ignition Control with Megasquirt-II. Päivitetty 16.03.2009 [viitattu 02.12.2015]. saatavissa:

<http://megasquirt.free.fr/sources/MS/manual/ms2/EDIS.htm6>

Kuva 10. Buckeye Triumphs, Air/Fuel Monitor [viitattu 02.12.2015] saatavissa:

<http://www.buckeyetriumphs.org/technical/Carbs/AFMonitor/AFMonitor.htm>