

Tero Makkonen

# Suzuki GSX-R 600:n moottorinohjaus

Opinnäytetyö  
Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma


Marraskuu 2012




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

 <b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>  				
<b>Tekijä(t)</b> Tero Makkonen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma</b>				
<b>Nimeke</b> Suzuki GSX-R 600:n moottorinohjaus					
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin teoriassa moottoripyörän ruiskuttamista ja moottorinohjauksen asentamista kohdepyörään, kuten myös perehdyttiin kyseiseen pyörämalliin ja sen tekniikkaan. Työssä tutkittiin myös lainsäädäntöä, sillä pyörää oli tarkoitus käyttää myös tieliikenteessä. Samalla pyrittiin saamaan pyörästä mahdollisimman vähäpäästöinen normaalissa maantieajossa.</p> <p>Moottoripyörän ruiskuttamista ja moottorinohjauksen asentamista varten pyörään asennettiin johtosarja, johon kuului kaikki tarvittavat anturit ja johdotukset, ja Megasquirt II v3.0 itse moottorinohjausta varten.</p> <p>Tunerstudio-ohjelman avulla laskettiin tarvittavat arvot, jolla Megasquirt II v3.0 olisi saatu toimimaan kohdemoottoripyörän kanssa. Ohjelmassa muutettiin arvot vastaamaan korkeavirteistä ja korkeasti kiertävää moottoria, joka Suzuki GSX-R 600 on. Huipputehot laskettiin tulevan korkeilla kierrosluvuilla, joten yläkierroksilla moottori kävisi rikkaammalla ja AFR eli air fuel ratio eli ilma/polttoaine suhde oli matalampi eli rikkaampi.</p> <p>Työstä saatujen kokemusten avulla on mahdollista laskea moottoripyörän päästöjä asentamalla siihen polttoaineen ruiskutuksen ja uuden moottorinohjauksen verrattuna vanhaan kaasutinjärjestelmään. Ajanpuutteen takia en pystynyt saamaan tarvittavia tuloksia kuinka uusi polttoaineenruiskutusjärjestelmä toimisi käytännössä.</p>					
<b>Asiasanat (avainsanat)</b>  Moottoripyörä, moottorinohjaus					
<b>Sivumäärä</b> 21	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b></td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> <tr> <td>Suomi</td> <td></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b>	<b>URN</b>	Suomi	
<b>Kieli</b>	<b>URN</b>				
Suomi					
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>  					
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Kari Ehrnrooth	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b>  				

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		Date of the bachelor's thesis	
Author(s) Tero Makkonen		Degree programme and option Bachelor's degree in automotive engineering	
Name of the bachelor's thesis Tuning of electronic controller unit of Suzuki GSX-R 600			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of this thesis was to study how to install the fuel injection system in theory to a motorcycle, and how to install electronic controller unit to the motorcycle and become familiar with the motorbike model and to its technology. The legislation was also studied in this project as motorcycle was meant to be used in road traffic. At the same time was tried to get the motorcycle to be low emission as possible at normal highway speed.</p> <p>For installing fuel injection system and electronic controller unit to motorcycle, it got installed electronic harness, which had all sensors needed and Megasquirt II v3.0 for controlling fuel injection.</p> <p>I could calculate values needed for using Megasquirt II v3.0 with Tunerstudio program and make it work in the motorcycle. Values in program were changed to match high tuned and high rpm motor, which Suzuki GSX-R 600 is. Maximum output was calculated to come from high rpm, so at higher rpm the engine function at rich mixture and AFR in other words air fuel ratio was low so rich mixture too.</p> <p>The information gained from this project helped to calculate how to see if emissions can be decreased considerably compared to old carburetor system, by installing fuel injection and electronic controlling unit to motorcycle.</p>			
Subject headings, (keywords) Motorcycle, electronic controller unit tuning			
Pages 21	Language Finnish	URN	
Remarks, notes on appendices			
Tutor Kari Ehrnrooth		Bachelor's thesis assigned by	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	SUZUKI GSX-R 600 .....	1
3	LAINSÄÄDÄNTÖ .....	3
4	ALKUPERÄINEN POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ .....	5
5	UUSI POLTTOAINEEN RUISKUTUSJÄRJESTELMÄ.....	8
	5.1 Polttoainejärjestelmä.....	8
	5.2 Ruiskutusjärjestelmä.....	9
6	INNOVATE LC-1 LAAJAKAISTA LAMBDA-OHJAIN .....	10
	6.1 Ohjaimen käyttöönotto .....	11
	6.2 Ohjaimen käyttö kannettavan tietokoneen avulla.....	11
7	MEGASQUIRT.....	12
8	MEGASQUIRTIN KOKOAMINEN.....	13
9	MEGASQUIRTIN ASENNUS .....	14
10	MEGASQUIRTIN SÄÄTÄMINEN .....	14
	10.1 Polttoaineasetukset .....	15
	10.2 Sytytysasetukset.....	17
11	MEGASQUIRTIN VAIKUTUS PÄÄSTÖIHIN .....	18
12	POHDINTA .....	19
	LÄHTEET .....	21

### LIITTEET

1 Penkitystulokset

2 Päästöt

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena tutkia teoriassa, kuinka kaasutintoimisesta moottoripyörästä tehdään elektronisella polttoaineen suihkutuksella ja uudella moottorinohjauksella toimiva ja minkälaiset vaikutukset sillä on pakokaasupäästöihin. Lisäksi perehdytään lainsäädäntöön ja yleisesti opinnäytetyön kohdemoottoripyörään.

Työn alkuperäisenä tavoitteena oli tutkia käytännössä, kuinka moottorinohjaus tapahtuu, mutta kiireen takia siitä jouduttiin luopumaan.

Koska itselläni ei ollut paljon kokemusta moottorinohjauksesta ja varsinkaan moottoripyörien ruiskuttamisesta, aihe vaikutti erittäin mielenkiintoiselle.

Moottorinohjaukseen tulen käyttämään Megasquirt-ohjainyksikköä, jolla säädän polttoaineen suihkutusta ja itse säätäminen tapahtuu Tunerstudio-ohjelman avulla. Apuna käytän LC-1-laajakaista-lambda-ohjainta.

## 2 SUZUKI GSX-R 600

Tämän opinnäytetyön kohteena on Suzuki GSX-R 600 SRAD vuosimalliltaan 1997. Suzuki GSX-R-malliston valmistus aloitettiin vuonna 1992, jota tehtiin myös vuonna 1993 ja siinä käytettiin Suzuki GSX-R 750:n koria. Vuosina 1994 - 1996 ei ollut tuotantoa. Suzuki otti SRAD:n käyttöön vuonna 1997, ja se tarkoittaa Suzuki Ram Air Directiä, joka tarkoittaa sitä, että ajoviimalla paineistetaan ilmanotto, jolloin koneesta saadaan hieman lisää tehoa irti. Hyöty otetaan irti isommissa nopeuksissa, joten Suomen nopeusrajoituksissa siitä ei ole paljoa hyötyä, mutta rata-ajossa vaikutus on toinen. /9./

Pyörässä on nestejäähdytys, joka on ollut jo käytössä GSX-R-mallistossa 1993 vuodesta eteenpäin.

Vuonna 2001 otettiin käyttöön ensimmäistä kertaa sähköinen polttoaineen suihkutuskusisataakuutioisissa GSX-R-moottoripyörissä. 750-kuutioisissa pyörissä sähköinen polttoaineen ruiskutus tuli jo käyttöön vuonna 1998. Vuoteen 2005 mennessä

mallistoon tuli vain kosmeettisia muutoksia. Vuonna 2006 pyörään tuli niin sanottu Slipper Clutch-kytkin, joka irrottaa kytkintä hieman moottorijarrutuksessa vähentäen takapyörän lukkiutumista kyseisessä tilanteessa. Vuonna 2008 pyörään esiteltiin Suzuki Drive Mode Selector, joka antaa kuljettajan valita kolme erilaista tehokäyrää tien tai radan ominaisuuksien mukaan. 600-kuutioisten GSX-R:ien tehot takapyörältä ovat nousseet vuosien mittaan 60kW:sta 77kW:iin.

Pyörässä on 600-kuutioinen 4-tahti, nelisylinterinen, nestejäähdytetty ja 16-venttiilinen kahdella nokka-akselilla varustettu moottori. Rekisteriotteen mukaan koneessa on 78 kW moottoritehoa. Painoa pyörällä on vajaat 200 kg tankki täynnä, joten teho/painosuhte on pyörässä kohdallaan. Polttoaineensyötön tarjoaa neljät Mikunin BDSR36:set kaasuttimet. Kone on muiden kuusisataisten pyörien tyyliin erittäin kiertävä, kierroksen rajoitin ottaa vastaan noin 13800 rpm kohdilla. Moottori tekee kaksi tehopiikkiä 8000 ja 10500 rpm kohdilla, jotka näkyvät tehodynamometrin tulostekuvastakin ja tuntee selkeästi jo ajon aikana, kun kiihdyttää tarpeeksi kovasti.

Kohdepyörä on Suzuki GSX-R 600 ja vuosimallia 1997, ja tässä alhaalla olevassa taulukossa näkyy tarkemmat tekniset tiedot.

#### TAULUKKO 1. Tekniset tiedot

Moottori:	600cc, 4-tahti, nelisylinterinen, nestejäähdytetty, DOHC, 16-venttiilinen, TSCC
Sylinterin halkaisija ja iskunpituus:	65.5 x 44.5mm
Puristussuhde:	12.0:1
Ruiskutus:	4 x Mikuni BDSR36
Voitelu:	Wet sump
Sytytys:	Digital/DC-CDI
Startti:	Sähköinen
Vaihteisto:	6-vaihteinen
Final Drive:	#525 ketju
Kokonais pituus:	2065mm
Kokonais leveys:	720mm
Kokonais korkeus:	1165mm
Istuimen korkeus:	830mm
Maavara:	130mm
akseliväli:	1385mm

Kuiva paino:	174kg
Etujousitus:	tavanomainen cartridge-jousitus, täysin säädettävät jouset, iskunvaimennus
Takajousitus:	Link-type, täysin säädettävä jousi, iskunvaimennus
Etujarrut:	kahdet levyt
Takajarrut:	yksi levy
Renkaat:	120/70 ZR-17 (etu), 180/55-ZR-17 (taka)
Polttoainesäiliö:	18 Litraa



**KUVA 1. Opinnäytetyön kohde**

Yllä kuva projektin moottoripyörästä. (kuva 1)

### **3 LAINSÄÄDÄNTÖ**

Liikenne- ja viestintäministeriön päätöksen mukaisesti säädetään 11. päivänä joulukuuta 2002 annetun ajoneuvolain (1090/2002) nojalla. 1 luku 1 §: Tätä asetusta sovelletaan L-luokan ajoneuvon korjaamiseen ja rakenteen muuttamiseen sekä muun ajoneuvon muuttamiseen L-luokan ajoneuvoksi. Asetusta sovelletaan myös muutetun tai rakennetun ajoneuvon rekisteröintikatsastukseen. /1;2./

"Moottorikäyttöinen ajoneuvo ja siihen tai sen perävaunuun kytkettävä ajoneuvo on ennen sen ottamista käyttöön esitettävä muutoskatsastukseen, jos ajoneuvon rakennetta tai käyttötarkoitusta muutetaan olennaisesti tai siihen liitetään tai siitä poistetaan osia tai varusteita, jotka muuttavat merkittävästi ajoneuvon ominaisuuksia tai käyttötarkoitusta." Ajoneuvolaki 61. pykälä. /1;2./

Muutoskatsastusvelvollisuudesta säädetään ajoneuvolain 61 §:ssä ja ajoneuvojen hyväksynnästä annetun valtioneuvoston asetuksen (1244/2002) 25 §:ssä. Muutoskatsastusvelvollisuuden edellytysten ei katsota täyttyvän 11 §:n osalta, jos ajoneuvon vaihdetaan renkaat, jotka eivät edellytä vannemuutoksia tai selvitystä jarrulaitteen tehosta taikka 15 §:n 3 momentin muiden kuin c kohdassa tarkoitettujen osanvaihtojen tai 16 §:ssä tarkoitetun vähemmän kuin 10 % moottorin tehon kasvun johdosta taikka jos ajoneuvon vaihdetaan siihen tarkoitettu alkuperäistä osaa korvaava EY- tai E-hyväksytty varaosakatalysaattori tai äänenvaimennin. /1;2./

Muun kuin 3 momentissa tarkoitetun moottoripyörän ja L5e-luokan eli kolmipyöräisen moottoripyörä moottorin tehoa saa kasvattaa vaihtamalla moottorin, asentamalla ahtimen, tekemällä muutoksia pakoputkistoon, kasvattamalla iskutilavuutta tai muuttamalla muulla tavoin moottorin toimintaa tehonlisäyksen saamiseksi seuraavin ehdoin: Moottorin tehoa ei siitä annetun selvityksen mukaan saa kasvattaa alkuperäisen moottorin tai saman valmistajan valmistamaan, muilta ominaisuuksiltaan teknisesti vastaavaan ajoneuvon tarkoitettua teholtaan suurimman moottorin tehoa kuin 20 % taikka vaihtoehtoisesti alkuperäisen moottorin tehoa kasvattaa enintään kaksinkertaiseksi, jos moottoripyörän moottorin tehon ja omamassan suhde ei tällöin kasva suuremmaksi kuin 0,30kW/1kg. /1;2./

Ajoneuvon katsotaan 4 momentissa mainittujen muutosten jälkeen täyttävän sen ensimmäisenä käyttöönottoajankohtana voimassa olleet vaatimukset, jos ajoneuvo muutoskatsastuksessa täyttää vähintään seuraavat pakokaasupäästöjä koskevat vaatimukset: Käytönaikainen pakokaasupäästötaso ei saa moottorin käydessä nopeudella, joka vastaa 1/3 moottorin suurimman tehon pyörintänopeudesta, ylittää ajoneuvolla, joka on otettu käyttöön ennen 17.6.1999 CO-arvoa 4,5 % ja HC-arvoa 1000 ppm. /1;2./



"Moottoripyörän ja L5e-luokan ajoneuvojen polttoainesäiliön, polttoaineletkujen ja polttoainejärjestelmän liitäntöjen on oltava tiiviitä ja riittävän tukevasti kiinnitettyjä. Säiliön täyttöaukon tulee sijaita sellaisessa tilassa, josta polttoainevuoto voidaan välittömästi havaita." LiikMA L-luokan ajoneuvon korjaamisesta ja rakenteen muuttamisesta. 17 pykälä 1 kohta. /1;2./

Näiden perusteella moottoripyörääni pitäisi käyttää muutostarkastuksessa.

#### **4 ALKUPERÄINEN POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ**

Polttoainejärjestelmään kuuluvat polttoainetankki, bensapumppu, bensapumpun rele, polttoaineen imuventtiili, CDI-yksikkö ja kaasuttimet. Bensapumppu sijaitsee tankin sisällä, joka toimii sähköisesti ja saa virran akulta ja jota ohjaa CDI-yksikkö ja bensapumpun rele.

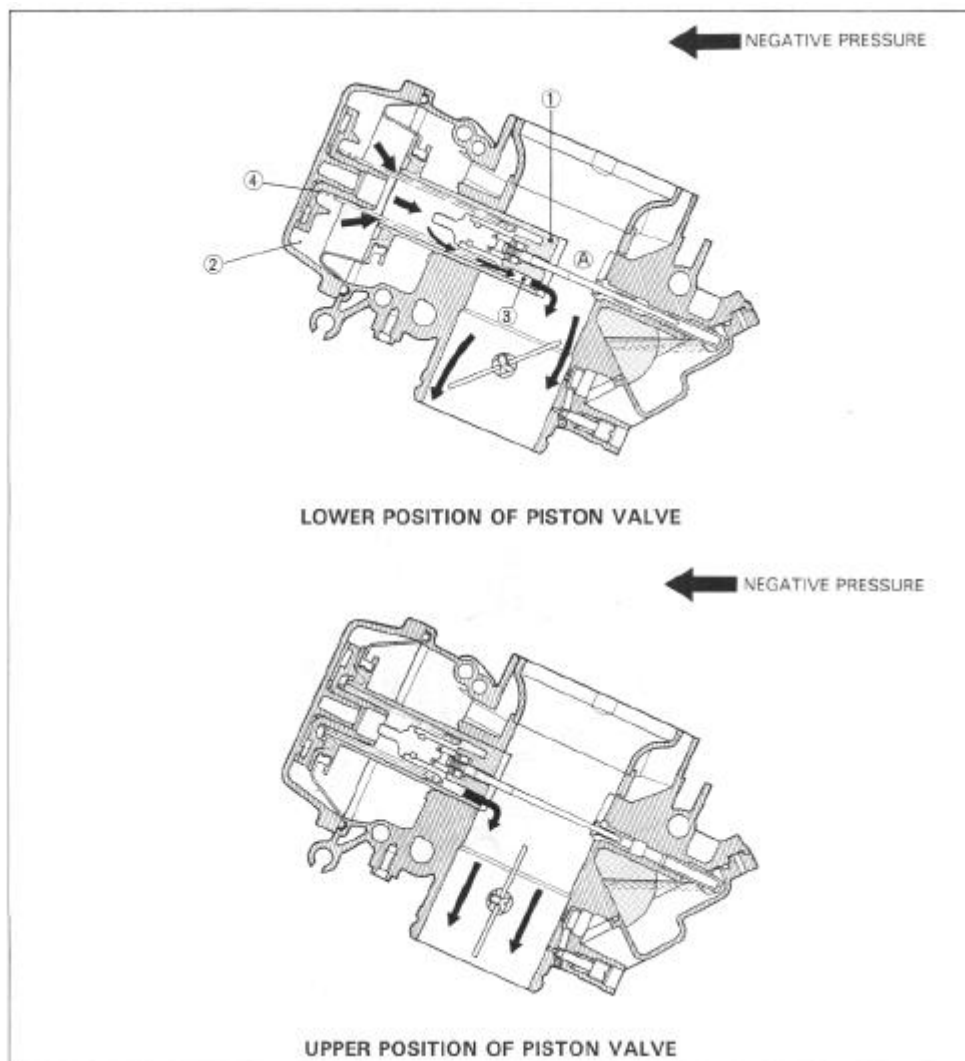
Kun koneen käynnistys/sammutusnapin painetaan ”RUN”-asentoon ja käynnistysavain ON-asentoon, niin bensapumppu alkaa toimia ja antaa tarvittavan paineen polttoaineelle. Muutaman sekunnin kuluttua pumppu lopettaa toimintansa, ellei paina starttinappia. Starttinappia painaessa starttimoottori kehittää palotilaan alipaineen. Alipaine pakottaa polttoaineen kaasuttimien imuventtiilin kalvon auki ja siten sallii polttoaineen menon kaasuttimien kohokammioihin.

Koneen pyörimättä ollessa polttoaineventtiili on suljettuna venttiilissä olevan jousen avulla ja siten kaasuttiin ei mene siten polttoainetta. Koneen pyöriessä venttiilin kalvolle kasvaa imupaine, joka syrjäyttää venttiilin jousen aiheuttaman jännityksen ja aukaisee venttiilin ja siten sallii polttoaineen virtauksen kaasuttiin. /3. s,4-1./

Kaasutinjärjestelmä koostuu neljästä kaasuttimesta, Mikunin BDSR36:sista. Kaasuttimet ovat malliltaan muuttuvakurkkuisia kaasuttimia, jotka ovat yleisimpiä moottoripyöräkäytössä. Muuttuvakurkkuisen kaasuttimen toimintaperiaate perustuu siihen tosiseikkaan, että kaasuttimen kurkun virtauspinta-alaa muuttamalla voidaan ilman virtausnopeus kurkun kohdalla pitää lähes muuttumattomana, jolloin

polttoainesuuttimesta virtaa kulloinkin tarvittava polttoainemäärä, ja seossuhde pysyy näin likipitään oikeana moottorin käyntinopeudesta ja kuormitustasosta riippumana.

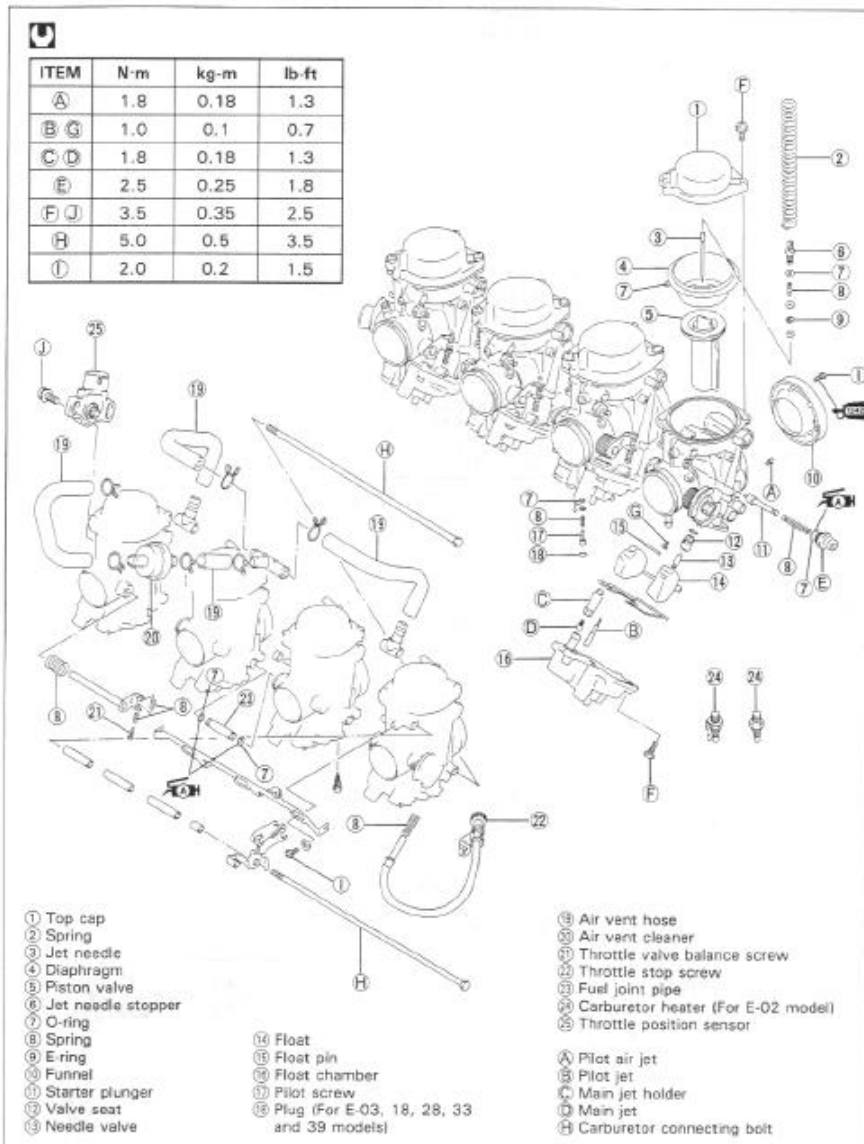
Nimi tulee siitä, että kurkku on nimensä mukaisesti muuttuva, eli kurkussa on alipainemäntä, jota kutsutaan luistiksi. Luisti muuttaa kurkun kokoa kaasuläpän mukaan. Mitä enemmän kaasuläppä on auki, sitä enemmän kaasuttimen kurkkuun pääsee alipainetta, joka avaa kurkkua, eli nostaa luistia ylöspäin. Luistin liikkeessa ylöspäin luistin alapuolella oleva kartiomainen neula vetäytyy suuttimesta päästäen moottoriin enemmän polttoainetta. Kun kaasuläppä sulkeutuu, kaasuttimen kurkkuun pääsee vähemmän alipainetta ja kurkku sulkeutuu eli luisti liikkuu alaspäin ja kartiomainen neula sulkee suutinta, jolloin moottoriin ei pääse polttoainetta. /7, s, 2\*3./



**KUVA 2. Kaasuttimen toimintaidea /3. s,158/.**

Yllä olevasta kuvasta näkee kaasuttimien toimintaidean. Imupuolen halkaisijat ovat 36,5 mm jokaisessa kaasuttimessa. Ne ovat kiinnitetty toisiinsa kahdella pitkällä tapilla. Kaasuttimen toisesta päästä löytyy TPS (Throttle Position Sensor) eli kaasuläpän asentoanturi. Toisessa päässä on kaasuvaijerien kiinnityskohta, ja kaasuvaijerin välityksellä ohjataan kaasuläpän asentoa. Kaasuttimen toisessa päädyssä on myös tyhjäkäynnin säätöruuvi, jolla saadaan joutokäynti kohdalleen. (kuva 2).

### CARBURETOR CONSTRUCTION



**KUVA 3. Kaasuttimien räjäytyskuva /3. s,156/**

Yllä olevassa kuvassa näkyy räjäytyskuva kaasuttimista ja niiden komponenteista. (kuva 3).

## 5 UUSI POLTTOAINEEN RUISKUTUSJÄRJESTELMÄ

### 5.1 Polttoainejärjestelmä

Uudessa polttoainejärjestelmässä on uutena lisänä elektroninen suihkutus, joka tapahtuu uudemman Suzuki GSX-R 750:n läppärungolla, Suzuki GSX-R 750:n sähköisellä bensapumpulla, polttoaineen paineensäätimellä ja Innovativen LC-laajakaista-lambda-anturilla. Ohjaus tapahtuu Megasquirt-ohjainyksikön avulla.

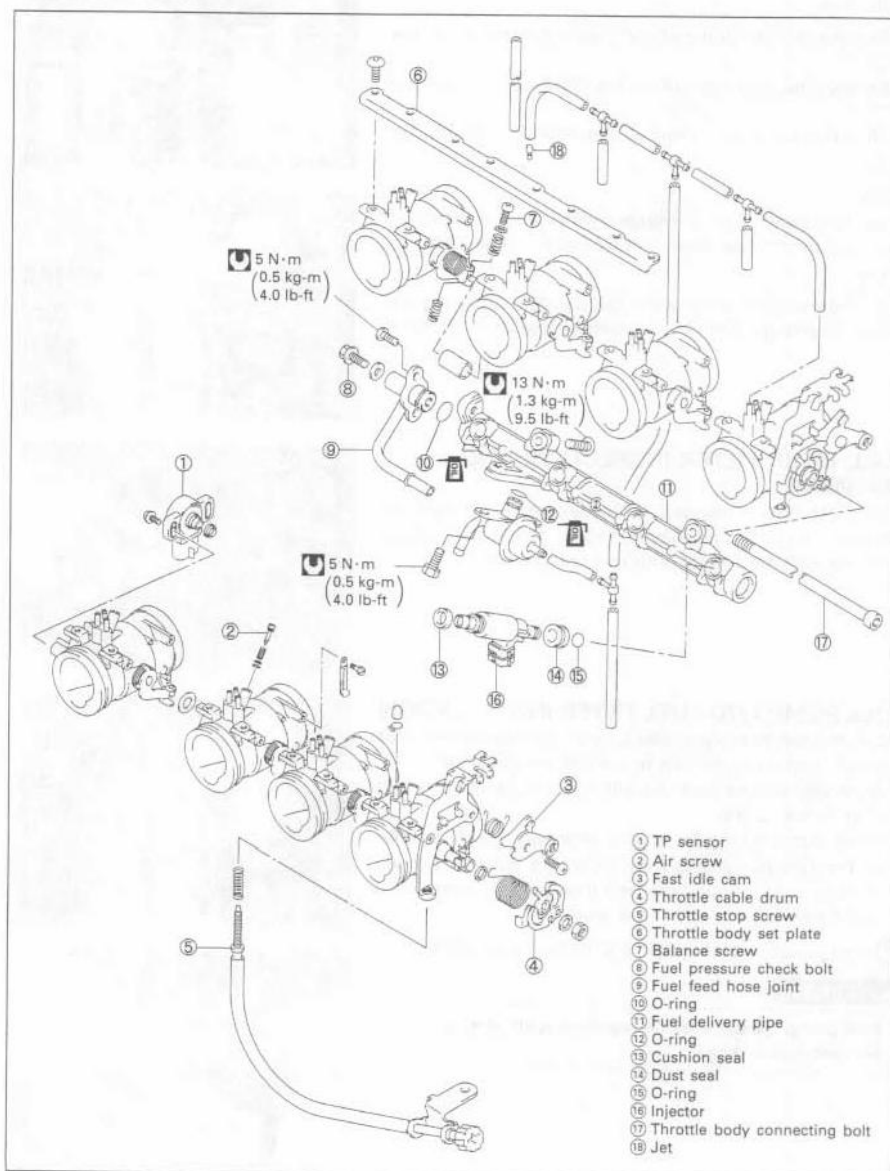


**KUVA 4. Uusi ja vanha polttoainepumppu**

Ylhäällä olevassa kuvassa näkyy hyvin vanhan ja uuden bensapumpun kokoero, joka johtuu isommasta pumpusta ja polttoainesuodattimesta. Siitäkin huolimatta uusi pumppu sopi suoraan vanhan tilalle vain vähän tankissa olevia huohotinputkia muokkaamalla. (kuva 4).

## 5.2 Ruiskutusjärjestelmä

Uusi ruiskutusjärjestelmä koostuu Suzuki GSX-R 750 SRAD:in läppärungosta, jota varten piti myös ostaa samaan malliin sopivat imukaulat, koska kuusisatasen imukaulat olivat aivan liian pienet. Valmistaja on Keihin. Läppärungon imupuolet ovat halkaisijaltaan 46 mm ja suuttimien koko on 240cc. Rungon toisesta päästä löytyy kaasuläpän asentoanturi, kuten löytyi myös kaasutinmallista, ja vastakkaisella puolella on kaasuvaijerin kiinnityskohta, kuten vanhassa kaasutin kokoonpanossa. Vanhat kaasuvaijerit sopivat uuteen läppärunkoon. Ryyppyvaijeri piti myös vaihtaa, sillä kaasuttimien ryyppyvaijeri ei sopinut läppärungon kiinnikkeisiin.



KUVA 5. Uusi läppärunko /4. s,461/

Uusi polttoainepumppu, joka on peräisin vuoden 1998 Suzuki GSX-R 750:stä tuottaa 41psi (Pounds per Square Inch) eli 2,9 barin paineen, jonka pitäisi riittää hyvin polttoaineen tuottoon uudelle kokoonpanolle. Jos paine ylittää 2,9 barin, bensa paineensäätimen venttiili aukeaa ja palauttaa polttoaineen takaisin tankkiin palautusletkun kautta, joka menee läppärungolta polttoainetankin taka-alaosaan. /4. s,419/.



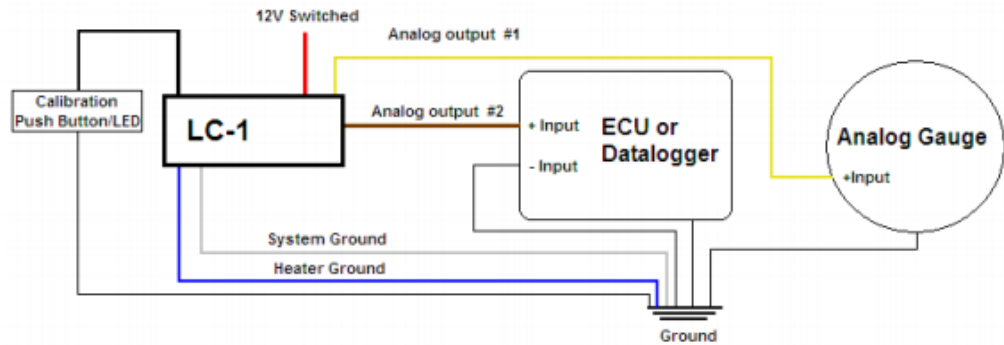
**KUVA 6. Vanhat kaasuttimet ja uusi läppärunko**

Kuvasta näkee ylhäällä vanhat kaasuttimet ja niiden erot uuteen järjestelmään (alhaalla). Polttoainelinja kulkee rungon takaosassa, ja siihen on liitettyä suuttimet ja bensa-paineensäädin ja niiden polttoaineletkut ja sähköjohdot. Ilmansuodattimeen menevä letku on myös erikokoinen. (kuva 5)

## **6 INNOVATE LC-1 LAAJAKAISTA LAMBDA-OHJAIN**

Lambda-ohjain koostuu LC-1-ohjaimesta, lambda-anturista, johtosarjasta ja tietokoneeseen liitettävästä kaapelista ja cd-levystä. Asensin anturin pakoputkeen juuri ennen äänenvaimenninta, koska muualla ei ollut tarpeeksi tilaa sille. Ohjaimen laitoin

Megasquirt-ohjainyksikön viereen ja johdot viritin vastakkaiselle puolelle kuin Megasquirtilta menevät johdot. Lambda-ohjaimen kuuluvan ledin, joka näyttää ohjaimen toiminnan ja mahdolliset virhekoodit, ja kalibrointinapin asensin pyörän oikealle puolelle. Maadoituksen laitoin moottorin lohkon 3 eri paikkaan kiinni.



**KUVA 7. LC-1 Innovate. /8. s,6/**

Kuvassa näkyy lambda-ohjaimen komponentit ja johdotukset. Minulta puuttuu tuo Analog gauge eli erillinen näyttö, sillä näen tarvittavat tiedot paremmin kannettavalta koneelta. (kuva 6). /8. s.6./

### 6.1 Ohjaimen käyttöönotto

Ensimmäiseksi ohjain pitää kalibroida. Anturi täytyy pitää irti liittimestä aluksi. Seuraavaksi laitetaan virta päälle noin 10 sekunniksi ja sitten kytketään virta pois. Anturi liitetään sitten kiinni liittimeensä ja pidetään ulkoilmassa ensimmäisen kalibroinnin ajan. Seuraavaksi kytketään LC-1:een virta ja odotetaan kaksi minuuttia. Ohjaimen kytketystä ledistä näkee, miten kalibrointi etenee. Aluksi ledi vilkkuu hitaasti ja tasaisesti, ja sitten nopeasti ja tasaisesti ja lopussa, kun kalibrointi on valmis, ledi palaa koko ajan. /8. s,8-10./

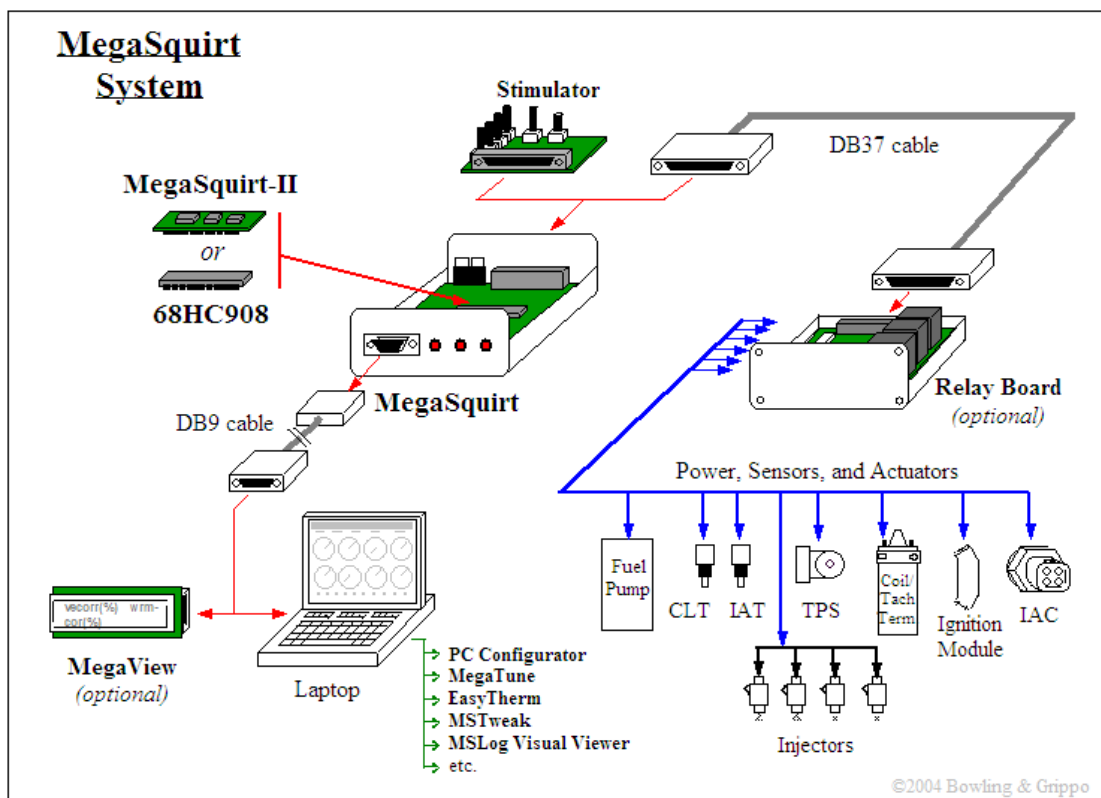
### 6.2 Ohjaimen käyttö kannettavan tietokoneen avulla

Ohjain liitetään kannettavaan tietokoneeseen mukana tulleilla 2,5 mm kaapeleilla ja ohjelmalla toimii Innovate LogWorks, jolla näkee anturille menevän jännitteen ja pystyy säätämään anturin toimintanopeutta hitaammalle tai nopeammalle.

## 7 MEGASQUIRT

Megasquirt on Bruce Bowlingin ja Al Grippon harrastepohjalta kehittämä moottorinohjausyksikkö. Megasquirt on tarkoitettu ohjaamaan polttomoottorin polttoaineensuihkutusta ja/tai sytytystä. Perusideana toimi, että se kootaan, asennetaan ja säädetään itse. Hyvänä puolena voidaan pitää halpaa hankintahintaa verrattuna esimerkiksi MoTecin tuotteisiin, joissa hinnat nousevat yli 1000 euroon. Huonona puolena on tosin se, että jos ohjainyksikössä ilmenee vika, sen joutuu itse etsimään ja korjaamaan, sillä valmistajalta ei löydy takuupua. Onneksi Megasquirtilla on paljon harrastajien tekemiä sivuja, joista löytyy hyvin tietoa ja neuvoja.

Myynnissä on kolme erilaista piirilevyversiota ja kolme eri prosessoria. Piirilevyversioita ovat v2.2, v3.0 ja v3.57. Prosessoreita ovat MS I, MS II, MS III ja Microsquirt. Omassa työssäni tulen käyttämään MS II v3.0:a, josta löytyy 16x16 bensakartta, sisäänrakennettu MAP-anturi 1,5 bar asti, tyhjäkäyntiohjaus, bensapumpun ohjaus ja säätö tapahtuu kannettavalla tietokoneella. Ruiskutusohjaus toimii 16 000 rpm asti, eli se riittää mainiosti pyörääni varten, joka kiertää vajaat 14 000 rpm. Moottorinohjaus tapahtuu kannettavalla tietokoneella. /5./





## **KUVA 8. Megasquirt /5/**

Yllä olevassa kuvassa esitetään Megasquirt-ohjausjärjestelmän peruskomponentit. Itse moottorinohjainyksikön lisäksi ohjain tarvitsee polttoainepumpun (Fuel Pump), jäähdytysnesteen lämpötila-anturin (Coolant Temperature), imuilman lämpötila-anturin (Intake Air Temperature), polttoainesuuttimet ja kaasuläpän asentotunnistimen (Throttle Position Sensor). Lisäksi valinnaisena voi olla sytytysmoduuli, jolla voi ohjata sytytystä, ja muun muassa askeltyyppinen joutokäyntimoottori, jotka jätän lisäämättä pyörääni. /5./ (kuva 6).

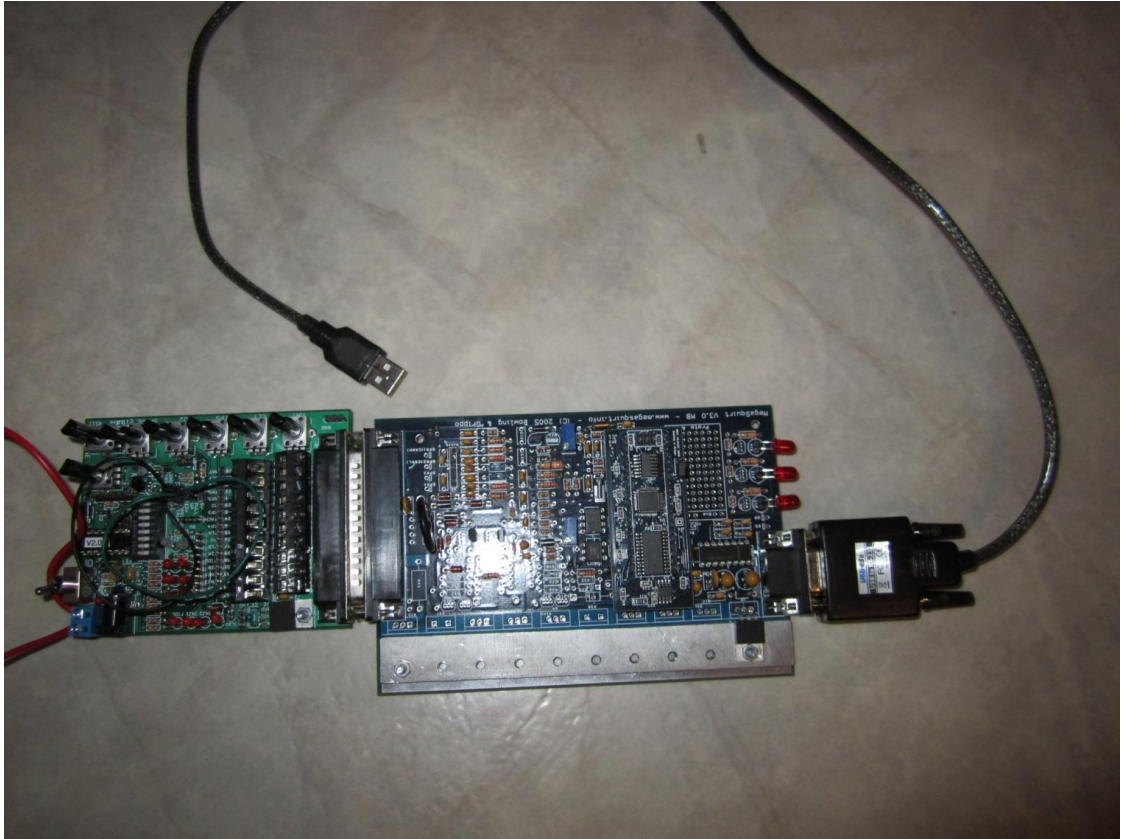
## **8 MEGASQUIRTIN KOKOAMINEN**

Megasquirt II v3.0 koostuu yhdestä piirilevystä, johon tinasin kaikki tarvittavat komponentit kiinni. Koska en tule käyttämään sytytyksen ohjausta työssäni, en tarvitse laittaa sytytykseen tarvittavia komponentteja kiinni.

Megasquirtin toimimisen testaamista varten jouduin myös hankkimaan Jimmstimin v1.5 Stimulaattorin, johon myös jouduin tinaamaan tarvittavat osat kiinni. Sen tehtävänä on näyttää, toimiiko Megasquirt toivotulla tavalla.

Työssäni tarvitsen tinakolvia, joka on 25 watin tehoinen eli sopii mainiosti piirilevyn kasaamiseen ja ohutta tinalankaa. Näiden lisäksi tarvitaan erilaisia pihtejä johtojen katkaisemiseksi ja yleismittari, jolla voi katsoa, että komponenteissa on ohjeiden mukaiset arvot, jotka löytyvät megamanual.com:ista ja MS 2- ja v3-kohdista.

Ensimmäisenä asensin virtapuolelle tarvittavat komponentit kiinni. Niihin kuului noin 20 osaa, ja sen jälkeen tarkistin yleismittarilla prosessorille tulevat jännitteet. Seuraavana kasasin sarjaportin ja testasin sen toiminnan. Kolmantena vaiheena oli prosessorin virtapiirin ja akun jännitteen tuntevan piirin asentaminen piirilevylle. Tähän kuului 13 komponenttia. Tähän vaiheeseen kuului prosessorin asennus ja testaaminen. Seuraavaksi asensin loput virtapuolen komponentit, jotka jäivät laittamatta alussa. Tähän vaiheeseen kuului myös tach eli moottorinpyörintänopeus signaaliin tarvittavien komponenttien kasaus. Lopuksi asensin ulostuloa varten olevat osat kiinni. /6./



**KUVA 9. MS II v.3.0 ja stimulaattori**

Yllä olevassa kuvassa näkyy MS II v3.0 ja stimulaattori, joihin on yhdistetty kannettavalle menevä kaapeli ja 12 voltin akku.

## **9 MEGASQUIRTIN ASENNUS**

Asennan ohjausyksikön moottoripyörän tavaratilaan, joka sijaitsee takana takapyörän yläpuolella. Ohjausyksikölle tulee oma suoja. Ohjausyksilöltä lähtee sitten johtosarja antureille, suuttimille ja bensapumpulle, jotka kulkevat pyörän oikeaa puolta pitkin. Johtoja joutui vähän lyhentämään ja laittamaan rullalle, koska johtosarja on mitoitettu pääosin autokäyttöön ja moottoripyörässä osien välimatkat ovat lyhyempiä.

## **10 MEGASQUIRTIN SÄÄTÄMINEN**

Megasquirtia varten piti ensimmäiseksi saada Tunerstudio toimimaan. Asensin uusimman version Tunerstudio MS lite! v2.0.3:n. Ohjelma vaati uusimman .s19 ja INI-tiedoston toimiakseen. Sitten asetuksista jouduin vaihtamaan portin, johon usb-kaapeli, joka on MS:n yhtedessä, laitetaan kiinn. Serial Data Rate piti vaihtaa 115200

nopeuteen, joka vaaditaan MS II:lle. Sitten piti testata reagoiko Megasquirt ohjelmaan.

### 10.1 Polttoaineasetukset

Ensimmäisenä vaiheena oli laittaa tarvittavat alkuarvot Tunerstudio-ohjelmaan. Aloitin polttoainesyötön yleisistä asetuksista, josta ensimmäisenä valittiin ECU-tyyppi eli MS II, moottorin iskutilavuus kuutiotesentteinä eli 37 cu.in, suuttimien ruiskutusnopeus 2,948 g/s, joka lasketaan kaavalla,  $\text{grams/second} = (\text{cc/min}) \times 0.737 \div 60 = (\text{cc/min})/81.41$ . 1 ml = 0,737 g. Ruiskutusviiveeksi laitoin 0 %. Bensakartaksi laitoin vain yhden ja sitä mittaa yksi MAP-anturi. X-Tau Usage asetuksen laitoin pois päältä. Prime, ASE, WUE & Baro Tables vaihdoin kaksi pisteiseksi eli kylmä- ja lämminasetuksiksi. Input Smoothing Factors ja Sampling Rates-asetukset annoin olla ennallaan, jotka oli valmiiksi asetettu.

Idle Control eli joutokäynnin säätöasetuksissa käytin algoritminä solenoidia, joka tarkoittaa sitä, missä jäähdytysnesteen lämpötilassa solenoidi eli fast idle solenoid menee päälle ja missä lämpötilassa lopettaa toiminnan. Asetin lämpötilaksi 63 Fahrenheitia eli noin 17 celsiusta.

Suutin asetuksissa eli injector characteristics asetin suuttimien perustiedot. Suuttimien aukioloajaksi eli Injector open time laitoin megamanual-sivun ohjeen mukaisesti 1.0 ms. Battery voltage correction eli se aika, jonka MS II lisää jokaiseen polttoaineen ruiskutukseen kompensoidakseen hitaampaa suuttimien avautumista alhaisimmilla volttimäärillä. PWM Current Limit % eli pulssinleveysmodulaation virran rajaprocentti on 100% ja time threshold eli se aika, joka menee suuttimen aukeamisesta sen kiinnioloon ja sen arvoksi tuli 25,4 ms. Injector PWM Period eli aika, joka menee suuttimien sykleissä ja siihen laitoin ohjeen mukaisen 66  $\mu$ s.

Injection Control eli ruiskutuksen kontrolloasetuksista piti laskea tarvittava perusreferenssi pulssileveys moottorin kuutiotilavuuden ja suuttimien koon mukaan, millä saavutetaan 100 % stoikiometrinen palaminen ja 100 kPa MAP. Arvoksi tuli 2,10 ms. Kontrolli algoritminä on Speed Density, joka käyttää MAP-anturia, rpm ja imuilman lämpötila-anturia laskeakseen polttoaineen määrää. Squirts per engine cycle eli

ruiskutukset koneen syklin aikana on 2 ruiskutusta kierroksen aikana. Injector staging on asetettu simultaneus eli ruiskutus tapahtuu samanaikaisesti. Moottorin tyyppiä laitoin nelitahdin ja sylinterien lukumääräksi neljän. Injector port type on throttle body eli läppärunko, joka on 750 kuutioisesta Suzuki GSX-R:stä. Suuttimien lukumäärä on neljä kappaletta.

Rev limiter eli kierroksen rajoitin-asetuksista laitoin algoritmiksi fuel cut eli bensiinin syötön katkaisu. Alemmaksi rajaksi laitoin 13 000 rpm ja kierrokseksi, jolla polttoaineen syötön katkaisu tapahtuu täysin, 13 500 rpm. Tuo jälkimmäinen arvo tapahtuu samalla kierrosnopeudella kuin sytytys loppuu.

Afterstart enrichment settings eli käynnistyksen jälkeinen rikastus asetuksissa laitetaan lämpimänä käynnistämisen rikastus pois käytöstä, jottei kone tulvi käynnistuksen jälkeen. Kylmäkäynnistäminen on asetettu 45% 350 syklin aikana, ensimmäinen sykli on rikastettu 45 %, 175. sykli 22,5 % ja 350. sykli 0 % . Lämpimänä käynnistäminen on 25 % 150 syklin aikana, ensimmäinen sykli rikastettu 25 %, 75. sykli 12,5 % ja 150. sykli 0 %.

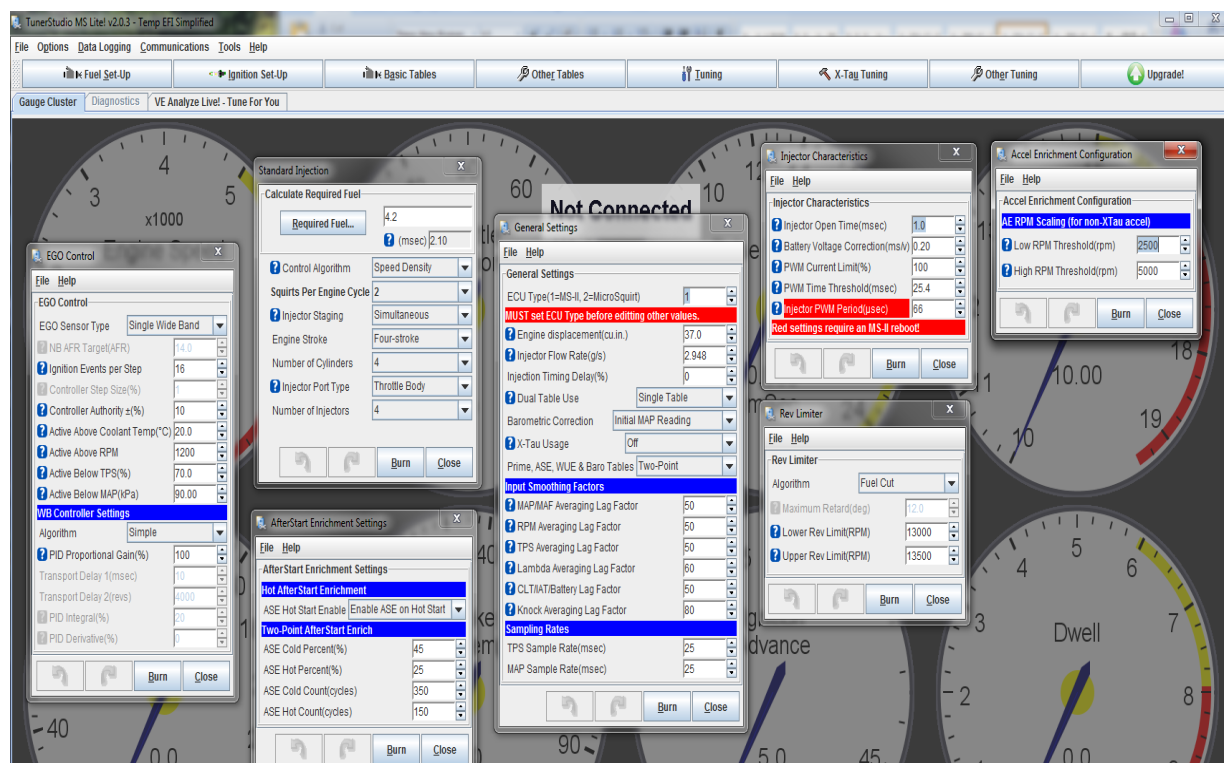
Acceleration enrichment configuration eli kiihdytyksen aikainen rikastus asetuksissa laitoin kierroksiksi, joissa rikastus alkaa toimia, 2500 rpm, ja alkaa lopettamaan toimintansa, 5000 rpm.

Other fuel settings eli muista polttoaineasetuksista saa säädettyä engine start up eli moottorin käynnistämisen, polttoaine kartan eli VE-table adjustments, two-point prime ja asetukset, esimerkiksi typpioksidin lisäyksen. Moottorin käynnistämistä laitetaan maksimi kierros, jolloin moottori rupeaa käynnistymään ja polttoaineen syöttö alkamaan eli 300 rpm, ja TPS for flood clear mode eli kaasuläpänasentoanturin asetus, jolla estetään moottorin tulviminen tietyn aukioloprosentin jälkeen. joka on asetettu 70 % tässä kokoonpanossa. Polttoainekartta käyttää imukanavan painetta laskeakseen polttoaineensyöttöä. Asetetaan eri kartat ilmamäärälle ja bensiinisyötölle ja käytetään laajakaista-lambda-anturia. Two-point prime asetuksissa laitetaan kylmälle moottorille 6,0 ms ja lämpimälle koneelle 2,0 ms. Muihin asetuksiin, kuten typpioksidin lisäykseen en koskenut, sillä en ole käyttämässä niitä pyörässäni.

2-point barometric correction eli kaksipiste barometrinen korjausasetuksissa annetaan olla ohjeiden mukaiset 147 % total vacuum 0 kPa ja -47 % rate

EGO control eli asetukset, josta saa säädettyä laajakaista-lambda-anturin toimintaa ja käytän vain yhtä anturia sitä varten. Anturi alkaa toimimaan 20 celsius asteen ja 1200 rpm jälkeen ja on aktiivinen kaasuläpänasentorin ollessa alle 70% ja imukanavan paineen ollessa alle 90 kPa. Algoritminä toimii simple, joka laskee prosenttieron mitatulle ja tavoitearvolle.

Muihin polttoaineasetuksiin en koskenut.



KUVA 10. Tunerstudio

Yllä olevassa kuvassa Tunerstudio-ohjelmaan laitettuja arvoja.

## 10.2 Sytytysasetukset

Sytytysasetuksista en muuttanut muuta kuin skip pulses, joka tarkoittaa sytytyspulssien määrää käynnistyksessä, mitä MS II käyttää laskeakseen koneen

kierroslukua ennen laskettujen signaalien lähettämistä. Tähän laitoin ohjeiden mukaisesti luvun kolme.

## 11 MEGASQUIRTIN VAIKUTUS PÄÄSTÖIHIN

Pakokaasupäästöjä mitataan pakokaasuanalysaattorilla. Mitattavia päästöjä ovat HC (hiilivety), CO (hiilimonoksidi), CO<sub>2</sub> (hiilidioksidi) ja O<sub>2</sub> (happi). Pakokaasuanalysaattorilla tarkastetaan myös ilmakerroin  $\lambda$ . Koska moottoripyörä on otettu käyttöön ennen 17.6.1999, pakokaasupäästötaso ei saa ylittää HC-arvoja 1000 ppm ja CO-päästöjä 4,5 tilavuusprosenttia, mutta moottoripyörää ei tarvitse katsastaa vuosittain, sillä se ei kuulu pakollisen vuosittaisen pakokaasumittauksen piiriin. Moottorin tulee olla lämmitetty, jotta arvoista tulee luotettavia. LiikMA L-luokan ajoneuvon korjaamisesta ja rakenteen muuttamisesta, 16 pykälä 5 kohta a osa. /2./

Kävin mittaamassa pakokaasupäästöt ennen polttoainejärjestelmän päivitystä. Mittaaminen tapahtui Kesälahdella autokorjaamo A-CAR Ky:llä 25. päivä tammikuuta 2012. Ennen mittausta pidin moottoripyörää käynnissä ja annoin koneen lämmön nousta noin 70 asteeseen, jonka jälkeen tapahtui päästöjen mittaus.

### TAULUKKO 2. Joutokäynti

CO %	3,89
HC	3645
CO <sub>2</sub> %	6,45
O <sub>2</sub> %	9,1
Lambda	1,171

Joutokäynnin mittaus tapahtui 14 asteen lämpötilassa.

### TAULUKKO 3. 4000 RPM

CO %	4,49
HC	1997
CO <sub>2</sub> %	11,3
O <sub>2</sub> %	3,5
Lambda	0,95

Mittaus tapahtui 13 asteen lämpötilassa.

#### TAULUKKO 4 5000 RPM

CO %	4,89
HC	1996
CO2 %	10,8
O2 %	3,6
Lambda	0,943

Mittaus tapahtui 13 asteen lämpötilassa.

Korkeat HC- ja CO-päästöt johtuvat epätäydellisestä palamisesta eli seos on rikas ja/tai laiha, jolloin polttoaine ei pala täydellisesti vaan jatkaa matkaa pakokaasuventtiilien kautta pakoputkeen. Korkeat pakokaasupäästöt johtuvat pääasiassa katalysoittorin ja lambda-anturin puutteesta, joilla saataisiin päästöjä rajoitettua. Kaasuttimilla ei saa säädettyä päästöjä tarpeeksi tarkaksi kaasuttimen mekaanisten ominaisuuksien vuoksi.

Pyörässä olevalla bolt-on-vaimentimellakin on vaikutusta, sillä se on enemmän virtaava kuin vakiovaimennin. Bensakin on useamman kuukauden vanhaa, joten se voi myös osaltaan vaikuttaa arvoihin. Lambda-arvo on tyhjäkäynnillä korkea, eli se käy laihalla ja korkeammilla kierroksilla sen arvo laskee eli menee rikkaammalle. Vanhat sytytystulpatkin osaltaan vaikuttavat HC-arvoihin. Moottoriöljylläkin on ajettu yli 6000 kilometriä, mikä on paljon moottoripyörän käytössä, mikä vaikuttaa myös pakokaasupäästöihin. O<sub>2</sub> eli pakokaasujen jäännöshappi oli myös korkea, vaikka putki ei vuodakaan eli mittaukseen ei varmaan ollut täydellinen.

Pakokaasupäästöjä uudella polttoainejärjestelmällä en päässyt testaamaan, koska aika ja rahatilanne eivät sallineet kokeilemaan projektia käytännössä.

#### 12 POHDINTA

Työ olisi voinut olla parempi, jos käytössä olisi ollut enemmän aikaa ja parempi rahatilanne, että olisi voinut perehtyä tarkemmin itse työhön käytännössä. Ensimmäiset ongelmat aiheen parissa tuli jo alussa, kun oli tarkoitus hankkia

ruiskutukseen tarvittavat osat. Suomesta ei läppärunkoja löytynyt kovin halvalla, joten jouduin tilaamaan ne Yhdysvalloista. Sitten kokoamisvaiheessa huomasin, että imukaulat eivät olleet sopivat, joten jouduin nekin tilaamaan netistä, mutta onneksi sentään Suomesta. Lambda-anturi löytyi Suomesta, mutta siinäkin oli toimituksessa ongelmia ja siinä meni nelisen viikkoa, kunnes paketti tuli postiin.

Megasquirt II:n tilauksessa ei ollut ongelmia, mutta kasaamisessa niitä oli sitten aika paljonkin. Alussa ei ollut stimulaattoria vielä käytössä, joten jouduin tinaamaan ensiksi MS levyn kokonaan valmiiksi ja vasta sen jälkeen pääsin testaamaan levyä stimulaattorin avulla. Koska en ollut kovin kokenut tinaaja, niin kokoamisessa meni aika pitkään ja jälki ei ollut kovin erinomaista. Kun sitten sain stimulaattorin postista ja valmiiksi, niin pääsin testaamaan Megasquirttia Tunerstudio-ohjelman avulla. Jouduin aika monesti tinaamaan komponentit uudestaan kiinni, koska oli paljon kylmäjuotoksia, jotka eivät kunnolla johtaneet virtaa. Testausvaiheissa kylmäjuotokset ilmenivät parhaiten, kun tietyt komponentit antoivat vääriä jännitteitä ja resistansseja. Stimulaattorista hajosi prosessorikin, jonka jouduin tilaamaan ja siinä meni pari viikkoa ennen kuin sain sen.

Testien jälkeen huomasin, että Megasquirtin levyssä olevat ledit, jotka ilmoittavat esimerkiksi bensapumpun toiminnan, eivät toimineet. Tämän ongelman kimpussa meni niin pitkään, etten saanut sitä selville, että mikä levyssä oli vikana. Tuon ongelman ja sen, että mistä pystyisin saamaan kierroslukusignaalin luotettavasti ilman sytytyksen ohjaukseen tarvittavia komponentteja, takia jouduin luopumaan ajatuksesta toteuttaa opinnäytetyö käytännössä.

Olisin ollut kiinnostunut tutkimaan tarkemmin aihetta, mutta töiden alkaminen hankaloitti opinnäytetyön tekemistä sen verran, että halusin vain saada tämän työn valmiiksi ja keskittyä työelämään.

Tähän projektiin kului rahaa noin 1000 €, johon sisältyy kaikki työhön tarvittavat osat.

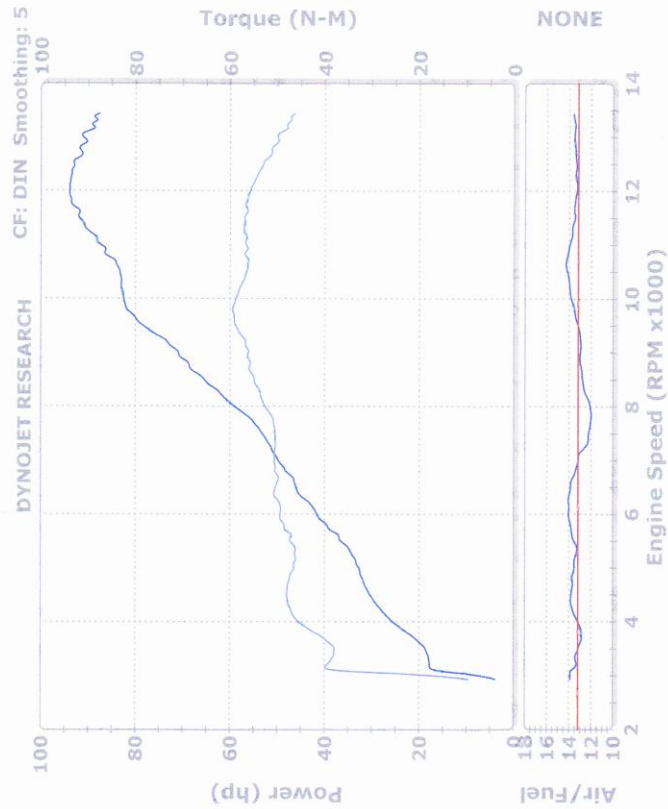
Opin kumminkin teoriassa, kuinka moottoripyörään voisi asentaa polttoaineen ruiskutuksen ja kuinka säätää sitä Tunerstudio-ohjelman avulla.



## LÄHTEET

1. "Liikenne- ja viestintäministeriön asetus L-luokan ajoneuvon korjaamisesta ja rakenteen muuttamisesta". [Viitattu 10.10.2012]. Saatavilla html-muodossa: <URL: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20091078/>>
2. Tieliikennelait, 2011
3. Suzuki\_GSX-R600\_'97-00\_Service\_Manual
4. Suzuki\_GSXR\_750\_96-99 Service Manual
5. "Frequently asked questions". [Päivitetty 18.9.2012]. [Viitattu 9.9.2012]. Saatavilla html-muodossa: <URL: <http://www.megamanual.com/index.html>>
6. "Assembling Your MegaSquirt® V3.0 Main Board" [Päivitetty 5.3.2012]. [Viitattu 9.9.2012]. Saatavilla html-muodossa: <URL: <http://www.megamanual.com/ms2/V3assemble.htm>>
7. Moottoripyörän tekniikka, 2002
8. "LC-1Digital Air/Fuel Ratio (Lambda) Sensor Controller Manual". [Viitattu 12.10.2012]. Saatavilla html-muodossa: <URL: [http://www.innovatemotorsports.com/support/manual/LC-1\\_Manual.pdf](http://www.innovatemotorsports.com/support/manual/LC-1_Manual.pdf)>
9. "2010 Suzuki GSX-R 600 Review". [Viitattu 12.10.2012]. <http://www.topspeed.com/motorcycles/motorcycle-reviews/suzuki/2010-suzuki-gsx-r600-ar63729.html>

# DYNOJET Performance Evaluation Program



MAKKONEN TERO\_004.dif - 4.1.2012 13:54:58 Run Type: RO Run Conditions: 19,80 °C, 957,42 mBars, Humidity: 6%, DIN: 1,06  
GSXR 600, V.1997, 55473KM, LW-394  
Max Power = 93,95 Max Torque = 59,43  
BOLT-ON VAIMENNIN VAIHDETTU, UUDET KETJUT+ RATTAAT 520 KETJUUNIVERSIO, 6-VAIHDE



M8A 1200

\* \* \* \* \*

\* \* \* \* AUTOKORJAAMO A-CAR KY \* \*

METSOLANTIE 7

59800 KESALAHTI

P. (013) 371583

REK. NUMERO: .....-.....

TESTAUSPÄIVÄ: .. / .. 20..

TESTAAJA: .....

PAKOKAASUTESTI

KELPAA KATSASTUKSEEN 3 KK

\* \* \* \* \*

% vol CO	3.89
% vol CO cor.	5.64
% vol CO2	6.45
ppm vol HC	3645
% vol O2	9.1
$\lambda$	1.171
rpm	0
°C	14

\* \* \* \* \*

TYHJÄ KÄYNTI



MGA 1200

\* \* \* \* \*

\* \* \* \* AUTOKORJAAMO A-CAR KY \* \*  
METSOLANTIE 7  
59800 KESALAHTI  
P. (013) 371583  
REK. NUMERO: .....  
TESTAUSPÄIVÄ: ..../.. 20..  
TESTAAJA: .....  
PAKOKAASUTESTI  
KELPAA KATSASTUKSEEN 3 KK

\* \* \* \* \*

% vol CO	4.49
% vol CO cor.	4.48
% vol CO2	11.30
ppm vol HC	1997
% vol O2	3.5
$\lambda$	0.950
g/min	0
°C	13

\* \* \* \* \*

4000



MBA 1200

\* \* \* \* \*

\* \* \* \* \* AUTOKORJAAMO A-CAR KY \* \*  
METSOLANTIE 7  
59800 KESALAHTI  
P. (013) 371583  
REK. NUMERO: .....  
TESTAUSPÄIVÄ: ..../.. 20..  
TESTAAJA: .....  
PAKOKAASUTESTI  
KELPAA KATSASTUKSEEN 3 KK

\* \* \* \* \*

% vol CO	4.89
% vol CO cor.	4.89
% vol CO2	10.80
ppm vol HC	1996
% vol O2	3.6
$\lambda$	0.943
rpm	0
°C	13

\* \* \* \* \*

5000

**LIITE 1(5).**

**Monisivuinen liite**

**LIITE 1(6).**

**Monisivuinen liite**