

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2023

Jarno Laukkanen

Säädettävän moottorinohjaimen asennus vanhaan autoon

– Opel Kadett C ja Volvo B200ET

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Huhtikuu 2023 | 26 sivua

Jarno Laukkanen

Säädettävän moottorinohjaimen asennus vanhaan autoon

- Opel Kadett C ja Volvo B200ET

Tämän työn tavoite on asentaa säädettävä moottorinohjaus vanhaan autoon. Auto on tarkoitus pitää tieliikennekelpoisena. Tässä työssä perehdytään erilaisiin moottorinohjauksiin, niiden ominaisuuksiin, asennukseen ja sen komponentteihin.

Moottori, johon kyseinen ohjain asennetaan, on Volvon B200ET. Auto, johon kyseinen moottori asennetaan, on Opel Kadett C vm. -75. Kadetin alkuperäinen moottori on ollut 1.2 S. Työssä kerrotaan, mitä on tarvinnut muuttaa autosta, komponenteista ja niiden ominaisuuksista, sekä Tunerstudion perusasetuksista.

Työssä päästiin tavoitteisiin ja saatiin toimiva moottorinohjaus.

[Click here to enter text.](#)

Asiasanat:

moottorinohjaus, moottori, polttoaine

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Automotive and Transportation Engineering

April 2023 | 26 pages

Jarno Laukkanen

The Installation of an Adjustable Engine Control for an Old Car

- Opel Kadett C and Volvo B200ET

The goal of the work was to install an adjustable engine control unit for an old car. Car is supposed to keep roadworthy. The thesis discusses different controllers, their attributes, and installation as well as components.

Engine where the controller was installed is Volvo B200ET. The engine was installed in Opel Kadett C year model 1975. Kadett original engine is 1.2 S. This thesis introduces the modifications made in the car and components, as well as TunerStudio basic settings.

The goals were achieved in this work as a functioning engine control was created.

Keywords:

engine control, engine, fuel

Sisältö

1 Johdanto	6
2 Moottorinohjaus	7
2.1 Asennettava moottori	7
2.2 Moottorinohjausta valitessa	8
2.3 Valitun moottorinohjauksen asennus	9
2.4 Johtosarja	9
2.5 Polttoainejärjestelmä	10
2.6 Jäähdytysjärjestelmä	10
3 Moottorinohjauksen komponentit	12
3.1 Kampiakselin asentoanturi	12
3.1.1 Triggeripyörä	13
3.2 Kaasuläpän asentoanturi	13
3.3 Jäähdytysnesteen lämpöanturi	15
3.4 Imusarjan ilmanpaineen anturi	15
3.5 Lambda-anturi	15
3.6 Imuilman lämpöanturi	16
4 MegaSquirt-asetukset ja säätö	19
4.1 TunerStudio käyttöönnotto	19
4.2 Polttoainekartan säätö	21
4.3 Sytytysennakon säätö	22
4.4 Lambda-ohjaimen käyttöönnotto	22
4.5 Mahdolliset lisäykset moottorinohjaukseen tulevaisuudessa	23
4.6 Auton ensimmäinen käynnistys	23
4.7 Säätö/tehonmittaus dynamometrissä	23
5 Yhteenveto	25
Lähteet	26

Kuvat

Kuva 1. B200ET asennettuna Opel Kadett C:hen.	7
Kuva 2. Polttoainepumppu ja suodatin.	10
Kuva 3. Jäähdyttimen puhallin.	11
Kuva 4. Termostaattikytkin.	11
Kuva 5. Kampiakselin asentoanturi	12
Kuva 6. VR-anturin sijoitus triggeripyörälle.	13
Kuva 7. Kaasuläpän asentoanturi.	14
Kuva 8. TPS-anturin kalibrointi.	14
Kuva 9. Imusarjan paineanturi.	15
Kuva 10. Lambda-anturi.	16
Kuva 11. Imuilman lämpöanturi.	17
Kuva 12. Bosch-sytytyspuola.	17
Kuva 13. Polttoainesuutin.	18
Kuva 14. Uuden projektin aloitus.	19
Kuva 15. Perusasetukset.	20
Kuva 16. Polttoainekartan aloitusasetusten laskin.	21
Kuva 17. Polttoainekartta.	21
Kuva 18. Sytytysennakko.	22

Taulukot

Taulukko 1. Moottorinohjausten hintataulukko.	9
---	---

1 Johdanto

Tässä työssä perehdytään jälkiasenteisen moottoriohjauksen asennukseen ja sen säätämiseen. Moottoriohjaukseksi on valittu MegaSquirt 2 v3. Moottorinohjaimen asennuksen kohteena on Opel Kadett C vm. -75, johon on asennettu Volvon B200 -sarjan moottori. Syy, miksi moottorinohjain asennetaan, on että hankitun moottorin mukana ei ollut sen alkuperäistä moottorinohjainta. Mahdollisesti moottorin polttoaineen vaihtuessa on säädettävä moottorinohjaus tarpeen. Työn tavoitteena on rakentaa toimiva moottorinohjaus.

2 Moottorinohjaus

2.1 Asennettava moottori

Jälkiasenteinen moottorinohjaus tarkoitus asentaa Volvon B200ET-moottoriin. Moottori on 4-sylinterinen 2-litrainen ahdettu bensiinimoottori. Moottorissa on epäsuora ruiskutus neljällä polttoainesuuttimella. Tehtaan ilmoittama teho kyseiselle moottorille on 118 kW@5500 r/min ja maksimi vääntömomentti on 245 Nm@3500 r/min. Kyseistä moottoria ei ole mekaanisesti viritetty. Ainoa mekaaninen muutos mikä moottoriin on tehty, on kiertokankien vaihto kestävimpiin. Vaihdetut kiertokanget ovat myös Volvon alkuperäisosa. Kiertokankien paksuusero on koko kiertokangen varsiosan matkalta 4 mm.

Moottorinohjaus, mikä on kyseisessä moottorissa tehtaalta tullessa, on LH2.4 Jetronic. Tätä ohjainta ei moottorin myyjällä ollut saatavilla. Tämän ohjaimen asentamisen ongelmaksi olisi tullut johtosarjan sovittaminen huomattavasti pienempään autoon, mikä olisi aiheuttanut sen, että johtosarjaa olisi pitänyt lyhentää tai jossain kohdin myös pidentää, mikä lisää vikaantumisen riskiä. Osia, mitä vanhasta moottorinohjauksesta pystyi hyödyntämään, on kampiakselin hammaspyörä sekä polttoainesuuttimet.



Kuva 1. B200ET asennettuna Opel Kadett C:hen.

2.2 Moottorinohjausta valitessa

Moottorinohjausta valitessa on hyvä tietää moottorin toiminnasta. Tämän työn moottori on 4-sylinterinen, missä on jokaiselle sylinterille oma polttoainesuutin. Sytytyspuolana on hukkipinäpuola. Ensimmäinen kohta on selvittää, kuinka monta sytytys- ja polttoainesuutinlähettä moottorisi tarvitsee. Kyseiseen moottoriin olisi riittänyt kaksi sytytyslähettä ja kaksi suutinlähettä. Toinen asia on selvittää, onko moottorinohjaus suunniteltu ahtaamiseen. Kaikki markkinoilla olevat eivät välttämättä ole ahtaamiseen suunniteltu. Projektissa päädyttiin MegaSquirtin valikoimaan. MegaSquirt tarjoaa moottorinohjauksia moneen eri tarkoitukseen. Esimerkiksi MegaSquirt 1:ssä on vähiten ominaisuuksia, kun taas MegaSquirt 3:ssä on kattavasti toimintoja. MegaSquirt 3 voi ohjata kahdeksaa sylinteriä yksitellen. MegaSquirt 2:ssä on kaksi suutinlähettä ja kuusi sytytyslähettä

MegaSquirt 1:n valmistus lopetetaan ja niiden komponenttien saatavuus vaikeutuu, mikä vaikutti siihen, että MegaSquirt 1 ei ole vaihtoehto. Valinnassa päädyttiin MegaSquirt 2:en, koska hankintahinta oli edullinen ja siitä löytyy ne ominaisuudet, mitä tämä projekti tarvitsee, koska projektissa ei tehdä sekventiaalista polttoainesyöttöä, niin MegaSquirt 3 hankkiessa olisi maksanut ylimääräisistä sytytys- ja polttoainesuutinlähdöistä.

MegaSquirtin yksi etu on muokattavuus, eli siihen voi jälkikäteen lisätä ominaisuuksia ja MegaSquirtia voi ostaa rakennussarjana tai jo valmiiksi koottuna. Rakennussarjaa saa edullisemmin, mutta tässä projektissa päädyttiin valmiiseen moottorinohjaimeen ajan säästämiseksi. MegaSquirtiin saa myös kattavasti varaosia. Muiden valmistajien moottorinohjaimet (esim. MaxxECU) ovat huomattavasti kalliimpia (Taulukko 1).

Taulukko 1. Moottorinohjausten hintataulukko.

Moottorinohjain	hinta
MegaSquirt 2	550€
MegaSquirt 3	700€
Atecu v3	350€
MaxxEcu street	850€
Hestec X32	1060€
Haltech Elite 750	1140,80€
MoTec M130	2495€

2.3 Valitun moottorinohjauksen asennus

Fyysinen asennus Opel Kadettiin oli helppoa, koska auto on vanha ja aikoinaan ollut mallisarjan halvimpia. Auton alkuperäinen sähköjärjestelmä on hyvin yksinkertainen. Auton omaa johtosarjaa ei tarvinnut muokata, vaan moottorinohjauksen johtosarja asennettiin sen rinnalle. Auton laturi päivitettiin alkuperäisestä 50 ampeerisesta 80 ampeeriseen lisääntyneen sähkönkulutuksen vuoksi. Auton sähkönkulutusta lisää moottorinohjaus, tehokkaammat valot ja äänentoistojärjestelmä. Ohjainyksikkö asennettiin matkustajan jalkatilaan sen helppoa irrottamista varten ongelmatilanteissa.

2.4 Johtosarja

MegaSquirtin johtosarjan tekemisessä päädyttiin valmistamaan kokonaan uusi johtosarja. Toinen vaihtoehto olisi ollut, että olisi Volvon johtosarja hankittu, mutta tämä olisi tuonut uudet ongelmat muun muassa johtojen pituuksissa. Projektissa käytetty johdintyyppi on niin sanottua palamatonta johdinta, jonka lämmönkesto on -40 - 150 °C. Tärkeää on myös huomioida kampiakselin asentotunnistimen vaatima häiriösuojaus. Häiriöitä välttääkseen on suositeltavaa vetää johdotus mahdollisimman kaukaa sytytysjärjestelmästä.

Johdot ja liittimet hankittiin Protoparts Oy:ltä. Johtosarjan valmistaminen sujui ilman suurempia ongelmia.

2.5 Polttoainejärjestelmä

Moottorinvaihdon yhteydessä jouduttiin päivittämään polttoainejärjestelmä, koska vanha järjestelmä ei kestä painetta, koska se on pienemmille paineille suunniteltu kuin mitä uusi järjestelmä vaatii. Polttoaineletkuksi valikoitui Codan BSAU 108/2. Tämän polttoaineletkun jatkuva paineenkesto on 14 bar. Polttoainesäiliö jouduttiin muokkaamaan polttoaineruiskutukselle sopivaksi. Polttoainesäiliön lähdön sisähalkaisija suurennettiin neljästä millimetristä kahdeksaan millimetriin. Tankkiin sovitettiin myös paluulinja, jonka uusi järjestelmä vaatii. Paluulinjan tehtävä on kuljettaa ylimääräinen polttoaine takaisin polttoainetankkiin.

Alkuperäinen polttoainepumppu ei myöskään sopinut matalan polttoainepaineen vuoksi. Tilalle asennettiin Boschin 044-polttoainepumppu. Tämä polttoainepumppu tuottaa 5 bar painetta, kun alkuperäinen mäntätyyppinen polttoainepumppu tuottaa 0,5 bar. Bensapaineen säädin on Volvon alkuperäinen, joka sijaitsee suutintukin päässä. Bensapaineen säädin säätää 3 bariin bensaapaineen.

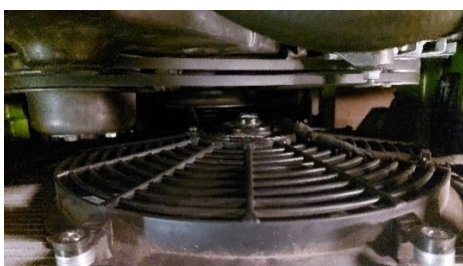


Kuva 2. Polttoainepumppu ja suodatin.

2.6 Jäähdytysjärjestelmä

Auton alkuperäistä jäähdytintä ei lähdetty hyödyntämään, koska jäähdytysjärjestelmä on 48 vuotta vanha ja sen on suunniteltu pienempi

iskutilavuudelle moottorille. Alkuperäisen jäähdyttimen tilalle asennettiin Volvo 240:en kuuluva jäähdytin, mitä on B200-sarjan moottoreiden kanssa käytetty. Tätä asennusta varten piti moottorilasta poistaa alkuperäiset jäähdyttimen kannakkeet ja jäähdyttimen paikka muuttui 300 mm eteenpäin. Alkuperäisen jäähdyttimen mitat ovat 300x295x32 mm, kun taas Volvo-jäähdyttimen mitat ovat 418x450x32 mm. Auton alkuperäinen tuuletin on ollut siipipyörä, joka on kiinteästi vesipumppuun kiinnitetty. Tämän tuulettimen tilalle asennettiin sähköinen jäähdyttimen tuuletin. Tuuletin on Bilteman yleismalli 14 tuumainen tuotenumera 32-315 (Kuva 3).



Kuva 3. Jäähdyttimen puhallin.

Jäähdyttimen puhallinta ohjataan tässä autossa termostaattikytkimellä (Kuva 4). MegaSquirtilla olisi myös mahdollista ohjata puhallinta, mutta jäähdyttimessä oli valmis paikka termostaattikytkimelle, niin päädyttiin hyödyntämään sitä. Termostaattikytkimiä on saatavilla monilla eri aukioloasteilla. Ohjaimella ohjattuna puhallinta voi käyttää missä tahansa lämpötilassa.



Kuva 4. Termostaattikytkin.

3 Moottorinohjauksen komponentit

3.1 Kampiakselin asentoanturi

Kampiakselin asentoanturin tehtävä on mitata kampiakselin asentoa ja nopeutta. Asentotunnistimia on kahta tyyppiä: VR ja HALL. HALL-anturin sisällä on anturielementti, mikä vaatii ulkoisen käyttöjännitteen. Triggeripyörän hampaat ja hammasvälit ”häiritsevät” puolijohteen magneettikenttää, joka aiheuttaa virrankulun muutosta. HALL-anturin tuottama signaali on kanttiaalto.

VR-anturin toiminnan idea on se, että triggeripyörän pyöriessä VR-anturin sähkömagneettiin indusoituu jännite, kun hammaspyörän hampaat kulkevat ohi. Tämä signaali muistuttaa siniaaltoa. VR-anturi on herkempi ulkoisille sähkömagneettisille häiriöille, mitä esimerkiksi sytytysjärjestelmä tuottaa käydessään.

Tässä projektissa päädyttiin Fordin käyttämää VR-anturia (7710–95075). Aiemmissa projekteissa tämä anturi on todettu toimivaksi, sekä kyseinen anturi on edullinen ja helposti saatavilla. Kampiakselin asentoanturin johdotuksessa on syytä käyttää häiriösuojattua johtoa. Kampiakselin asentoanturi on myös tarkka ilmavälistä. Ilmavälillä tarkoitetaan anturin mittauskärjen ja triggeripyörän lukupinnan välistä etäisyyttä. Kyseiselle anturille suositellaan 1 mm ilmaväliä. Triggeripyörä on 60–2 hammastuksella. 60–2 hammastus tarkoittaa, että triggeripyörä on 60-hampainen, jossa 2 hammasta on otettu pois pidemmän välin saamiseksi (Protoparts Oy 2022).



Kuva 5. Kampiakselin asentoanturi

3.1.1 Triggeripyörä

Triggeripyöränä voitiin käyttää hammaspyörän sijaan Volvon vauhtipyörää, mihin on porattu rei'itys, joka vastaa 60–2 hammastusta. Kampiakselin asentoanturi asennettiin samaan paikkaan, jossa Volvon alkuperäinen on ollut.



Kuva 6. VR-anturin sijoitus triggeripyörälle.

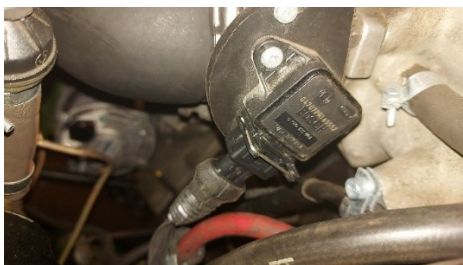
Alkuperäistä paikkaa käyttäessä piti mitata ensimmäisen sylinterin ollessa yläkuolokohdassa (*Top Dead Center*, TDC), kuinka paljon ennen kampiakselin asentoanturi sijaitsee triggeripyörän nollakohtaa.

Kyseistä Volvo-moottoria on joskus saanut virranjakajalla, jolloin hihnapyörällä on sytytysennakon tarkistamista varten sytytyksen ajoitusmerkit. Näistä merkeistä on helppo tarkistaa/säätää ajoituslampulla siten, että reaaliaikainen sytytysennakon näyttö näyttää samaa, kuin mitä ajoituslampun lukema on moottorin käydessä tyhjäkäyntiä.

3.2 Kaasuläpän asentoanturi

Kaasuläpän asentoanturin tehtävä on mitata kaasuläpän asentoa. Kaasuläpän asento kertoo moottorin kuormitusilanteen. Kaasuläpän liikkeen nopeudesta voidaan päätellä, tarvitseeko moottori lisärikastusta esim. kiihdytystilanteessa. Volvon käyttämä kaasuläpän asentoanturi ei soveltunut käyttöön syystä, että se on kolmiasentoanturi, kun MegaSquirt vaatii portaattoman potentiometrin.

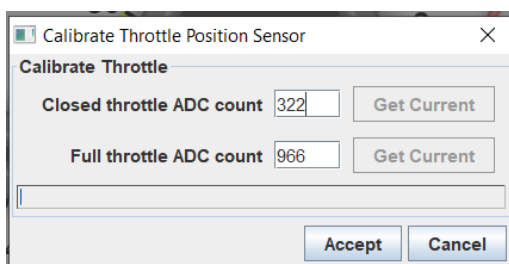
Kaasuläpän asentoanturina käytettiin Bosch 0280122001 (Kuva 7). Anturin alle piti tehdä soviteadapteri. Anturi pitää kytkeä siten, että vastusarvo kasvaa kaasupoljinta painaessa. Tätä mahdollisuutta tarvittiin Volvon kaasuläppärungossa, koska MegaSquirt ei hyväksy laskevaa arvoa. Tässä tapauksessa pitää kytkeä pinnit 2 ja 3 ristiin.



Kuva 7. Kaasuläpän asentoanturi.

Kaasuläpän asentoanturin kalibrointi

Kaasuläpän kalibrointi tapahtuu siten, että kaasuläpän ollessa kiinni otetaan ADC-arvo (*Analog to Digital Converter*) ja kaasuläpän ollessaan kokonaan auki otetaan toinen ADC-arvo (Kuva 8). Kalibrointia tehdessään varsinkin, jos kaasuläppärunkoon asennetaan jälkiasenteinen TPS-anturi (*Throttle Position Sensor*). Pitää varmistaa, että anturin liikerata on riittävä eikä esim. anturi pohjaa ennen kaasuläpän liikettä. Tämä voi vaurioittaa anturia pysyvästi eikä anturi ole välttämättä sen jälkeen tarkka.



Kuva 8. TPS-anturin kalibrointi.

3.3 Jäähdytysnesteen lämpöanturi

Jäähdytysnesteen lämpöanturina käytettiin Bosch 0280130026, koska sen kierre oli sama kuin moottorilohkossa. Jäähdytysnesteen lämpöanturi on suljettu, mikä hidastaa lukunopeutta. Mittaus riippuu metallin johtumisesta verrattuna avoimeen anturiin, mutta veden lämpötilan muutos on sen verran hidasta, että tästä ole haittaa. Anturille löytyi valmiiksi arvot, eikä siten tarvinnut kalibroida.

3.4 Imusarjan ilmanpaineen anturi

Imusarjan ilmanpaineanturina käytettiin GM:n valmistamaa 12223861 "3 bar" MAP-anturia (*Manifold Air Pressure*). Kyseisen anturin mitta-alue on karkeasti - 1...2 bar riippuen ilmakehän paineesta. MegaSquirt mittaa ennen käynnistystä ilmankehän paineen. Anturia valitessa tulee muistaa se, tullaanko moottorissa käyttämään ahtopainetta ja kuinka paljon ahtopainetta on tarkoitus käyttää. Päädyttiin hankkimaan laajalla mitta-alueella olevan MAP-anturin, jos ahtopaineita nostetaan.



Kuva 9. Imusarjan paineanturi.

3.5 Lambda-anturi

Lambda-anturi eli jäännöshappianturi mittaa pakokaasun seassa olevaa mahdollista jäljelle jäänyttä happea. Lambda-anturin antamasta arvosta voidaan päätellä kuinka laiha/rikas polttoaineseos on ja mihin suuntaan sitä pitää säätää. Optimaalinen arvo on Lambda 1.00 tai AFR-arvona 14.7 kun

polttoaineena on bensiini. Lambda-anturiksi valikoitui Bosch 4.9 LSU nopean mittaussnopeutensa takia. Kyseinen anturi on laajakaista-anturi ja siinä on myös lämmitys, mikä mahdollistaa nopeamman toimintavalmiuden sekä asennuksen kauemmaksi pakoputkessa, kun pakokaasun ei tarvitse lämmittää sitä. Laajakaista-anturi pystyy mittaamaan tarkemmin ja laajemmalla lukualueella verrattuna aiempiin kaksitila-antureihin. Lambda-anturi asennettiin 130 mm turbosta.



Kuva 10. Lambda-anturi.

3.6 Imuilman lämpöanturi

Imuilman lämpöanturi mittaa imuilman lämpötilaa. Tällä tiedolla säädetään polttoaineseosta. Imuilman lämpöanturina käytettiin Boschin valmistamaa anturia 0269981611 (Kuva 11). Toisin kuin veden lämpöanturissa, tässä päädyttiin käyttämään avonaista anturia, koska ilman lämmönvaihtelu on nopeampaa kuin esimerkiksi veden. Avonaisen anturin huonoja puolia on likaantuminen. Lämpöanturi asennettiin kaasuläpän ja välijäähdyttimen väliseen ahtoputkeen.



Kuva 11. Imuilman lämpöanturi.

3.7 Sytytyspuola

Sytytyspuolan tehtävä on kehittää tarpeeksi suuri jännite, jotta sytytystulppaan saadaan valokaari eli kipinä aikaiseksi. Puolaksi valikoitui VAG:n hukkakipinäpuola, jossa on sisäänrakennettu pääteaste.

Hukkakipinän idea on se, että kahteen sylinteriin annetaan kipinä yhtä aikaa. Moottorin rakenteen ja ajoituksen vuoksi vain toisessa sylinterissä on silloin työtahti menossa ja toisessa ei ole. Tämä sylinteri, jossa ei ole työtahtia ja sinne annettua kipinää kutsutaan hukkakipinäksi, koska sillä ei ole varsinaista tarkoitusta. Hukkakipinäpuolaan päädyttiin sen edullisuuden ja helpomman asennettavuuden vuoksi. Toinen vaihtoehto olisi yksittäisjärjestelmä eli joka sylinterille olisi oma puola.



Kuva 12. Bosch-sytytyspuola.

3.8 Polttoainesuuttimet

Polttoainesuuttimien tehtävä on annostella polttoaine mahdollisimman hienojakoisesti ja moottorinohjaimen käskemän aukioloajan mukaisesti sylintereihin. Polttoainesuuttimet sijaitsevat tässä kokoonpanossa imusarjassa lähellä imuventtiileitä.

Polttoainesuuttimina käytettiin moottorin alkuperäisiä suuttimia Bosch 060 280150802. Suuttimien tuotto 3 bar polttoaineen paineella on 337 cc/min ja suutinkelojen vastus on 12 ohm (Kuva 13).



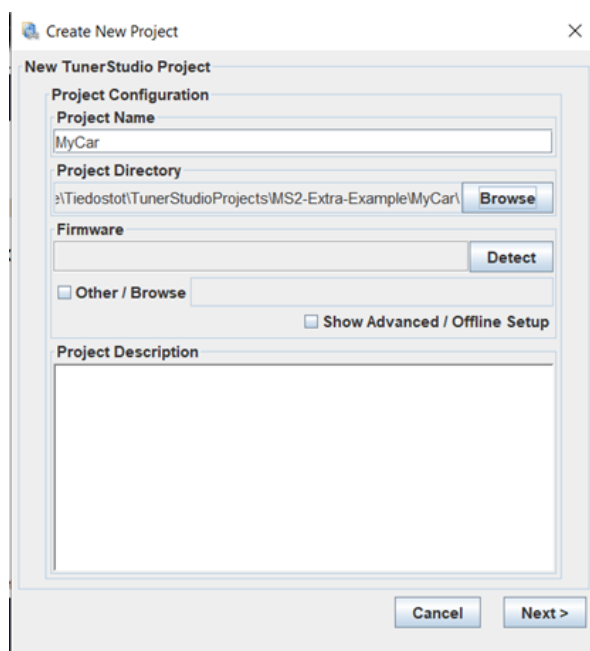
Kuva 13. Polttoainesuutin.

4 MegaSquirt-asetukset ja säätö

4.1 TunerStudio käyttöönnotto

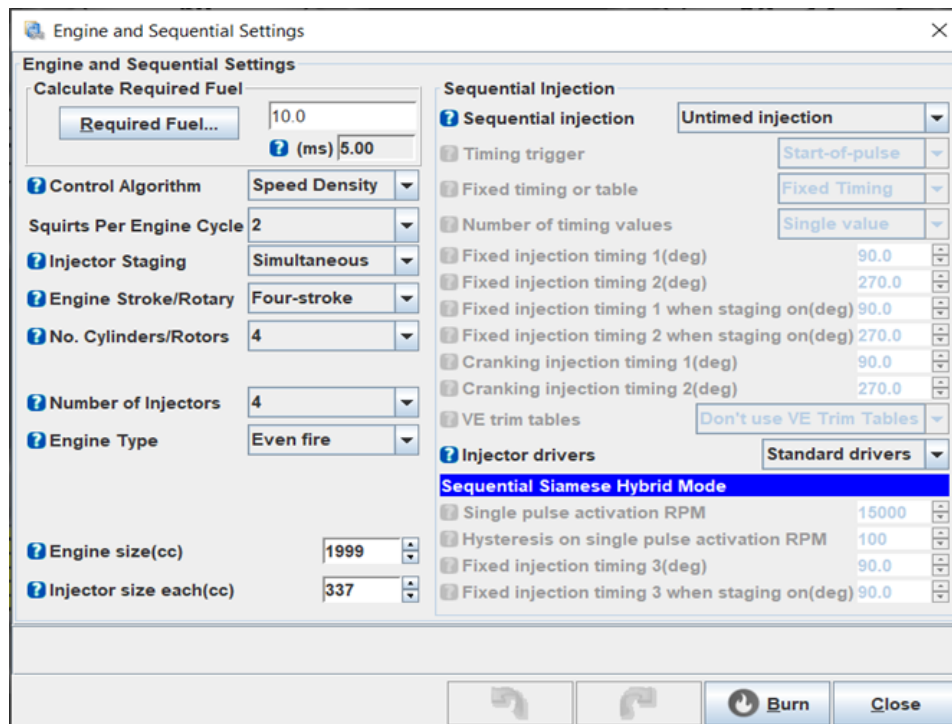
MegaSquirt:n asetuksia asetettiin käyttämällä TunerStudio MS -nimistä ohjelmaa. MegaSquirt käyttää tiedonsiirrossa DB9-liitintä, että on välttämätöntä varmistaa, että tietokoneessa sellainen portti löytyy. Uusimmassa läppäreissä kyseistä porttia ei ole. Sen takia piti hankkia USB-RS232-adapteri. Tämä adapteri vaatii oman ohjainlaiteajurin toimiakseen. Adapterin mukana tuli ohjelma, millä saatiin tiedonsiirto toimimaan. Myös on olemassa Bluetooth-yhteydellä saatavia lähetin vastaanottimia, mikä asennetaan MegaSquirtin DB9-liittimeen. Tämän etu on se, että ei tarvitse liitäntäjohtoja vetää.

Tämän jälkeen päästään luomaan uusi projekti. Tässä kohtaa valitaan ohjelmisto. Ohjelma on TunerStudio:ssa valmiina. Tässä kohtaa pitää tietää, mikä COM-portti on tietokoneessa käytössä. Tämä tieto löytyy laitehallinnasta. Tässä projektissa käytettiin porttia numero 5.



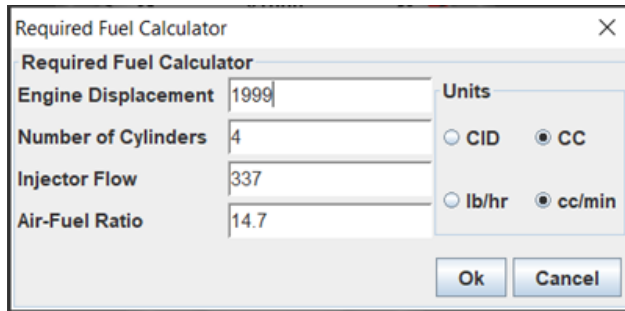
Kuva 14. Uuden projektin aloitus.

Kun yhteys moottorinohjaukseen on saatu, on perusasetusten vuoro. Tässä vaiheessa, jos sytytyspuola on kytketty niin, että sille tulee jatkuva virta, on syytä puolasta/pääteasteesta irrottaa liitin. Jatkuva virta kuumentaa puolaa, mikä voi mahdollisesti vaurioittaa puolaa. Perusasetuksissa (Kuva 15) määritetään moottorin tilavuus ja suuttimien koko. Onko moottori kaksi- vai nelitahti, ruiskutuksen määrä jne. Tärkeää on laittaa oikeat yksiköt.



Kuva 15. Perusasetukset.

TunerStudio pystyy laskemaan polttoaineen paineesta, moottorin tilavuudesta ja suuttimien koosta alustavan polttoainekartan, josta on helppo lähteä tekemään hienosäätöä (Kuva 16).



Required Fuel Calculator

Required Fuel Calculator

Engine Displacement: 1999

Number of Cylinders: 4

Injector Flow: 337

Air-Fuel Ratio: 14.7

Units: CID CC

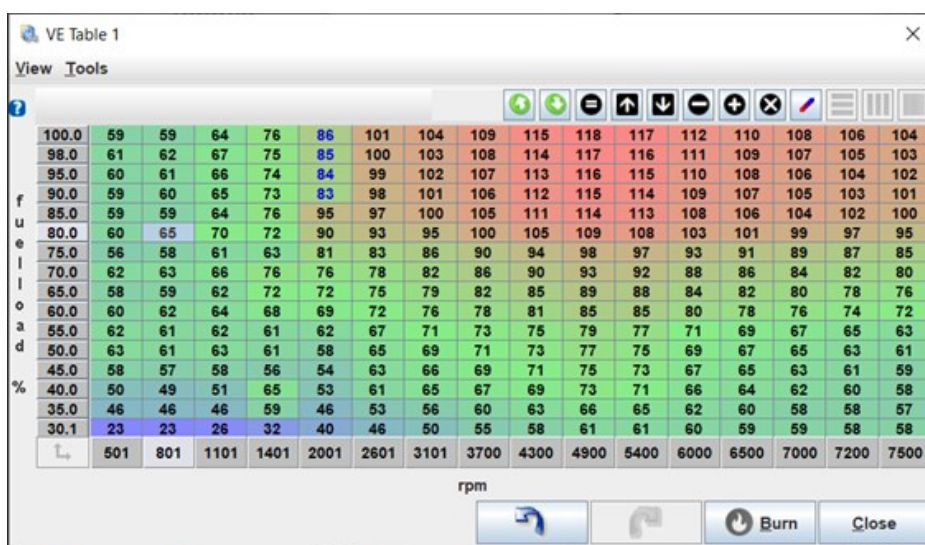
lb/hr cc/min

Ok Cancel

Kuva 16. Polttoainekartan aloitusasetusten laskin.

4.2 Polttoainekartan säätö

Polttoainekartta säätää polttoainesuuttimien aukioloaikoja. Suurempi aukioloaika tarkoittaa rikkaampaa polttoaineseosta. 255 on suurin arvo. Ennen kuin polttoainekarttaa alkaa säätämään, kannattaa tarkistaa perusasetukset vielä kerran. Kun jos perusasetuksia menee muuttamaan jälkeinpäin, niin polttoainekartan arvot eivät toimi. X-akselilla on moottorinpyörintänopeus (rpm) ja Y-akselilla on ilmanpaine imusarjassa (kPa). Hyvä muistaa säätäessä Y-akselia on se, että kuin paljon ahtopainetta moottorissa maksimissaan on, että ei levitä Y-akselia turhan pitkälle tai tee siitä liian lyhyttä. 100kPa on 0bar ahtopainemittarissa eli siitä alaspäin on alipainetta ja siitä ylöspäin on ahtopainetta. (MegaSquirt 2019.)



VE Table 1

View Tools

100.0	59	59	64	76	86	101	104	109	115	118	117	112	110	108	106	104
98.0	61	62	67	75	85	100	103	108	114	117	116	111	109	107	105	103
95.0	60	61	66	74	84	99	102	107	113	116	115	110	108	106	104	102
90.0	59	60	65	73	83	98	101	106	112	115	114	109	107	105	103	101
85.0	59	59	64	76	95	97	100	105	111	114	113	108	106	104	102	100
80.0	60	65	70	72	90	93	95	100	105	109	108	103	101	99	97	95
75.0	56	58	61	63	81	83	86	90	94	98	97	93	91	89	87	85
70.0	62	63	66	76	76	78	82	86	90	93	92	88	86	84	82	80
65.0	58	59	62	72	72	75	79	82	85	89	88	84	82	80	78	76
60.0	60	62	64	68	69	72	76	78	81	85	85	80	78	76	74	72
55.0	62	61	62	61	62	67	71	73	75	79	77	71	69	67	65	63
50.0	63	61	63	61	58	65	69	71	73	77	75	69	67	65	63	61
45.0	58	57	58	56	54	63	66	69	71	75	73	67	65	63	61	59
40.0	50	49	51	65	53	61	65	67	69	73	71	66	64	62	60	58
35.0	46	46	46	59	46	53	56	60	63	66	65	62	60	58	58	57
30.1	23	23	26	32	40	46	50	55	58	61	61	60	59	59	58	58
	501	801	1101	1401	2001	2601	3101	3700	4300	4900	5400	6000	6500	7000	7200	7500

rpm

Burn Close

Kuva 17. Polttoainekartta.

4.3 Sytytysennakon säätö

Sytytysennakko on sitä, kun polttoaineseos sytytetään ennen kuin mäntä saavuttaa yläkuolokohdan. Polttoaineen syttymisen ja palamisen hitauden takia joudutaan sytyttämään ennakkoon. Liian aikaisin sytyttäminen voi johtaa siihen, että maksimipaine kohdistuu ylöspäin liikkuvaan mäntään. Liian aikainen sytytys voi aiheuttaa nakutusta, joka nostaa moottorin mekaanista rasitusta niin paljon, että moottori voi vaurioitua. Liian myöhään sytyttäminen aiheuttaa sen, että hyötysuhde laskee. (Santama, G 2019.)

The screenshot shows a software window titled "Ignition Table 1 (Spark Advance)". It contains a grid of numerical values representing spark advance in degrees. The vertical axis is labeled "ignition" and has values from 200.0 down to 20.0. The horizontal axis is labeled "rpm" and has values from 701 to 6000. The values in the grid range from 9.4 to 32.5. The interface includes a toolbar with various icons and buttons like "Burn" and "Close".

ignition	701	900	1200	1500	2000	2600	3100	3700	4300	4900	5400	6000
200.0	13.0	12.9	16.5	16.7	17.1	17.5	17.9	18.3	18.8	19.2	19.6	20.0
160.0	12.7	12.9	16.5	16.8	17.3	17.9	18.4	19.0	19.6	20.2	20.7	21.3
140.0	12.4	12.6	16.4	16.8	17.4	18.2	18.8	19.6	20.3	21.1	21.7	22.5
120.0	12.1	12.2	16.4	16.8	17.6	18.5	19.3	20.2	21.1	22.1	22.8	23.8
100.0	12.6	12.6	16.3	16.8	17.7	18.8	19.7	20.8	21.9	23.0	23.9	25.0
80.0	13.1	13.1	15.9	18.1	19.4	21.0	22.2	23.8	25.3	26.8	28.1	29.7
70.0	12.9	12.9	15.6	18.8	20.3	22.0	23.5	25.3	27.0	28.8	30.2	32.0
60.0	12.8	12.6	15.4	18.5	23.6	28.4	29.2	29.8	31.9	32.1	32.1	32.5
50.0	12.2	12.4	15.2	18.2	23.7	28.8	29.4	29.4	32.0	32.0	32.5	32.5
40.0	13.1	13.1	14.9	17.9	23.8	29.2	29.4	29.9	32.0	32.5	32.5	32.5
30.0	12.6	12.5	14.7	17.7	23.8	29.4	29.4	29.4	32.0	32.5	32.5	32.5
20.0	9.6	9.4	14.5	17.4	24.2	29.9	29.4	29.9	32.5	32.5	32.5	32.5

Kuva 18. Sytytysennakko.

4.4 Lambda-ohjaimen käyttöönotto

Lambda-ohjaimeksi valikoitui Innovate Ic-2, minkä kanssa käytettiin Boschin LSU 4.9 -lambda-anturia. Lambda-ohjaimen käyttöönottoa varten pitää ladata LM Programmer -ohjelma, jonka avulla saadaan ohjaimelle kerrottua, mikä anturi on kyseessä, mikä polttoaine ja miten anturia käytetään (kaksitila/laajakaista).

Uusi lambda-anturi pitää kalibroida ennen käyttöönottoa. Kalibroidessa anturin pitää olla pakoputkesta irrallaan puhtaassa ilmassa, muuten anturi voi näyttää vääriä arvoja. Lambda-ohjaimessa on saatavilla kaksi signaalilähtöä, jolloin

autoon voi kytkeä erillisen mittarin, kun toinen lähtö menee MegaSquirtille. (Innovate Motorsports 2022.)

4.5 Mahdolliset lisäykset moottorinohjaukseen tulevaisuudessa

Eräs MegaSquirtin hyviä puolia on se, että kaikkea ei tarvitse heti asentaa. Osa komponenteista on mahdollista lisätä myöhemmin. Ajan ja rahan puutteen vuoksi moottorinohjauksesta jäi asentamatta tyhjäkäyntimoottori, nokka-akselin asentoanturi sekä etanolianturi. Tällä hetkellä tyhjäkäyntiä säädetään palloventtiilillä, millä saa kanssa tyhjäkäynnin säädettyä. Etanolianturi jäi kyseisessä työssä asentamatta.

4.6 Auton ensimmäinen käynnistys

Kun MegaSquirt oli saatu asennettua ja laitettua perusasetukset, koetettiin saada auto käymään. Ensimmäiset viat tulivat hyvin nopeasti esille. Vikoja oli muun muassa uusi laturi ei ladannut ja moottorin kierrostieto moottorinohjaimelta puuttuivat kokonaan. VR-anturin ja triggeripyörän välistä ilmaväliä jouduttiin pienentämään 0,5 mm. Moottorinohjaimen liittimen pinnejä jouduttiin kiristämään. Kylmäkäynnistyksen rikastusta jouduttiin pienentämään reilusti käyntiin saamiseksi.

4.7 Sääto/tehonmittaus dynamometrissä

Kun auton käynnistyvyys ja tyhjäkäynti oli saatu suurin piirtein kohdilleen, oli seuraavaksi säätäminen dynamometrissä. Ennen dynamometriin menoa autoa pystyi ajamaan kohtuullisen hyvin. Dynamometrissä säätäminen on tarkempaa kuin ajamalla. Dynamometrissä polttoainekarttaa säädettiin jarruttamalla rullia, jolloin jokaiseen kohtaan karttaa pääsee käsiksi. Säättämisessä käytettiin säätäjän omaa lambda-anturia, koska auton oma anturi vikaantui.

Tehonmittauksessa saatiin moottorista sama suorituskyky, jonka Volvo on alun perin moottorille ilmoittanut. Suurempia tehoja ei olisi saanutkaan tulla, koska tehorajat tieliikenteeseen olisivat ylittyneet. Tehonmittaustodistusta tehdessä autosta tarkistettiin moottorin lohkonumero, turbon tyyppikilpi, välijäähdyttimen mitat ja auton runkonumero.

5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli rakentaa toimiva moottorinohjaus puuttuvan moottorinohjauksen tilalle. Muutamien ongelmien jälkeen tavoitteeseen päästiin. Ongelmia oli muun muassa uuden laturin toimimattomuus, ECU:n pinnien löysyys ja kampiakselin asentotunnistimen häiriöt. Mahdollisesti moottorinohjaukseen tullaan vielä lisäämään tyhjäkäyntimoottori ja etanolianturi. Moottorin ilmoitetut suorituskykyarvot pysyivät samana kuin mitä Volvon on kyseiselle moottorille ilmoittanut.

Kyseinen projekti paransi ymmärrystä moottorinohjauksen komponentteihin ja niiden toimintaan. Työn tulokseen voidaan olla tyytyväisiä, koska kyseessä on ensimmäinen moottorinohjaus, joka on tullut asennettua.

Lähteet

Innovate Motorsports 2022. LC-2 Digital Air/Fuel Ratio (Lambda) Sensor Controller Manual. Viitattu 15.11.2022

https://www.innovatemotorsports.com/wp/content/uploads/2022/05/LC-2_Manual.pdf

MegaSquirt © BG Soflex, LLC 2023. History. Viitattu 5.1.2023

<https://megasquirt.info/history/>

MegaSquirt 2019. Megasquirt-2 Setting up. Viitattu 2.1.2023

http://www.msextra.com/doc/pdf/Megasquirt2_Setting_Up-3.4.pdf

Protoparts Oy 2022. Pyörintänopeustunnistimet. Viitattu 20.10.2022

<https://www.protoparts.fi/category/74/pyorintanopeustunnistimet>

Santama, G. 2019. What is ignition advance? Explaining Centrifugal and Vacuum advance mechanism. Viitattu 2.1.2023

<https://vehicletech1.blogspot.com/2019/05/centrifugal-Vacuum-advance.html?m=1>