

Aleksi Asikainen

BMW 750iL E38:n huippunopeuden rajoittimen poistaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

4.5.2014

Tekijä Otsikko	Alexi Asikainen BMW 750iL E38:n huippunopeuden rajoittimen poistaminen
Sivumäärä Aika	24 sivua 4.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Kari Tammi
<p>Insinööri työ tutkii BMW:n lippulaivamallin 750iL nopeudenrajoittimen poistamista ohjelmallisesti, joko suoraan Flash-mikropiiristä tai auton oman testipistokkeen kautta käyttäen K-linjaa.</p> <p>Työn tarkoitus oli saada poistettua nopeudenrajoitin ja samalla muokattua vakiomoottorinohjauksen säätöjä entistä tarkemmiksi sekä parantaa polttoainetaloutta ja maksimoida moottorin suorituskykyä dynamometrissä.</p> <p>Työssä tarkastellaan M73-moottoria (V12) ja moottorinohjainyksiköitä sekä selvitetään piirilevyillä olevia komponentteja, ohjelmointityökaluja sekä WinOls-ohjelman soveltamista.</p> <p>Tarvittavia tietoja nopeudenrajoittimen poistamiseksi ja moottorinohjauksen säätöjen optimoimiseksi varatussa ajassa ei kuitenkaan saatu, joten työ jäi ainoastaan aiheen pinnalliseksi tarkasteluksi.</p>	
Avainsanat	BMW 750, E38, huippunopeus, rajoitin, DME 5.21, M73, Bosch

Author Title	Aleksi Asikainen Removal of BMW 750 iL E38 Top Speed Limiter
Number of Pages Date	24 pages 4 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Kari Tammi, Senior Lecturer
<p>This thesis examines the removal of the speed limiter of the BMW flagship model 750iL by using software, either directly from the flash circuit or from the test plug through the K line in the car.</p> <p>The purpose was to remove the speed limiter and, at the same time, to modify the standard engine control unit adjustments to become more accurate, and to improve fuel economy and engine performance by maximizing on a dynamometer.</p> <p>The thesis deals with the M73 engine (V12), engine control units (ECU), components on the circuit boards, programming tools, and the application of the WinOIs program.</p> <p>Unfortunately, the information necessary for removing the speed limiter and optimizing the engine control unit adjustments was not obtained in a reasonable time. This is why a thorough study of the subject was impossible.</p>	
Keywords	BMW 750, E38, top speed, limiter, DME 5.21, M73, Bosch

Sisällys

Lyhenteitä ja käsitteitä

1	Johdanto	1
2	V12-moottori	2
2.1	5.0L M70	2
2.2	5.4L M73	3
3	Moottorin ohjaus	4
3.1	M73-moottorinohjaus ja tunnistimet	4
3.2	Lähtötilanne	8
3.3	Aloitus	9
3.4	Ecun mikropiirit	9
3.5	Ohjelmointi testipistokkeen kautta	11
3.6	ABS-anturin tieton ohittaminen	18
3.7	Moottorin optimointi	19
4	Yhteydenotot lastatusyrittäjiin	19
5	Yhteenveto	20
	Lähteet	21
	Kiitokset	24

Lyhenteitä ja käsitteitä

AGS = Automatik Getriebe Steuegerat, automaattivaihteiston ohjainlaite

Chip = mikropiiri, virittäjien puhekielessä lastu

DME = Digitale Motor Elektronik, Bosch Motronic -moottorinohjainyksikön malli

DSC = Dynamische Stabilitäts Control, Dynamic Stability Control, ajonhallintajärjestelmän ohjainlaite

ECU/ECM = Electronic Control Unit/Electronic Control Module, moottorinohjausyksikkö

EWS = Elektronische Wegfahrsperr, ajoneston ohjainlaite

EML = Elektronische Motorleistungsregelung, Electronic throttle control system, sähköisen kaasun ohjainlaite

Flash-muisti = puolijohdemuisti, sähköisesti nollattavissa ja uudelleenkirjoitettavissa

IKE= Instrumenten Kontroll Elektronik, Instrument cluster, mittariston ohjainlaite

IHKA = Integriertes Heizung und Klima Automatic, automaatti-ilmastoinnin ohjainlaite

Kryptaus = salattu tiedosto, salaus algoritmiparilla

Mikrokontrolleri = mikroprosessori, joka sisältää integroitua muisti- ja liityntälohkoja

Software = ohjelmisto, ”muisti”, ”softa”

Väylä = järjestelmä, joka siirtää tietoa tai virtaa ohjainlaitteiden välillä

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena on tutkia BMW 750iL:n (kuva 1) huippunopeuden rajoittimen poistamista sekä mahdollista lisätehon ja polttoainetalouden optimointia ohjelmallisesti moottorinohjainyksiköissä (Electronic Control Unit = ECU). Moottorin säätäminen oli määrä suorittaa dynamometrissä. Auto on V12-moottorilla (M73) varustettu, ja siinä on kaksi Bosch DME 5.2.1 -moottorinohjausyksikköä. Työ haluttiin tehdä, koska oli tarkoitus perehtyä vakimoottorinohjauksen ohjelmasisältöön ja sen muutosmahdollisuuksiin.



Kuva 1. BMW 750iL 1998

7-sarja on BMW:n edustusluokan automalli. E38 on kolmas 7-sarjan sukupolvi, joka oli tuotannossa kesäkuusta 1994 heinäkuuhun 2001. Sitä valmistettiin Dingolfingissa Saksassa [1]. 750iL on ollut myös James Bond -elokuvassa Tomorrow Never Dies (1997). Bensiinimoottorit ovat 2,8-litrainen rivi-6-moottori, 3-, 3,5-, 4- ja 4,4-litrainen V8-moottori sekä 5,4-litrainen V12-moottori. Dieselmoottorit ovat 2,5- ja 3-litrainen rivi-6-moottori sekä 4-litrainen V8-moottori. Mallimerkinnot menevät moottorin iskuvaluuden mukaan, paitsi päivitetty 4,4-litrainen ja 5,4-litrainen bensiinimoottori: 725tds, 728i, 730i, 730d,

735i, 740i, 740d ja 750i. L-kirjain mallimerkinnän perässä tarkoittaa Lang-mallia, jonka akseliväli on 14 cm perusmallia pitempi.

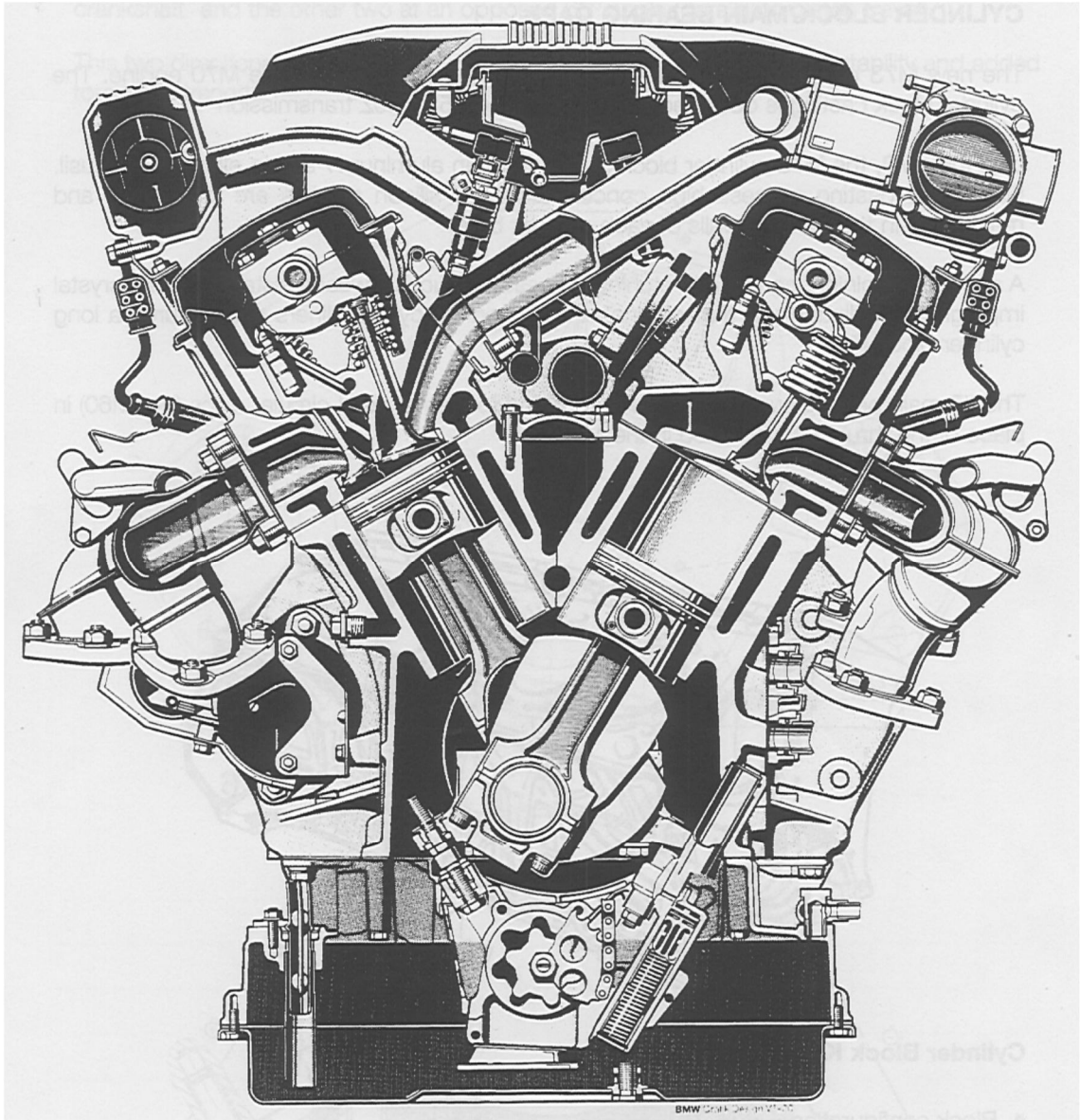
2 V12-moottori

2.1 5.0L M70

Vuonna 1982 moottorimallin M70 (4988 ^{cc}) suunnittelu alkoi. Moottori on ollut edellisessä korimallissa (E32) sekä myös 8-sarjassa (E31) vuodesta 1987 [2]. Teho on 220 kW (5200 rpm) ja vääntö 450 Nm (4100 rpm). Moottorin suunnittelun lähtökohtana on käytetty kahta kuusisylinteristä M20-rivimoottoria [3]. M70-moottorin eri variaatiot olivat käytössä myös F1:ssä. Moottorin lohko ja sylinterikannet ovat alumiinia, ja moottorikonaisuuden massa on vain 240 kg [4]. Moottorin suunnittelussa tavoiteltiin alhaista polttoaineen kulutusta ja tasaista vääntömomenttia joutokäynnistä alkaen. Tavoitteessa on onnistuttu hyvin, kuten kuvan 3 vääntömomenttikäyrästä näkee.

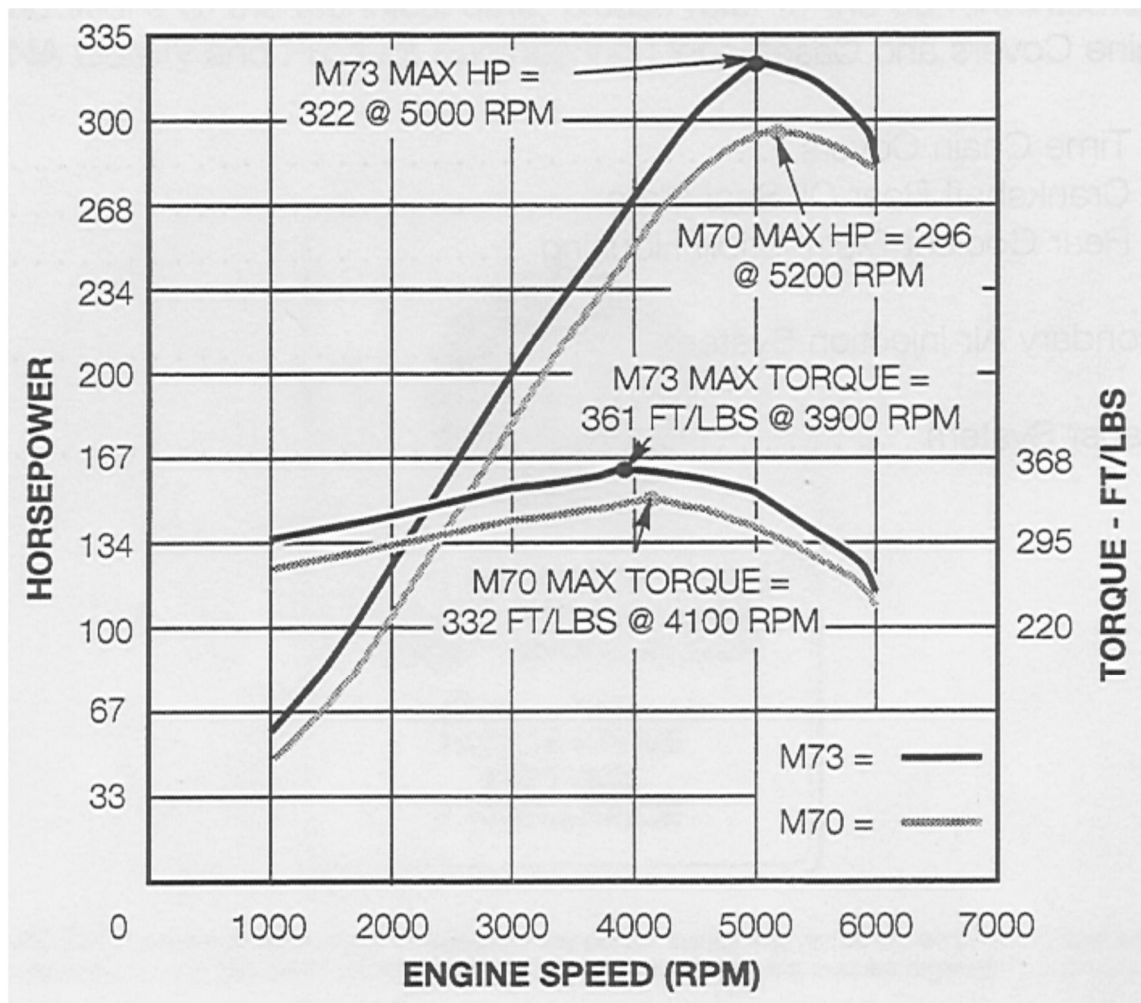
2.2 5.4L M73

Vuonna 1994 esiteltiin E38- ja E31-korimalleissa edelliseen M70-moottoriin perustuva M73-moottori (5379 ^{cc}), jossa sylinterin halkaisijaa ja iskunpituutta oli kasvatettu (kuva 2).



Kuva 2. M73-moottorin halkileikkaus [5, s. 3]

Moottorinohjaus oli päivitetty, polttoaineen keskipulutus on 750iL-mallissa vain 13,8 l/100km, ja CO₂-päästöt ovat 332 g/km. Teho on 240 kW (5000 rpm) ja vääntö 490 Nm (3900 rpm). Noin 2000 kg:n autolle kiihtyvyyys 6,8 s 0–100 km/h siihen aikaan oli huima saavutus [6]. Moottori on käytössä myös Rolls Roycessa. Kuvassa 3 on esiteltynä Amerikan mittayksiköillä moottorien suorituskyky: 1 HP = 0.745699872 kW ja 1 FT/LBS = 1.3558179485581934 Nm.



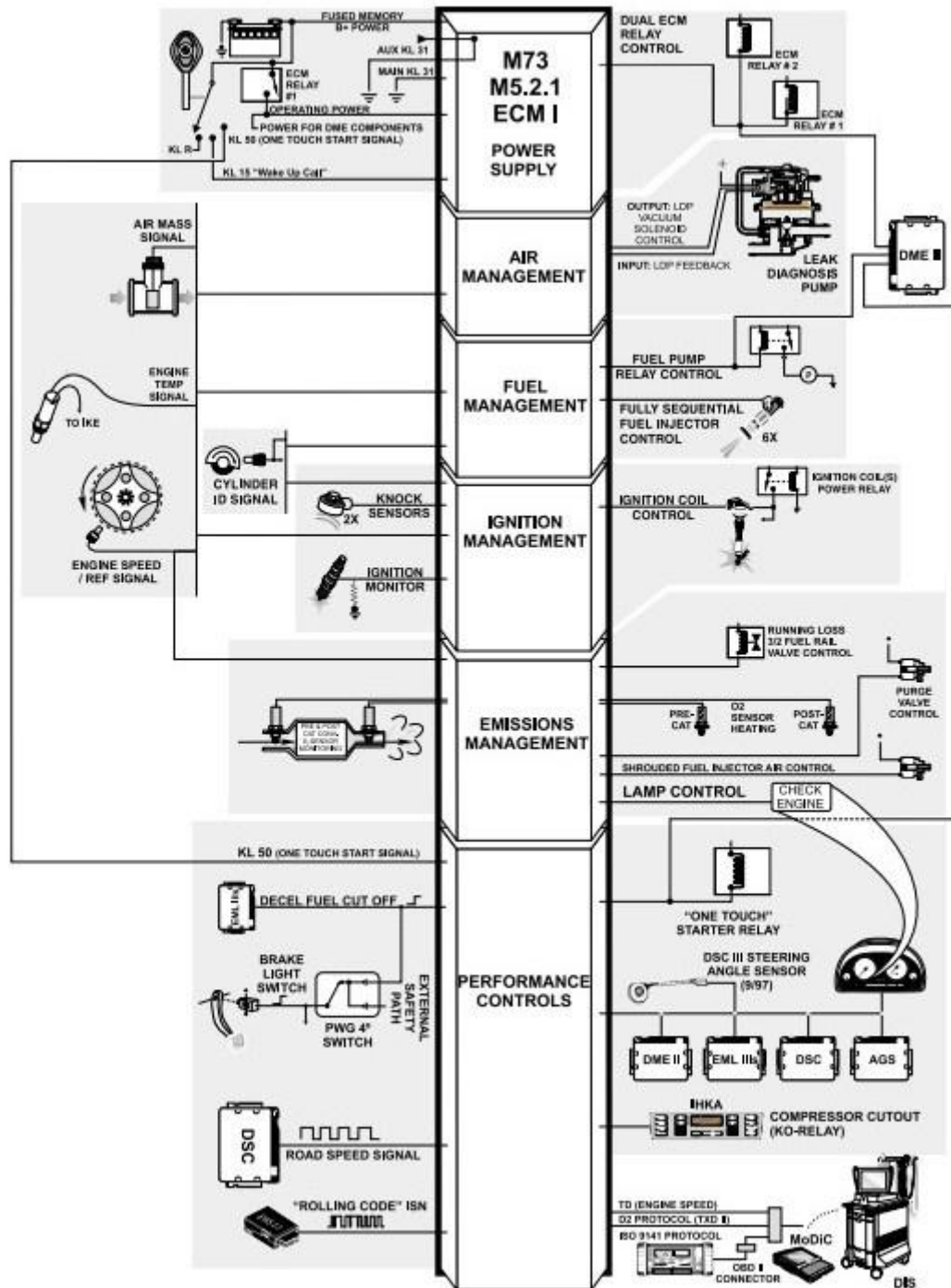
Kuva 3. M70:n ja M73:n teho- ja vääntökäyrät [5, s. 2]

3 Moottorin ohjaus

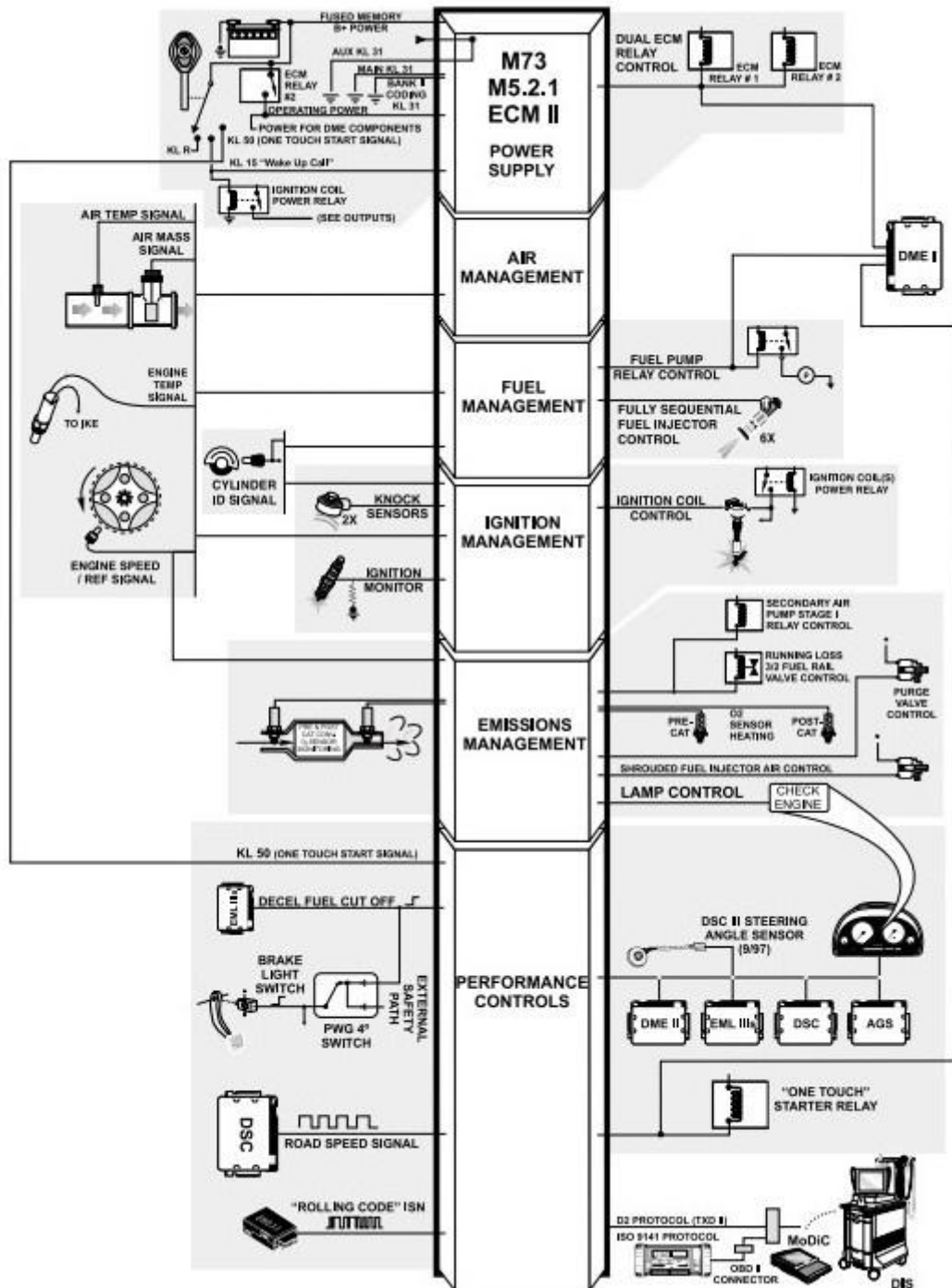
3.1 M73:n moottorinohjaus ja tunnistimet

M73-moottoria ohjaa kaksi Bosch-ohjainlaitetta DME 5.2.1. Tämä ecu-malli oli käytössä syyskuusta 1997 heinäkuuhun 2001, jolloin auton valmistus päättyi. Ohjelmisto on päivitetty kuitenkin useamman kerran. Molemmat sylinteririvit on ohjattu erikseen, joten moottorilla voi ajaa myös 6 sylinterillä. Teoriassa kaksi rivi-6:ta on yhdistetty ja ne on synkronoitu toimimaan yhdessä. Kuvista 4 ja 5 näkee moottorin toiminnan kannalta oleelliset komponentit. Suurimmat erot ecujen välillä ovat seuraavat: ecu I saa tiedon imuilmanlämpötila-anturilta sekä ohjaa sekundääristä ilmapumppua, ja ecu II ohjaa polttoainesäiliön tiiviyden tunnistusjärjestelmää sekä ilmastoinnin kompressorin magneettikytkintä. Moottorinohjainlaitteet (ecu I & II), ajoneston ohjainlaite (EWS), sähköi-

sen kaasun ohjainlaite (EML), ajonhallintajärjestelmän ohjainlaite (DSC), vaihteiston ohjainlaite (AGS), mittariston ohjainlaite (IKE) sekä automaatti-ilmastoinnin ohjainlaite (IHKA) ovat väylässä, joka yhdistää ohjainlaitteet toisiinsa [7, s. 23; 9, s. 6–7, 22–23].



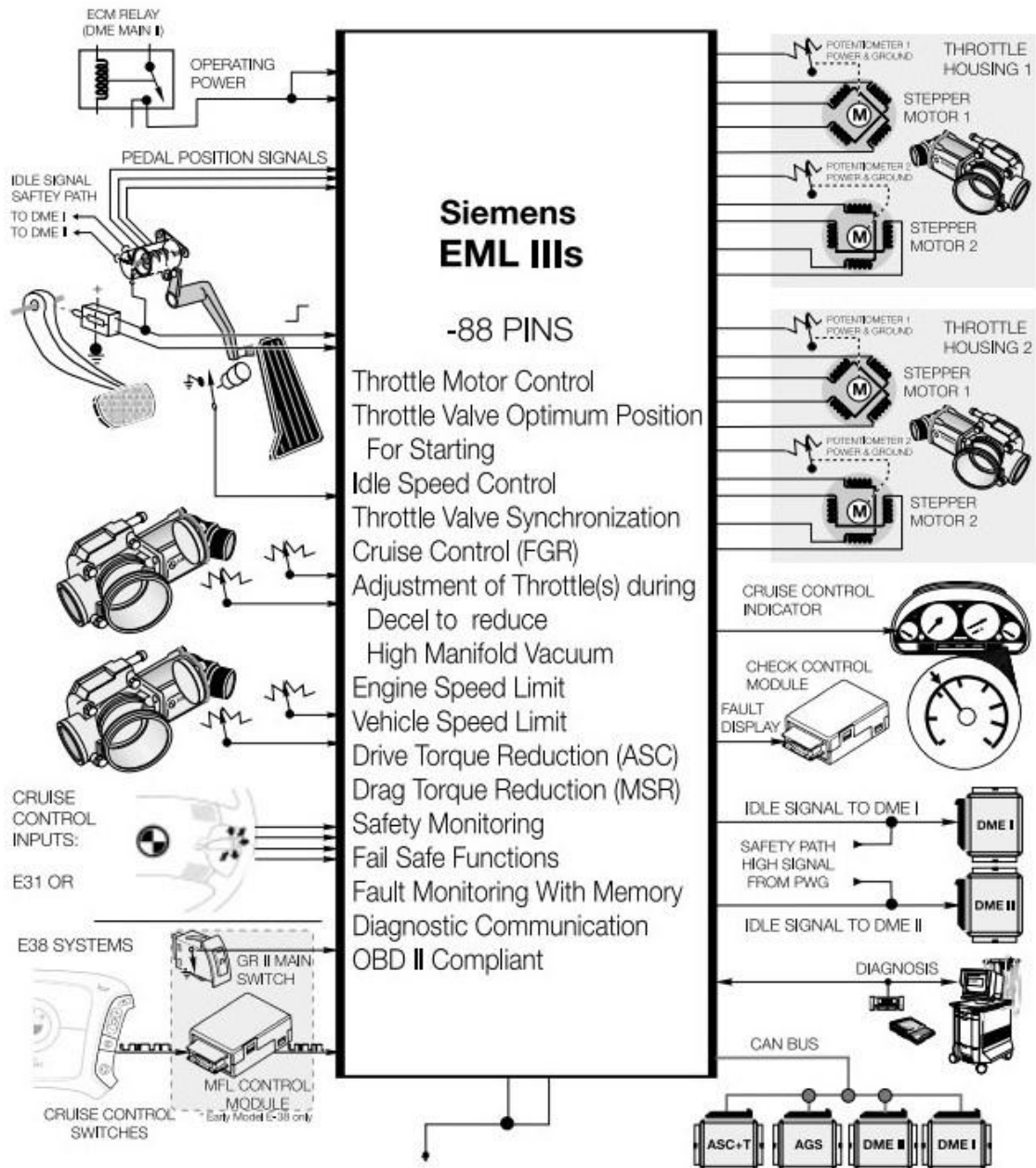
Kuva 4. Ecu I [9, s. 6]



Kuva 5. Ecu II [9, s. 7]

Ecuille I & II tulevat tiedot seuraavilta tunnistimilta: ilmassmittarit, kampiakselin- ja nokka-akselin asento/pyörimisnopeustunnistimet, lambda-anturit (polttoaineseosta säättävät ennen katalysaattoria olevat lambdat ja katalysaattorin puhdistustehoa tarkkailevat katalysaattorin jälkeiset lambdat), moottorin lämpötila-anturit, nakutustunnistimet, ABS-pyörintänopeustunnistimet ja muuttuva ajoneston koodi.

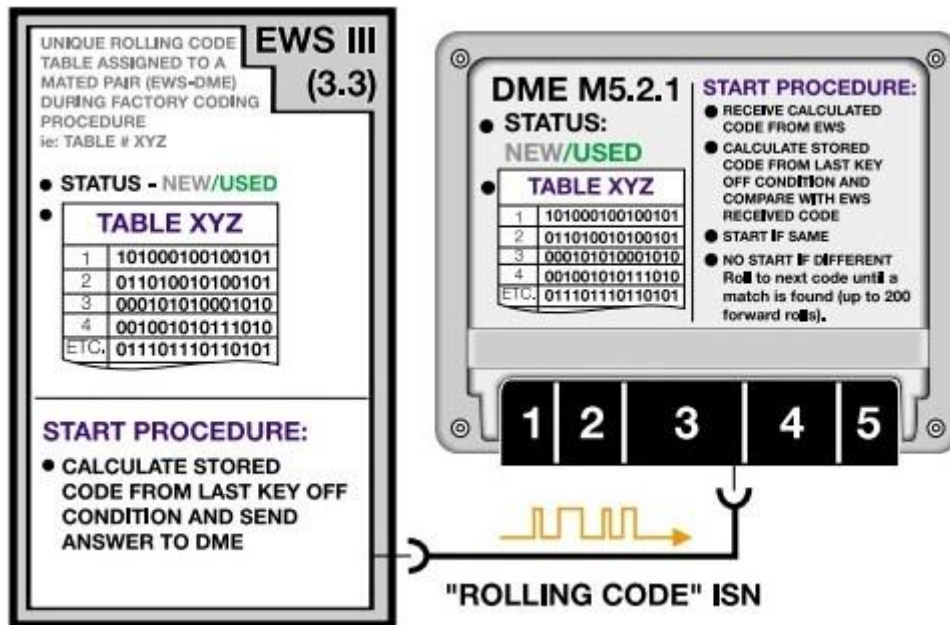
Ecuc I & II ohjaavat seuraavia komponentteja: sytytyspuolien ensiövirran katkaisua, suihkutussuuttimia, lambda-anturien lämmitystä (lambda-anturi kykenee toimimaan vasta tietyssä lämpötilassa) sekä polttoainepumppua [9, s. 3–18].



Kuva 5. EML [8, s. 15]

EML (Elektronische Motorleistungsregelung) on oma järjestelmänsä, jonka lohkoavaio esitely kuvassa 5. Moottorin ohjainlaitteet saavat tiedon kaasupolkimen asennosta ja toteutuneesta kaasuläpän asennosta. Kaasuläpät toimivat askelmoottoreilla, joita EML ohjaa. Kaasupoljin on taas yhteydessä potentiometrin välityksellä EML:ään. Kaasuläpän yhteydessä on myös potentiometri, jotta EML saa tarkan kaasuläpän asentotiedon [8, s. 2–18].

Kuvasta 7 näkee muuttuvan, EWS:n (Electronische Wegfahrsperre) lähettämän koodin. Koodi muuttuu jokaisen käynnistyskerran jälkeen, jotta auton luvaton käyttöönotto olisi mahdollisimman vaikeaa. EWS:n ohjelmoinnin on oltava yhteensopiva moottorinohjainlaitteiden kanssa, eikä esimerkiksi ecujen vaihto ilman uudelleenohjelmointia onnistu. [9, s. 19–21.]



Kuva 7. EWS-ohjainlaite ja muuttuva koodi [9, s.21]

3.2 Lähtötilanne

Työn lähtökohtana oli USA:sta tuotu auto, joka on ollut minulla vuodesta 2009. Auton huippunopeudeksi oli rajoitettu 130 mph (n. 209 km/h). USA:ssa suurin osa ensiasennusrenkaista on nopeusluokaltaan H = 210 km/h, jolloin autonvalmistajat rajoittavat nopeuden sen mukaan, jotta välttyttäisiin kalliilta oikeusprosesseilta [10]. Nopeusrajoitukset USA:ssa eivät kuitenkaan salli edes tuota nopeutta. Poikkeuksena on edelleen Saksa, jossa vapaat nopeudet ovat sallittuja moottoriteillä. Auton teknisistä ratkaisuista (aktiivinen [11] ja passiivinen [12] turvallisuus) huomaa, että suunnittelussa on otettu huomioon myös jatkuvat suuret nopeudet.

Moottorinohjauksen optimointi sisältäen nopeudenrajoittimen poiston oli tarkoitus teettää liettualaisessa ohjelmointiyrityksessä (MGear chips) ja ecut lähetettiin Liettuaan. Hinta-laatusuhteen piti olla kohdallaan (noin 150 €). Yritys ilmoitti, että ohjelmointi suoritetaan Saksassa. Jostain syystä ecut eivät kuitenkaan saapuneet takaisin Suomeen.

Autoon on nyt asennettu Saksasta tilatut ecut, jolloin huippunopeudeksi on rajoitettu 250 km/h.

3.3 Aloitus

Työ aloitettiin tutkimalla taustatietoja aiheesta. Aiheesta löytyi keskustelua internetissä, etenkin yhdysvaltalaisilta autoharrastajafoorumeilta. Suurin osa tiedoista löytyi vain googlettamalla, koska Suomesta ei löytynyt tarvittavia tietoja esimerkiksi kirjastoista. Tarvittavat työkalut tilattiin Ebaystä.

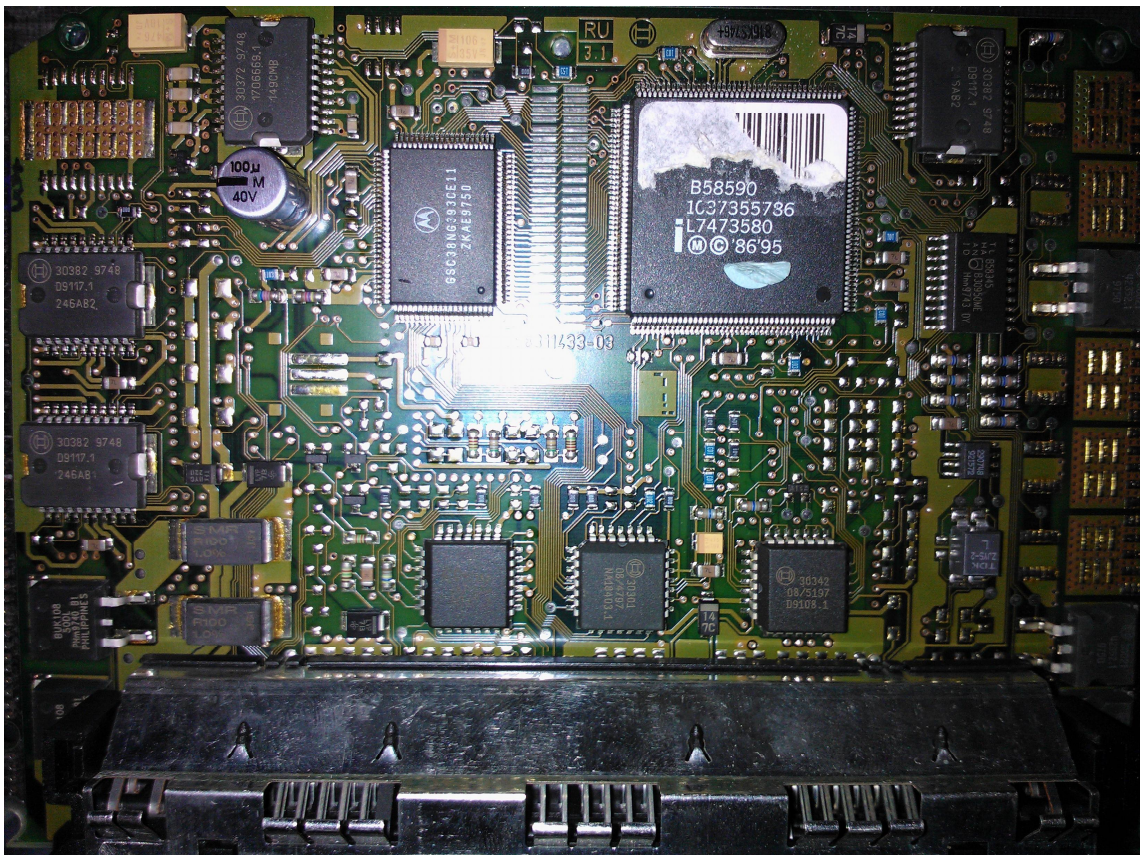
3.4 Ecut mikropiirit

Aluksi selvitettiin rajoittimen poistoa suoralla ohjelmoinnilla mikropiiriin. Ecut ovat identtisiä komponenttien suhteen, ero on vain ohjelmoinnissa. Kuvassa 8 on nähtävissä BMW Scannerin tunnistamat ecut. Ecu I on ohjelmoitu toimimaan pääohjainlaitteena (master) ja ecu II aliohjainlaitteena (slave).

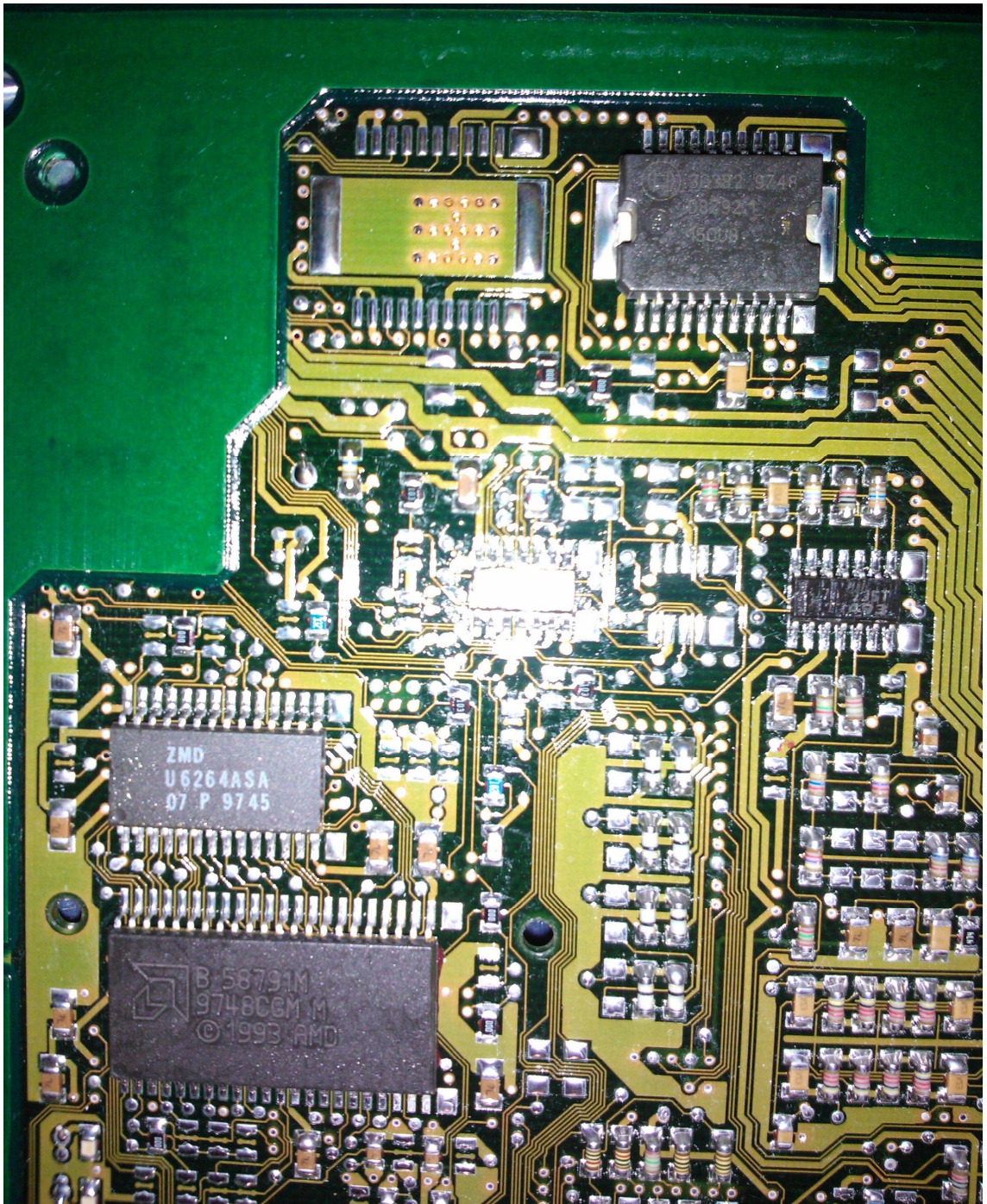


Kuva 8. BMW Scanner, näkymä ohjainlaitteista

Toinen ecu purettiin ja yritettiin selvittää, mihin piiriin moottorinohjauksen muisti on ohjelmoitu. Ecu:n sisäistä kytkentäkaaviota ei ollut mahdollista saada edes Boschilta. Suurin osa piireistä on Boschin omalla leimalla, jolloin komponenttien tiedot eivät löydy ”vapailta” markkinoilta. Piirit, joista löysin tietoa, ovat INTEL B58590 (AS87C196CB): CHMOS mikrokontrolleri [13] ja AMD B58791M (M29F200) [14]. M29F200 on flash-muistipiiri, mutta siitä ei löytynyt tietoa, mitä piiriin ohjelma pitää sisällään. Tähän M29F200 piiriin löytyy ohjelmointityökalu [15]. Se ei kuitenkaan tue kyseistä automallia, joten työkalua ei tilattu. Hintaluokka tälle Galletto 2 Masterille on alle 100 €. ZMD U6264ASA on CMOS RAM-työmuistipiiri [16]. Kuvissa 9 ja 10 esitellään ecu:n piirilevyn komponentteja.



Kuva 9. Ecu:n piirilevyn yläpuoli



Kuva 10. Ecu:n piirilevyn alapuoli

3.5 Ohjelmointi testipistokkeen kautta

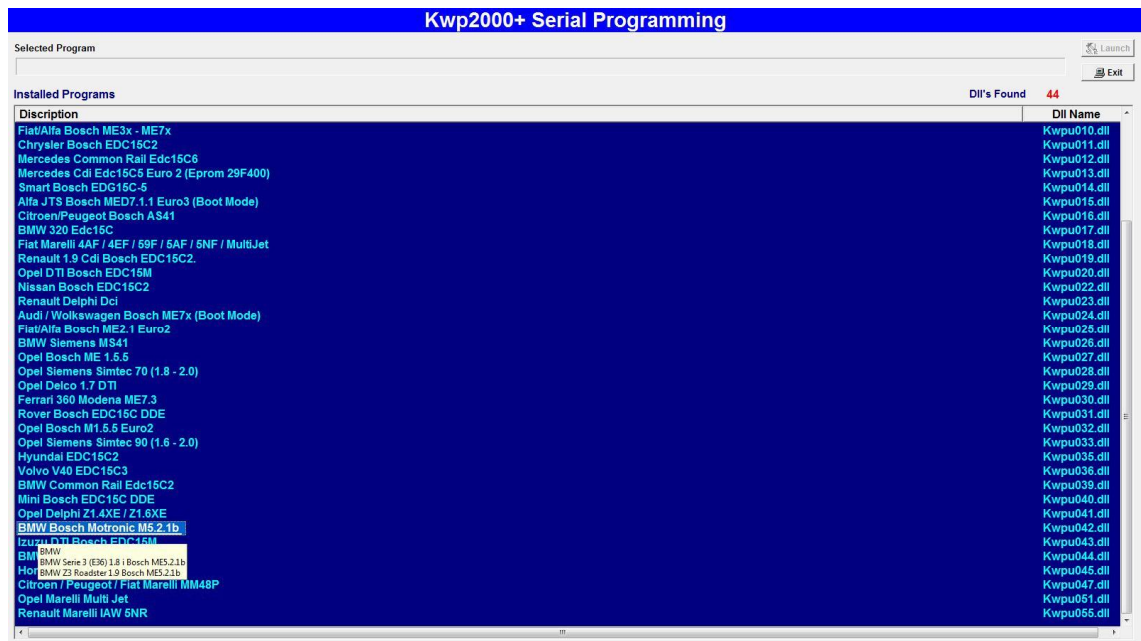
Auton moottoritilassa on 20-napainen pyöreä testipistoke sekä mukitelineen vieressä keskikonsolissa 16-napainen OBD-pistoke. Kummastakin pääsee moottorinohjaukseen sisään, mutta kaikkia ohjainlaitteita ei ole kytketty OBD-pistokkeen kanssa yhteen. Ohjelmointilaitteita, joilla myös pystyy kirjoittamaan Flash-muistin, ei tuntunut löytyvän järkevään hintaan. Kokeiltiin kahta laitetta, jotka ovat esiteltynä kuvassa 11: BMW

Scanner V1.4 ja KWP2000+. Kummatkin laitteet olivat kiinalaisvalmisteisia ja Ebaysta tilattuja. Ammattilaismallit ovat huomattavasti kalliimpia.

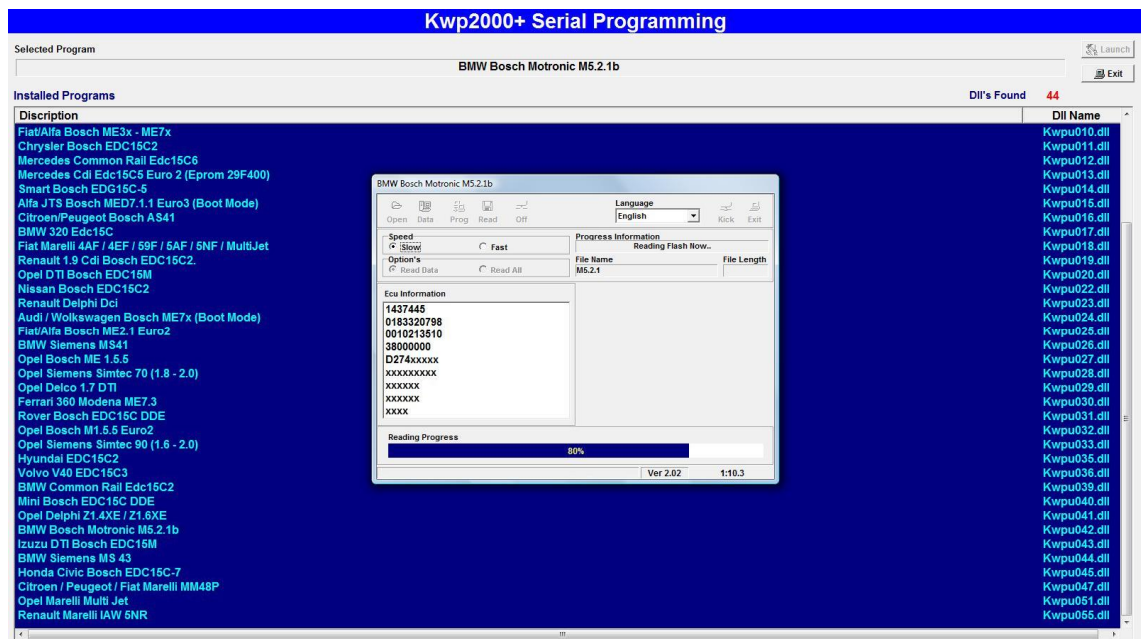


Kuva 11. BMW Scanner ja KWP2000+

KWP2000+-laite ei tukenut tämän automallin ecuja, vaikkakin kyseinen ecu-malli listalta löytyi. Samaa DME 5.21 -ecua (vain 1 kpl) on käytetty myös muissa BMW:n malleissa, kuten 318i (E36), Z3, 730i (E38), 735i (E38) ja 740i (E38). Ensimmäisellä yrityksellä päästiin lukemaan osa ecun muistista. Toisella kerralla ohjelma ei suostunut enää tallentamaan luettua tiedostoa. Ladattiin tiedostonpätkä, joka saatiin luettua ensimmäisellä kerralla WinOlsilla, mutta tiedostosta nähtiin heti, ettei siinä ollut kuin murto-osa sisällöstä. KWP2000+-ohjelmointilaitteesta ei ollut lopulta mitään hyötyä asiassa. Kuvissa 12 ja 13 on KWP2000+-laitteen näkymiä. Laitetta on hyvin helppo käyttää.

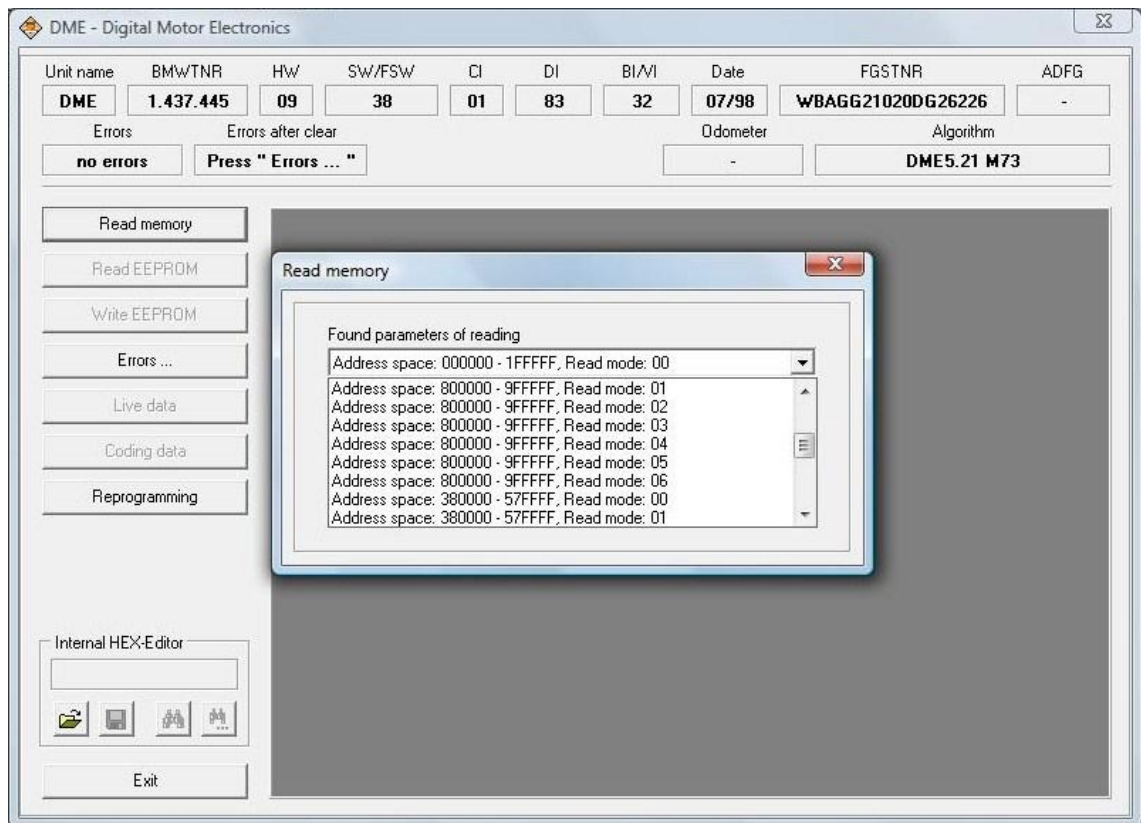


Kuva 12. KWP2000+-ohjelman tukemat automallit



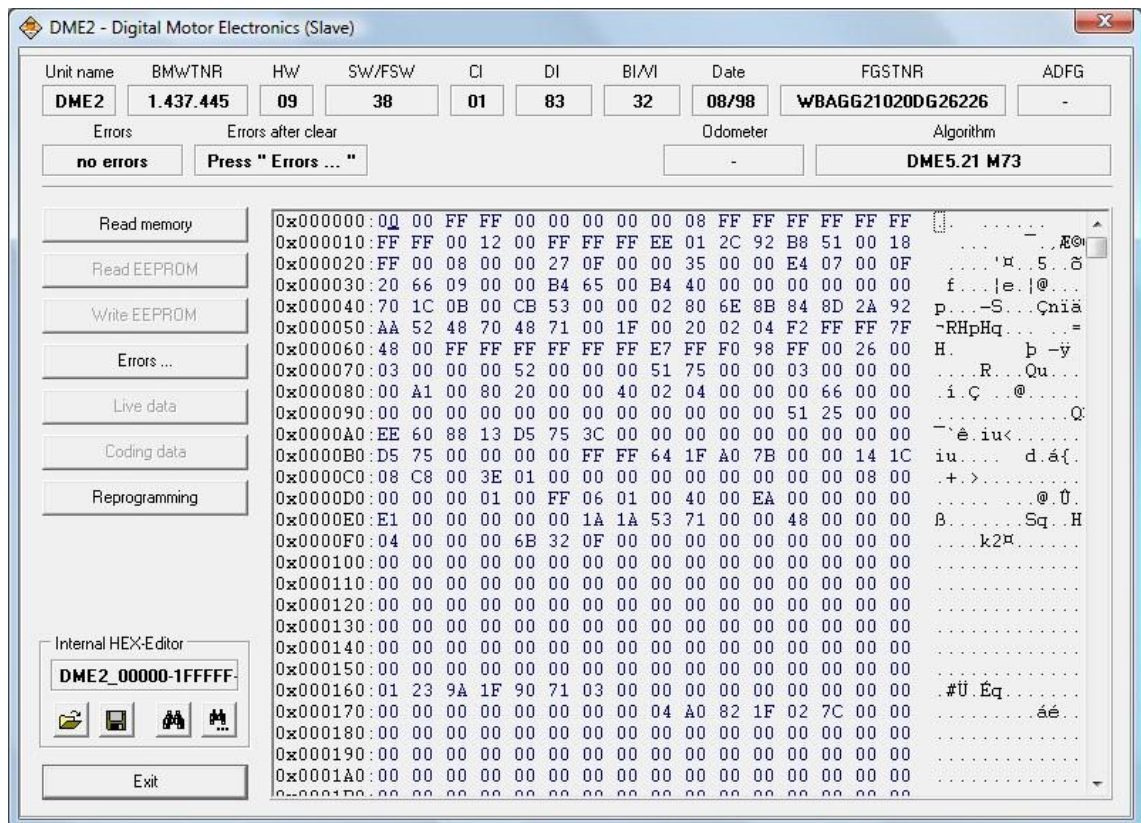
Kuva 13. Piste, johon toisella lukukerralla päästiin ja johon ohjelma sitten kaatui

BMW Scanner toimi lukulaitteena parhaiten, mutta sillä ei pystynyt kirjoittamaan moottorinohjauksen muistia. Myyntimainoksessa kehuttiin muistin ohjelmointia, mikä tarkoitti ilmeisesti vähemmän ohjelmakoodia sisältäviä ecuja, kuten esimerkiksi valot ja keskuselektronikka, joiden toiminta on yksinkertaisempaa. Kuvassa 14 on BMW Scannerin löytämät tiedostot. Ensimmäisen (Read mode: 00) tiedoston luku kesti neljä tuntia, eikä WinOlsilla löytynyt mitään kohtaa, jossa olisi voinut olla moottorinohjauksen karttoja tai nopeudenrajoittimen osuutta. Oli pääteltävissä, että tämäkään ohjelma ei tunnistanut ecun ohjelmaa oikein.



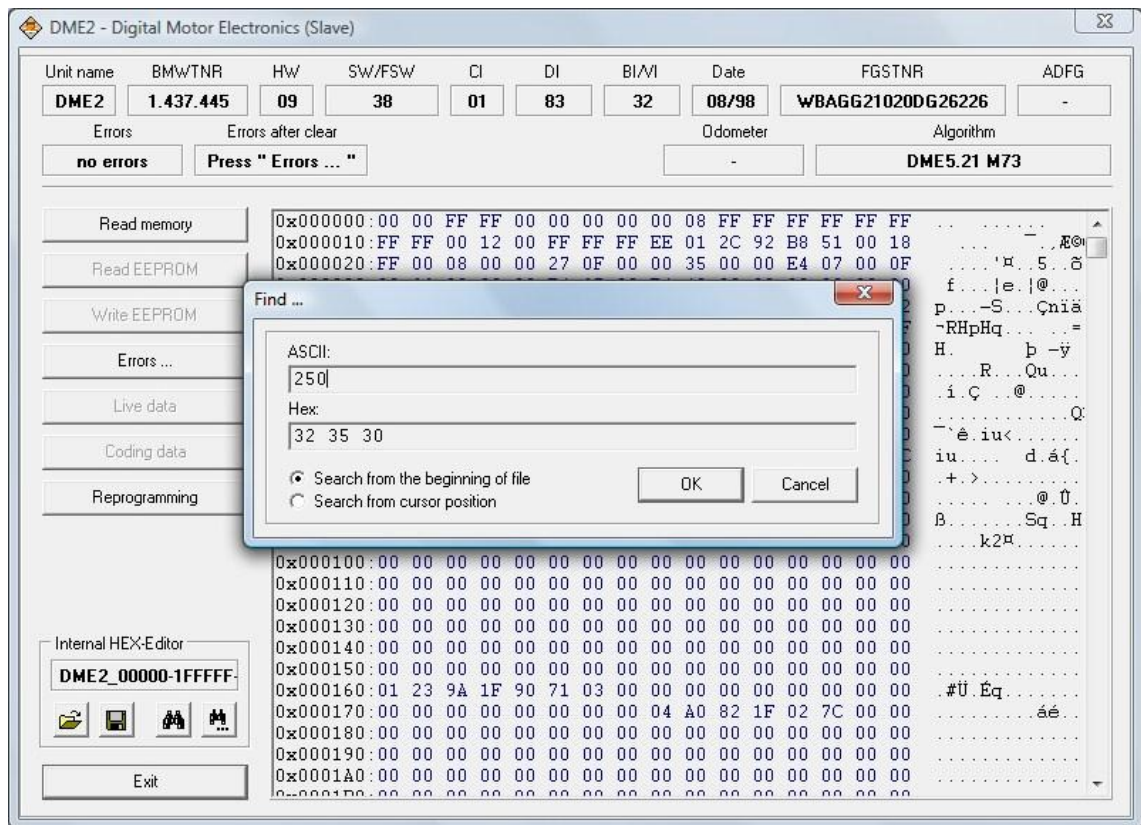
Kuva 14. BMW Scannerin löytämät tiedostot

Kuvassa 15 on näkymä luetusta ohjelmasta heksalukuina.



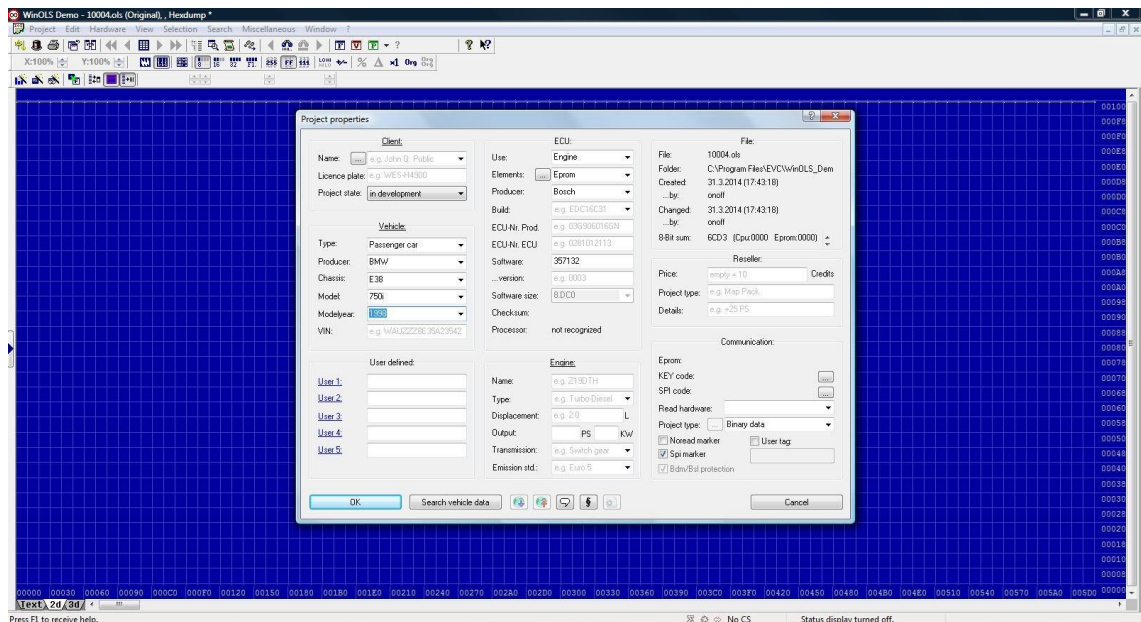
Kuva 15. BMW Scannerilla luettua ohjelmaa

Lauri Eholta (erityisopettaja, Metropolia AMK) saadun tiedon mukaan nopeustieto löytyy useassa automallissa suoraan lukuarvona. Tällä tiedolla yritettiin etsiä sitä ohjelmassa olevan heksaeditorin avulla (kuva 16). Saksasta tilatut ecut on siis ohjelmoitu huippunopeudenrajoittimella nopeuteen 250 km/h. Suoraa lukuarvoa 250 ei koodin joukosta löytynyt.



Kuva 16. Suoran nopeustiedon etsimistä heksaeditorin avulla

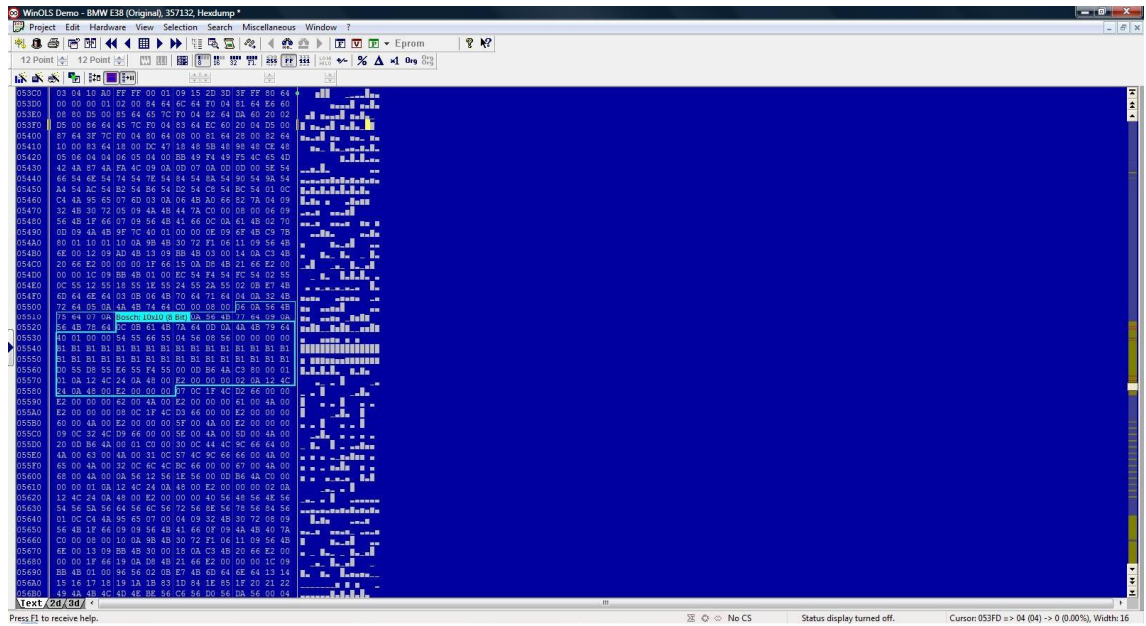
Käytössä on WinOls-testiversio, jolla tiedostot luettiin. WinOls tunnistaa ecujen teksti-tiedostot suoraan. Kuvassa 17 on aloitusvalikko.



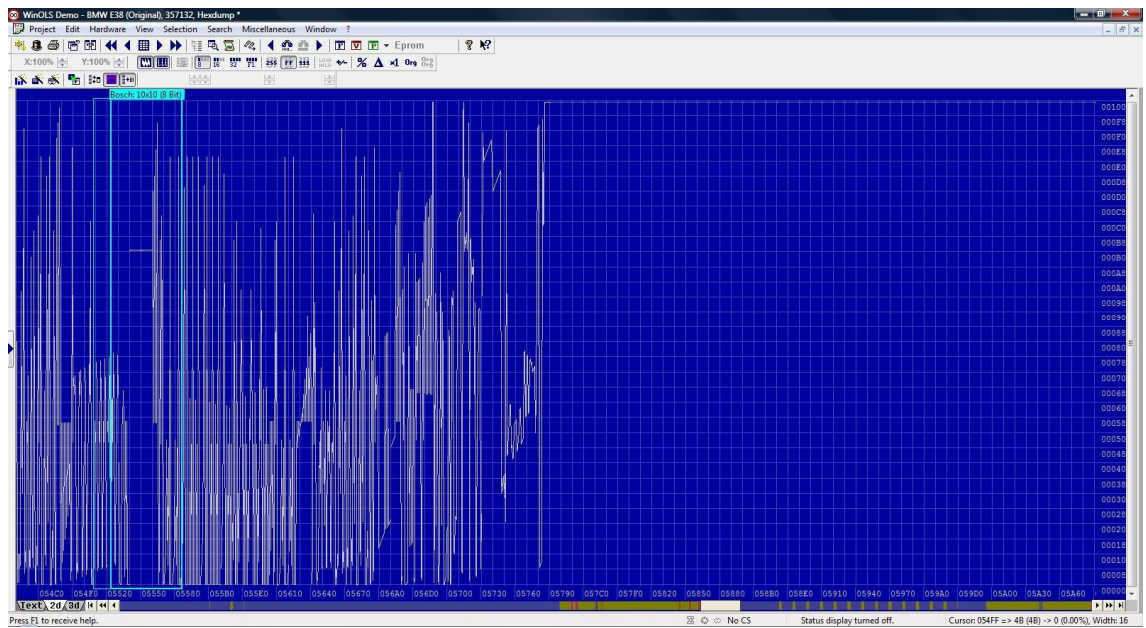
Kuva 17. WinOlsin aloitusruutu, kun uutta tiedostoa avataan ohjelmassa

WinOls tunnistaa Boschin karttaosuudet automaattisesti lukujonon joukosta. Ilman function sheetiä, ohjelmointiohjetta tai tarkkaa asiantuntemusta ohjelman muokkaami-

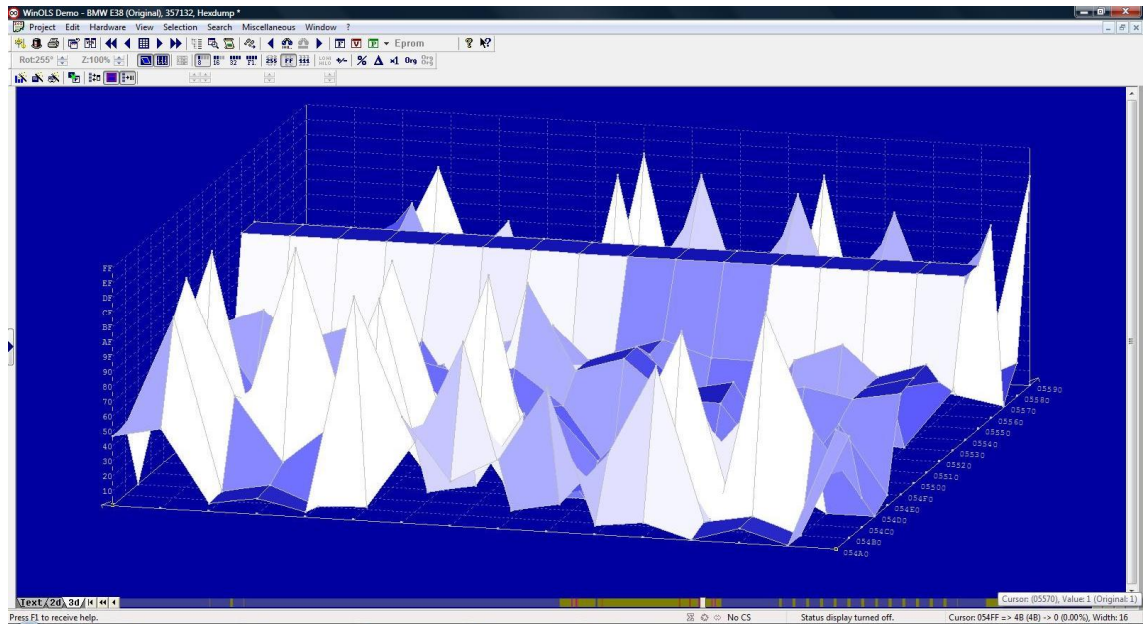
nen on lähes mahdotonta. Kuvissa 18, 19 ja 20 on WinOlsin eri muodoissa olevat näkymät.



Kuva 18. WinOlsin tekstinäkymä

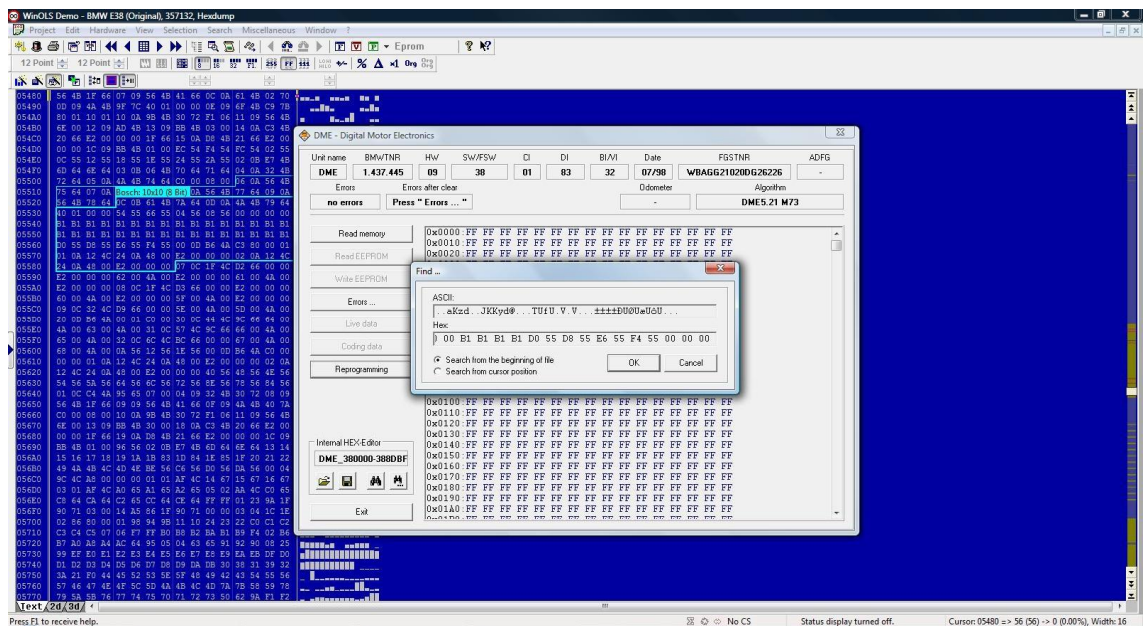


Kuva 19. WinOlsin 2D-näkymä



Kuva 20. WinOLSin 3D-näkymä

Seuraavaksi käännettiin WinOLSin löytämää karttaosuutta BMW Scannerin heksaeditorilla (kuva 21), mutta tulos ei johtanut mihinkään.



Kuva 21. Karttaosuuden kääntämistä BMW Scannerin heksaeditorilla

3.6 ABS-anturin tiedon ohittaminen

Kun ohjelmallista nopeusrajoitinosuutta ei löytynyt, nostettiin auton takapää ylös ja irrotettiin takapyörien ABS-anturien johdot. Takapyörät ilmassa kokeiltiin, kuinka rajoitin toimii ilman nopeustietoa. Silloin selvisi, että nopeus on rajoitettu siten, että vaihdetieto

ja moottorin pyörintänopeus on myös huomioitu. Suurimmalla vaihteella (5.) moottorin kierrosluku rajoittuu nopeuteen n. 4500 rpm ja 4. vaihteella n. 5800 rpm, mikä vastaa huippunopeutta 250 km/h. Huippunopeudenrajoitinta ei voi siis ohittaa nopeustietoa poistamalla.

3.7 Moottorin optimointi

Tarkoituksena oli aluksi, mikäli ohjelmistoon olisi päässyt käsiksi, lisätä moottorin tehoa ja vääntöä dynamometrissä. Tässä tapauksessa, kun sylinterikansia oli madallettu 0,4 mm, jopa tuloksia olisi voinut syntyä. Moottorin hyötysuhde paranee sylinterinkansien madalluksen yhteydessä, koska puristussuhde nousee. Puristussuhteen nosto lisää tehoa ja vääntöä koko käyntinopeusalueella. Polttoainetalouden parantaminen ja päästöjen minimointi olivat myös tärkeät tavoitteet.

4 Yhteydenotot lastutusyrittäjiin

Suomesta ei löytynyt internetsivujen perusteella tähän automalliin perehtyneitä lastuttajia kuin yksi: Chip Tuning Finland. Yritys ei suostunut luovuttamaan tietoa edes korvausta vastaan. Ohjelmatiedosto olisi myös ollut salattu (kryptattu). Nopeudenrajoittimen poisto olisi suoritettu hintaan 450 €, ja pieni optimointi sisältäen rajoittimen poiston olisi maksanut 599 €. Työn seuraaminen olisi ollut sallittua, mutta tiedoston avaaminen tietokoneen näytölle ei olisi ollut mahdollista.

Saksasta löytyi useita tämän automallin ohjelmointiin perehtyneitä yrityksiä. Kysely ei kuitenkaan tuottanut sielläkään tulosta. Odc-tuning ilmoitti tietojen olevan todella salaisia eikä niitä voi luovuttaa ulkopuolisille. CEM-Tuning ilmoitti taas asioiden olevan liikesalaisuuksia ja kehotti olemaan yhteydessä Boschiin. CC-Tuning-yritys ei vastannut yhteydenottoon. SKN-Tuning-yrityksessä puhelua siirrettiin henkilöltä toiselle eikä kukaan uskaltanut ottaa kantaa asiaan. Yllä mainittujen yritysten internetsivuilla ei ollut erikseen mainittu pelkkää nopeudenrajoittimen poistoa, mutta hintataso viritysohjelmoinnille olisi ollut samaa tasoa kuin Suomessa.

5 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia, minkälaiset mahdollisuudet on poistaa huippunopeudenrajoitin ja optimoida moottorinohjausta nykypäivän kallistuvan energian maailmassa teknisesti suhteellisen kehittyneestä automallista. Työn lopputulos oli, että ilman hyviä suhteita lastutusyrittäjiin tai ilman function sheetin (ohjeet, kuinka ohjelma on kirjoitettu) löytämistä ohjelmamuutokset kyseiseen automalliin eivät onnistu. Edelliseen korimalliin (E32) tietoa löytyi paremmin, esimerkiksi mikropiirin vaihto-ohje [17]. Myöskään järkevähintaista harrastajakäyttöön soveltuvaa ohjelmointilaitetta ei ollut saatavilla. Esimerkiksi CMD valmistaa ohjelmointityökaluja [18], mutta hinta on 10 000 €:n luokkaa.

Rahalla ohjelmoinnin voi tietysti ostaa useastakin yrityksestä, mutta silloin ei välttämättä saa sellaisia säätöjä kuin itse haluaa. Vakioecujen ohjelman muokkaaminen ja siihen tiedon saaminen on lähes mahdotonta. Toisin sanoen auton moottorinohjausyksiköiden säätäminen harrastustoimintana on hyvin vaikeaa. Kyseisen automallin ohjelmointia suunnittelevat aloittelijat voivat hyödyntää tätä työtä alkutietolähteenä.

Lähteet

- 1 BMW 7er (Modell E38). 2012. Verkkodokumentti. 7-forum.com. <<http://www.7-forum.com/modelle/e38/index.php>>. Letzte Bearbeitung dieser Seite 02.02.2012. Luettu 4.4.2014.
- 2 Es hat zwölf geschlagen. 2006. Verkkodokumentti. 7-forum.com. <<http://www.7-forum.com/modelle/e32/v12-entwicklung1.php>>, <<http://www.7-forum.com/modelle/e32/v12-entwicklung2.php>>. Letzte Bearbeitung dieser Seite 27.04.2006. Luettu 5.4.2014.
- 3 BMW Tietoutta. Verkkodokumentti. BMW Club. <<http://bmwclub.fi/fi/engines/m70/index.html>>. Luettu 4.4.2014.
- 4 Die Erfolgsgeschichte der BMW 12-Zylinder Motoren. 2006. Verkkodokumentti. 7-forum.com. <<http://www.7-forum.com/modelle/v12-geschichte.php>>. Letzte Bearbeitung dieser Seite 23.06.2006. Luettu 4.4.2014.
- 5 M73 Engine. 1995. Verkkodokumentti. BMW of North America, Inc. Service Training Department. <<http://www.wuffer.ca/MyFiles/M73TechBrief.pdf>>. Reprinted 6/95. Luettu 15.3.2014.
- 6 Technische Daten BMW 7er (E38). 2008. Verkkodokumentti. 7-forum.com. <http://www.7-forum.com/modelle/e38/technische_daten.php>. Letzte Bearbeitung dieser Seite 17.01.2008. Luettu 5.4.2014.
- 7 BUS SYSTEM TROUBLESHOOTING. 2001. Verkkodokumentti. <<http://www.e38.org/bussystem.pdf>>. Revision Date: 1/23/01. Luettu 6.4.2014.
- 8 EML IIIs. Verkkodokumentti. <http://prodcds.bmwuniversity.com/library/bmw/Technician/Archived%20Courses/ST055%20Engine%20Electronics_archive%2011-05/5%20EML%20IIIs.pdf>. Luettu 6.4.2014.

- 9 M5.2.1. Verkkodokumentti.
<http://prodcds.bmwuniversity.com/library/bmw/Technician/Archived%20Courses/ST055%20Engine%20Electronics_archive%2011-05/4%20M5-2-1.pdf>.
Luettu 6.4.2014.
- 10 Audi S4 130 MPH Speed Limiter. Verkkodokumentti. Ned Ritchie.
<http://www.intendedacceleration.com/tip_9.html>. Luettu 1.4.2014.
- 11 Aktive Sicherheit. 2007. Verkkodokumentti. 7-forum.com. <http://www.7-forum.com/modelle/e38/aktive_sicherheit.php>. Letzte Bearbeitung dieser Seite 06.12.2007. Luettu 1.4.2014.
- 12 Sicherheitssystem im BMW 7er, Modell E38; Passive Sicherheit. 2006. Verkkodokumentti. 7-forum.com. <http://www.7-forum.com/modelle/e38/passive_sicherheit.php>.
Letzte Bearbeitung dieser Seite 17.04.2006. Luettu 1.4.2014.
- 13 87C196CB 20 MHz Advanced 16-Bit CHMOS Microcontroller with Integrated CAN 2.0. 2004. Verkkodokumentti. Intel Corporation.
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/528909/INTEL/AS87C196CB20.html>>. Päivitetty 8/2004.
Luettu 28.3.2014.
- 14 M29F200BT/M29F200BB 2 Mbit (256Kb x8 or 128Kb x16, Boot Block) Single Supply Flash Memory. 1999. Verkkodokumentti. STMicroelectronics.
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/22993/STMICROELECTRONICS/M29F200.html>>. Päivitetty 10/1999.
Luettu 1.3.2014.
- 15 FGTECH galletto 2 master ECU Chip Tuning. Verkkodokumentti. ADKautoscan.com
<http://www.adkautoscan.com/download/adkautoscan_PDF/FGTECH%20galletto%202%20master%20ECU%20Chip%20Tuning.pdf>. Luettu 15.2.2014.
- 16 U6264ASA07 Automotive 8K x 8 SRAM. 1997. Verkkodokumentti. Zentrum Mikroelektronik Dresden GmbH. <<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/152434/ZMD/U6264ASA07.html>>. Päivitetty 12.12.1997. Luettu 2.3.2014.

- 17 BMW E31 / E32. High Performance Chip. Installation instruction. Verkkodokumentti. <http://www.wokke.de/Chiptuning/Chip_Installation.htm>. Luettu 6.4.2014.
- 18 CMD. Flashtec-yrityksen verkkosivu. <<http://www.flashtec.ch/>>. Luettu 7.4.2014.

Kiitokset

Kiitän lämpimästi Anitta Liinamaata puheluista saksalaisiin yrityksiin.