



DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR
GÉPÉSZMÉRNÖKI TANSZÉK

UNIVERSITY OF DEBRECEN
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

GÉPJÁRMŰVEK SZOFTVER
MÓDOSÍTÁSA JOBB TELJESÍTMÉNY
ÉRDEKÉBEN
SZAKDOLGOZAT

Név Hári Henrik-Zoltán
Gépjárműtechnikai specializáció

Debrecen

2026

SZAKDOLGOZAT

feladatkiíró lap

Hari Henrik Zoltán

gépészmérnöki alapszak, nappali tagozat, gépjárműtechnikai specializáció

Gépjárművek szoftvermódosítása a jobb teljesítmény érdekében

MEGOLDANDÓ RÉSZFELADATOK:

1. Mutassa be a gyári szoftver működését a gépjárművön!
2. Határozza meg a szoftvermódosítás lépéseit!
3. Mutassa be azokat az adatokat, amelyek átalakításra kerülnek!
4. Elemezze a különbségeket a gyári és a javított szoftverek között!

A feladat megoldásához szükséges adatokat, műszereket és gyakorlati segítséget a konzulens biztosítja.

KONZULENS:

Szappanos Tamás Dániel
Energetikai mérnök
S.C. Faist Mekatronik SRL

TÉMAVEZETŐ:

Tamás-Péter Tibor
Óraadó oktató
Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszék

BEADÁSI HATÁRIDŐ:

2026. május 7. 12 óra

Debrecen, 2026. február 25.



Dr. Mankovits Tamás
tanszékvezető

NYILATKOZATOK

Plágium-nyilatkozat

Alulírott *Hári Henrik Zoltán (LR13NL)* jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a

Gépjárművek szoftver módosítása jobb teljesítmény érdekében
című szakdolgozat

(a továbbiakban: dolgozat) önálló munkám, a dolgozat készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. tv. szabályait, valamint az egyetem által előírt, a dolgozat készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.

Kijelentem továbbá, hogy a dolgozat készítése során az önálló munka kitétel tekintetében a konzulens, illetve a feladatot kiadó oktatót nem tévesztettem meg.

Kijelentem, hogy az elektronikusan feltöltött és a papír alapú dokumentum mindenben megegyezik. (TVSZ 24.§ (8). alapján)

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy a dolgozatot nem magam készítettem vagy a dolgozattal kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Debreceni Egyetem megtagadja a dolgozat befogadását és ellenem fegyelmi eljárást indíthat.

A dolgozat befogadásának megtagadása és a fegyelmi eljárás indítása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

.....

hallgató

Debrecen, dátum

Elfogadási nyilatkozat

Ezen szakdolgozat a Debreceni Egyetem Műszaki Kar Gépészmérnöki Tanszéke által a szakdolgozat feladatokra előírt valamennyi tartalmi és formai követelménynek, továbbá a feladatkiírásban előírtaknak maradéktalanul eleget tesz. E szakdolgozatot a bírálatra és nyilvános előadásra alkalmasnak tartom.

A beadás időpontja: 2026.05.07

TANÁRS-PETER TIBOR 

témavezető

1	Bevezető.....	1
2	Gyári szoftver működése a gépjárművön.....	2
2.1	Működési elve	3
2.2	Fontossága a gyártás és karbantartás szempontjából	6
2.3	Példa a működésre	7
2.4	Gépjármű diagnosztika	10
3	Szoftver módosítás lehetőségei.....	11
3.1	Obd olvasás	12
3.2	Boot.....	14
3.3	Bench	16
3.4	A módosítás kockázatai	18
3.5	Hatásai az autóra nézve.....	20
4	Adatok amelyek át alakításra kerülnek	26
4.1	Gázpedál térkép	27
4.2	Turbónyomás.....	29
4.3	Overboost.....	31
4.4	Nyomaték limiter	32
4.5	Injektálás limit map szenzor (manifold air pressure) által	33
4.6	Injektálás kezdés (btdc).....	34
4.7	Injektálási idő (injektor nyitvatartási idő).....	35
5	Különbség a gyári és a javított szoftver között	36
5.1	A szoftvermódosítás előnyei.....	38
6	Összegzés és saját szakmai következtetések.....	39
6.1	Saját szakmai tapasztalat alapján.....	41
	Irodalomjegyzék	42
	ÖSSZEFOGLALÓ	43
	SUMMARY OF THESIS.....	44

1 Bevezető

A 21. század gépjárműipara hatalmas technológiai átalakuláson megy keresztül, amelynek egyik meghatározó jellemzője az elektronikus vezérlőrendszerek rohamos fejlődése. Míg korábban a járművek teljesítménye és viselkedése főként mechanikus megoldásokon alapult, napjainkban a legtöbb funkciót szoftveresen vezérelt elektronikus egységek (ECU – Engine Control Unit, illetve más vezérlőmodulok) szabályozzák. A járművek működése – ideértve a motorvezérlést, a sebességváltást, a kipufogógáz-kezelést és még számos egyéb rendszert – egyre inkább algoritmusokra és programozott logikákra épül. Ez új lehetőségeket biztosít a járművek testreszabására, különösen a teljesítmény optimalizálás terén.

A vezérlőszoftver módosítása, közismert nevén chiptuning vagy ECU-tuning, egy olyan folyamat, amely során a gyártó által meghatározott szoftveres paramétereket módosítják a motorvezérlő egységben, annak érdekében, hogy javuljon a jármű teljesítménye, gyorsulása, esetenként az üzemanyag-hatékonysága. A módosításokkal elérhető előnyök azonban nem csupán a nagyobb motorerőben vagy nyomatékban nyilvánulnak meg, hanem a vezetési élmény, a jármű reakcióideje, sőt, bizonyos esetekben a megbízhatóság és az élettartam optimalizálása is megcélozható.

Ez a szakdolgozat célul tűzi ki a gépjárművek szoftveres módosításainak részletes bemutatását, különös figyelmet fordítva a technikai háttérre, a módosítás során alkalmazott eljárásokra, valamint az elérhető eredményekre. A dolgozat áttekinti a leggyakrabban módosított szoftveres paramétereket (pl. befecskendezési idő, turbónyomás, gyújtási időzítés), bemutatja a chiptuning különböző típusait (pl. OBD, bench, boot), valamint elemzi azok hatását a motor viselkedésére.

2 Gyári szoftver működése a gépjárművön

Egy modern gépjármű működésének alapját az elektronikus vezérlőegység (ECU – Electronic Control Unit) biztosítja, amely a motor és a kapcsolódó rendszerek „agya” szerepét tölti be. Ez a mikroprocesszoros egység folyamatosan figyeli a motor működését, feldolgozza a különböző érzékelőktől érkező adatokat, majd ezek alapján vezérli a motor fő funkcióit. Az ECU feladata, hogy a motor minden üzemállapotban hatékonyan, megbízhatóan és biztonságosan működjön, miközben megfelel a fogyasztási, teljesítményi és emissziós követelményeknek. [2]

A gyári szoftver a motorirányítás központi eleme, amely több száz vagy akár több ezer különálló térképet és algoritmust tartalmaz. Ezek a térképek határozzák meg többek között az üzemanyag-befecskendezés mennyiségét, időzítését, a turbófeltöltő működését, a levegőáramlást szabályozó elemek állását, valamint az emissziós rendszerek – például az EGR, a részecskeszűrő (DPF) vagy az SCR-rendszer – működését. A szoftver minden egyes pillanatban a szenzorokból származó adatok alapján dönt arról, hogy a motor milyen beavatkozásokat végezzen: például mennyi üzemanyagot fecskendezzen be, mekkora töltőnyomást állítson elő, vagy hogyan szabályozza a kipufogógáz visszavezetést. [2]

A gyári ECU-működés célja, hogy a motor minden körülmény között stabil teljesítményt, optimális fogyasztást és minimális környezetterhelést biztosítson. Ehhez az ECU folyamatos visszacsatolást használ, vagyis a rendszer valós időben korrigálja a befecskendezési időket, a rail pressure értékeket, az EGR-szelep nyitását vagy a turbóvezérlést annak érdekében, hogy az előírt határértékeken belül maradjon. A gyártók a szoftvert úgy tervezik meg, hogy az extrém körülmények – például nagy meleg, rossz minőségű üzemanyag, magas futásteljesítmény vagy hidegindítás – esetén is megbízhatóan működjön, és ne lépje túl a motor szerkezet határait. Mit vezérel egy adott gépjárműben?

Az ECU általában a következő fő részeket felügyeli:

- Üzemanyag-befecskendezés: mennyi üzemanyag kerüljön az égéstérbe.
- Gyújtásidőzítés: mikor gyulladjon be az üzemanyag/levegő keverék.
- Levegő-üzemanyag arány szabályozása: hogy optimális legyen a motor teljesítménye és emissziója.

- Üresjárat szabályozás, változó szelepvezérlés és más finomabb motorvezérlési funkciók.
- Diagnosztika, biztonsági és emisszió-funkciók: pl. hibaérzékelés, hibatárolás.

2.1 Működési elve

1. Szenzorok beolvasása

Az ECU működésének első és egyik legfontosabb lépése a különböző szenzoroktól érkező adatok folyamatos beolvasása. Ezek az érzékelők valós időben szolgáltatnak információt a motor aktuális állapotáról és a környezeti feltételekről. A rendszer ilyen adatokat gyűjt többek között a hűtőfolyadék hőmérsékletéről, a beszívott levegő mennyiségéről és hőmérsékletéről, a töltőnyomásról, a főtengely és vezérműtengely fordulatszámáról, valamint a gázpedál pozíciójáról. Az ECU ezeket az adatokat rendkívül gyors mintavételezéssel dolgozza fel, gyakran másodpercenként több száz alkalommal. A beérkező információk alapján a motorvezérlő meghatározza a szükséges beavatkozásokat – például a befecskendezés mennyiségét, időzítését vagy a turbónyomást –, így biztosítva a motor hatékony, stabil és biztonságos működését minden üzemi körülmény között. [2]

2. Adatok feldolgozása

A szenzoroktól érkező jelek beolvasása után az ECU ezeket az adatokat különféle szoftveres táblázatok (map-ek) és vezérlési algoritmusok alapján értékeli ki. A motorvezérlő több ezer előre meghatározott összefüggést használ, amelyek meghatározzák, hogy az adott hőmérséklet-, levegőtömeg-, fordulatszám- vagy terheléserőterekhez milyen befecskendezési mennyiség, turbónyomás vagy időzítés tartozzon. Például a rendszer dönthet úgy, hogy ha a beszívott levegő tömege eléri az adott X értéket, és a fordulatszám Y tartományban van, akkor a befecskendezés Z mennyiségre álljon. Az ECU ezen kívül figyelembe veszi a biztonsági határolókat is, mint a maximális nyomatékhatárt, hőmérsékletvédelmet vagy a túlnyomás-védelmet, és ezek alapján állítja be a motor működését úgy, hogy az hatékony és egyúttal biztonságos legyen. [2]

3. Aktuátorok vezérlése

Az ECU egyik legfontosabb feladata az aktuátorok működtetése, vagyis azoknak a végrehajtó elemeknek a vezérlése, amelyek közvetlenül befolyásolják a motor működését. Az aktuátorok az ECU által számított parancsokat hajtják

vége, amelyek a különböző érzékelők által szolgáltatott információk, a motor üzemállapota és a kalibrációs táblázatok alapján jönnek létre. Ezek az aktuátorok biztosítják, hogy a motor a kívánt módon reagáljon a vezető igényeire, valamint teljesítse a teljesítményi, fogyasztási és emissziós követelményeket.

Az ECU többek között az alábbi aktuátorokat vezérli:

Üzemanyag-injektorok – a befecskendezés időzítését (SOI), időtartamát (duration) és mennyiségét szabályozzák. Az ECU mikro-másodperces pontossággal határozza meg az injektor nyitásának idejét, igazítva azt a terheléshez, a fordulatszámhoz, a levegő tömegéhez és a környezeti viszonyokhoz. A dízelmotoroknál több elő-, fő- és utóbefecskendezés is történhet, amelyeket mind az ECU koordinál az optimális égés érdekében. [2]

Turbófeltöltő szabályozása – a turbó geometriáját (VNT aktuátor) vagy a wastegate szelepet vezérli. Az ECU meghatározza a kívánt töltőnyomást, és az aktuátor mozgásával növeli vagy csökkenti a turbó által biztosított levegő mennyiségét. A töltőnyomás-szabályzás rendkívüli precizitást igényel, hiszen közvetlen hatása van a motor teljesítményére és a hőterhelésre is. [2]

Pillangószelep (throttle body) – bár dízelmotoroknál nem primer keverékképző elem, az ECU a kipufogógáz visszavezetés érdekében szabályozhatja a pillangószelep állását, így előidézve a szükséges nyomáskülönbséget az EGR számára. Emellett motorleállításkor és bizonyos regenerációs folyamatoknál is fontos szerepe van. [2]

EGR-szelep és EGR-hűtő bypass – a kipufogógáz-visszavezetést vezérli, amely kulcsfontosságú a NOx-emisszió csökkentésében. Az ECU folyamatosan számolja, hogy az adott terhelésnél és hőmérsékletnél mekkora kipufogógáz-arány szükséges az optimális emisszióhoz és égési hőmérséklethez.

Üzemanyag-szivattyú és rail pressure szelep – a közös nyomócsöves (common rail) rendszerben az ECU pontosan meghatározza a szükséges üzemanyag-nyomást. A rail pressure akár 1600–2000 bar tartományban változhat, amelyet finomhangolással szabályoz a motor különböző üzemi feltételei szerint. Váltó vezérlése (automata váltós járműveknél) – az ECU koordinálja a motor működését a váltóvezérlő egységgel, biztosítva az optimális kapcsolási pontokat, a nyomatékcsökkenést és a sima váltásokat. A folyamat lényege, hogy minden aktuátor vezérlése egy időben és összhangban történik. Például ha az ECU növeli a befecskendezett mennyiséget, akkor ehhez igazítja a turbónyomást, a rail pressure értéket, valamint szükség esetén módosítja az injektálás időzítését is. A modern motorvezérlés tehát egy összetett, többváltozós folyamat, ahol minden beavatkozás hatással van a rendszer más elemeire is. [2]

Az aktuátorok precíz és gyors vezérlése nélkül a motor nem lenne képes a modern emissziós előírásokat, az alacsony fogyasztást és a magas teljesítményt egyszerre teljesíteni. A fejlett ECU-stratégiák biztosítják, hogy a motor minden körülmény között hatékonyan működjön, és elősegítik a tartós, megbízható üzemet. [2]

4. Zárt hurok (closed-loop) szabályozás

A zárt hurkú (closed-loop) szabályozás olyan üzemmód, amelyben az ECU folyamatos visszacsatolást kap a motor különböző érzékelőitől, és ezek alapján dinamikusan korrigálja a működési paramétereket. A legfontosabb visszacsatolási jel a benzinmotoroknál az oxigén- vagy lambda-szonda jele, amely a kipufogógáz oxigéntartalmát méri, és ezzel közvetlen információt ad a levegő–üzemanyag arányról (AFR). Bár dízelmotoroknál a lambda-szonda nem minden üzemi tartományban aktív, a modern rendszerek egyre több closed-loop folyamatot használnak az emisszió csökkentése érdekében.

A zárt szabályzás célja, hogy az ECU a mért értékek alapján folyamatosan korrekciókat végezzen, így tartva a keveréket és egyéb motorparamétereket az előírt határértékek mellett. Ennek eredményeképpen a motor működése hatékonyabbá, tisztábbá és egyenletesebbé válik. A rendszer a lambda-szonda jele alapján módosítja a befecskendezett üzemanyag mennyiségét, hogy biztosítsa az optimális égést, növelje a katalizátor hatékonyságát, és megfeleljen az emissziós normáknak, például az Euro 5–6 előírásoknak. Dízelmotoroknál a closed-loop szabályozás része lehet az EGR-szelep működtetése, a DPF-terhelés figyelése, a rail pressure finomhangolása, valamint az égéstérben történő keverékképzés optimalizálása is. [2]

Closed-loop üzemmódban a motorvezérlő olyan paramétereket korrigál, mint:

- befecskendezett üzemanyag mennyisége (IQ korrekciók)
- rail pressure minimális eltéréseinek kompenzálása
- EGR-szelep pozíciója a NOx csökkentése érdekében
- emisszió visszacsatolása (NOx-szenzor, lambda-szenzor)
- DPF-regeneráció vezérlése a kipufogógáz-hőmérséklet alapján

A zárt körű szabályzás egyik legnagyobb előnye, hogy képes kompenzálni az üzemanyag minőségének változását, a levegő hőmérsékletét, a nyomásviszonyokat vagy a motor természetes kopását. Zárt hurok működés nélkül a motor egy fix értékre támaszkodna, ami sokkal nagyobb emissziót, rosszabb égést és magasabb fogyasztást eredményezne. [2]

Ezért a closed-loop elengedhetetlen része minden modern motorirányításnak: biztosítja, hogy a jármű mindig az adott pillanatnyi körülményekhez igazodva működjön, miközben teljesíti az emissziós és fogyasztási követelményeket. [2]

5. Nyílt hurok (open-loop) szabályozás

Nyílt hurkú üzemmódban (open-loop) az ECU nem használ visszacsatolást az érzékelőktől – például nem veszi figyelembe a lambda-szenzor jelét –, hanem előre meghatározott táblázatok (map-ek) alapján határozza meg az üzemanyag-befecskendezés, a turbónyomás és az égési időzítés értékeit. Ilyenkor a motor működése teljes mértékben a kalibrációs adatokra támaszkodik: meghatározott gázpedál-, nyomaték-, töltőnyomás-, és befecskendezési táblázatok szerint történik a vezérlés, visszacsatolás és korrekció nélkül. Ez az üzemmód jellemzően nagy terhelésnél, gyors gyorsításkor, illetve hidegüzemben aktív, amikor az ECU számára fontosabb a maximális teljesítmény vagy a stabil működés, mint az emissziós rendszer által megkövetelt keverékkorrekció. [2]

6. Hiba detektálás és diagnosztika

Ha a szenzorok vagy aktuátorok jelei nem megfelelőek, az ECU hibakódot generál, és jelezheti az „ellenőrző motor” lámpán keresztül.

2.2 Fontossága a gyártás és karbantartás szempontjából

A modern járművek működésében az ECU szoftvere kulcsfontosságú szerepet tölt be, mivel a motor teljesítményét, hatékonyságát és emissziós értékeit döntően ez a rendszer határozza meg. A gyártási folyamat során a motorvezérlő szoftverének kalibrálása rendkívül összetett feladat, amelyben figyelembe kell venni a motortípus sajátosságait, az üzemanyag-minőséget, a hőmérsékleti és terhelési tartományokat, valamint a célpiac emissziós és környezetvédelmi előírásait. A gyártók olyan beállításokat alkalmaznak, amelyek nemcsak a teljesítményt optimalizálják, hanem a hosszú távú megbízhatóságot és a jogszabályi megfelelést is biztosítják. [5]

A karbantartás szempontjából szintén kiemelten fontos az ECU megfelelő működése. Mivel a motorvezérlés nagymértékben támaszkodik a különböző szenzorok – például a levegőhőmérséklet-, hűtőfolyadék-hőmérséklet-, töltőnyomás-, lambda-, és EGR-pozíciószenzor – adataira, bármely szenzor hibája komoly teljesítménycsökkenést, magas fogyasztást vagy akár emissziós értékek

drasztikus romlását is eredményezheti. A hibás vagy pontatlan jelek hatására az ECU rossz döntéseket hozhat, ami rendellenes égési folyamatokat, túl magas hőterhelést, füstképződést vagy a DPF gyorsabb eltömődését okozhatja. [5]

A karbantartás során nem csak a fizikai alkatrészek állapotára kell figyelni, hanem a szoftver frissességére is. A modern járművekben egyre elterjedtebb a távolról végezhető szoftverfrissítés, az úgynevezett „Firmware Over-The-Air” (FOTA), amely lehetővé teszi, hogy a gyártó javításokat, optimalizálásokat vagy biztonsági frissítéseket küldjön a jármű ECU-jára anélkül, hogy a járművet szervizbe kellene vinni. Ez különösen fontos a hibajavítások, a motorvédelem finomhangolása vagy a kibocsátási funkciók aktualizálása szempontjából.

A gyári szoftver tehát szerves része a jármű élettartamának és megbízhatóságának: a megfelelően kalibrált ECU nemcsak az optimális teljesítményt biztosítja, hanem hozzájárul a motor hosszú távú élettartamához, a garanciális feltételek teljesüléséhez és az emissziós előírások betartásához is. Ezért a gyártók és a karbantartók számára egyaránt kiemelt fontosságú a rendszer pontos működésének nyomon követése és szükség esetén annak szakszerű frissítése vagy korrekciója. [2]

2.3 Példa a működésre

A gyári ECU működésének egyik legegyszerűbb, mégis szemléletes példája a gyorsítás folyamata, amikor a vezető lenyomja a gázpedált. Ilyenkor az események egy jól meghatározott sorrendben zajlanak le, amely a modern motorvezérlési rendszerek összetettségét és precizitását mutatja. [1]

Amikor a vezető lenyomja a gázpedált, a pedál-helyzet-szenzor – amely általában kettős jeladással rendelkezik a biztonság érdekében – azonnal elektromos jelet küld az ECU felé. Ez a jel nem közvetlenül a fojtószelep állását határozza meg, hanem a vezető nyomatékigényét fejezi ki, amelyet az ECU úgynevezett „driver wish” vagy gázpedál-térkép alapján interpretál.

Ezt követően az ECU figyelembe veszi a motor aktuális üzemi paramétereit: a fordulatszámot, a beszívott levegő tömegét, hőmérsékletét, a töltőnyomást, a hűtőfolyadék hőfokát, valamint a motor terhelési állapotát. Ezeket az értékeket folyamatosan összeveti a szoftverben tárolt kalibrációs térképekkel, amelyek meghatározzák, hogy egy adott helyzetben mennyi levegő áll rendelkezésre, és ehhez mennyi üzemanyag fecskendezhető be a megfelelő égés érdekében. [1]

Az ECU ezután kiszámítja a szükséges befecskendezési mennyiséget és az injektorok nyitási idejét (duration), továbbá meghatározza az előbefecskendezés (SOI – Start of Injection) időpontját, hogy az égési folyamat hatékony és tiszta legyen. Benzinmotor esetén ekkor számítja ki a gyújtás időzítését is, míg dízelmotoroknál a befecskendezés időpontja és mennyisége határozza meg az égés karakterisztikáját. Ezzel párhuzamosan az ECU beavatkozik a különféle aktuátorok működésébe: szabályozza a turbógeometriát vagy a wastegate szelep állását a megfelelő töltőnyomás érdekében, állítja a pillangószelep pozícióját (ha szükséges), és esetenként módosítja az EGR-szelep nyitását is az optimális emissziós értékek fenntartásához. A rendszer ezeknek a beavatkozásoknak az összehangolásával éri el, hogy a motor gyorsan, finoman és hatékonyan reagáljon a vezető utasítására. [1]

A kipufogórendszerben elhelyezett oxigén- vagy lambda-szenzor folyamatos visszacsatolást biztosít az ECU számára. Ha a keverék eltér az ideális égési aránytól (például dúsabb vagy szegényebb), az ECU azonnal korrigálja a befecskendezett üzemanyagot vagy egyéb paramétereket. Dízelmotoroknál a lambda-szonda szerepe kevésbé hangsúlyos, de a modern rendszerekben a NOx-szenzorok, DPF-hőmérséklet-szenzorok és egyéb emissziós érzékelők is részt vesznek a zárt hurkú szabályzásban. A teljes folyamat mindössze néhány ezredmásodperc alatt zajlik le, ami lehetővé teszi, hogy a motor működése a vezető számára teljesen észrevétlenül, mégis rendkívül precízen és hatékonyan történjen. [1]

A járművek motorvezérlő rendszereinek módosítása, különösen a chip tuning, közvetlen hatással lehet a jármű kibocsátására és emissziós megfelelőségére. A modern dízelmotorok fejlesztése során a gyártók szigorú európai környezetvédelmi előírásoknak kötelesek megfelelni, amelyek meghatározzák az egyes szennyezőanyagok (NOx, PM, CO, HC) megengedett határértékeit. Ezen szabványok közül a jelenleg használatos legfontosabbak az Euro 5 és Euro 6 normák. Az Euro 5 (2009-től), majd az Euro 6 (2014-től) jelentős mértékben csökkentette a dízelmotorok megengedett kibocsátását, különösen a részecskeszennyezés (PM) és a nitrogén-oxidok (NOx) tekintetében. A gyártók ezért fejlett kipufogógáz-utókezelő rendszereket alkalmaznak, amelyek megfelelő működése elengedhetetlen a jogszabályi megfeleléshez. [1]

A dízelmotoros járművek egyik legfontosabb emissziós egysége a részecskeszűrő (DPF – Diesel Particulate Filter). A DPF feladata a kipufogógázban található mikroszkopikus koromszemcsék felfogása és tárolása, majd meghatározott körülmények között (regeneráció során) azok elégetése. Ha a motorvezérlés módosítása miatt több üzemanyag kerül befecskendezésre, vagy a

keverékképzés kevésbé tökéletes, a motor nagyobb mennyiségű kormot termelhet, ami gyorsabban telíti a részecskeszűrőt. Ez hosszabb távon a DPF eltömődéséhez, megnövekedett kipufogási ellenálláshoz, teljesítményvesztéshez és akár mechanikai károsodáshoz is vezethet. Ezért minden Stage 1 módosítás során kiemelt jelentőségű, hogy a DPF megfelelően, gyári elvek szerint tudjon működni. [1]

A másik kulcsfontosságú emissziós egység az EGR-szelep (Exhaust Gas Recirculation), amely a kipufogógáz egy részét visszavezeti a szívóoldalra. Az EGR célja a NO_x-kibocsátás csökkentése, mégpedig úgy, hogy a beszívott levegő oxigéntartalmát csökkenti, ezáltal alacsonyabb hőmérsékleten zajlik az égés. Chip tuning esetén – különösen akkor, ha a befecskendezett üzemanyag mennyisége nő és a turbónyomás emelkedik – az égés hőmérséklete is növekedhet, ami fokozná a NO_x-kibocsátást. Ezért Stage 1 szoftvernél lényeges, hogy az EGR-rendszer működése megmaradjon, és az ECU számoljon az emissziót befolyásoló paraméterekkel. [4]

A modernebb dízelmotorok esetében gyakran alkalmaznak NO_x-ellenőrző rendszereket, például NO_x-érzékelőt vagy SCR-katalizátort (AdBlue rendszer). Ezek működése összehangolt a gyári motorvezérléssel, ezért bármilyen módosításnál biztosítani kell, hogy a szabályozó algoritmusok, a befecskendezett AdBlue mennyisége, illetve az égésből keletkező NO_x szintje ne lépje túl a kezelhető tartományt. Ha a Stage 1 szoftver nem veszi figyelembe ezeket az összefüggéseket, az SCR rendszer hibát generálhat, vagy túlzott karbamid-fogyasztást okozhat. [4]

Összességében kiemelt fontosságú, hogy Stage 1 tuning esetén minden emissziós rendszer változatlanul, gyári elvek alapján működjön, hiszen ez biztosítja:

- a környezetvédelmi előírások teljesítését,
- a kipufogógáz-utókezelő rendszerek (DPF, EGR, SCR) hosszú élettartamát,
- a motor megfelelő hőmérsékletét és tiszta égését,
- a jármű megbízhatóságát és hibamentes működését.

A professzionális tuning tehát nem csupán a teljesítménynövelésről szól, hanem arról is, hogy a motor modern emissziós technológiáit összhangban tartsa a módosított üzemi paraméterekkel, így biztosítva a hatékony, tartós és környezetkímélő működést.

2.4 Gépjármű diagnosztika

A gépjármű diagnosztika az autókban található diagnosztikai porton (OBD – On Board Diagnostics) keresztül valósul meg, ami hozzáférést nyújt a jármű vezérlőegységeinek (ECU-k) adataihoz. [1]

A diagnosztikához speciális eszközökre (diagnosztikai műszerekre vagy szoftverekre) van szükség, amelyek az OBD porthoz csatlakoztatva képesek kiolvasni az ECU által tárolt hibakódokat, valamint valós idejű adatokat jelenítenek meg a rendszer működéséről. [1]

A gépjármű számítógépei (ECU-k) folyamatosan érzékelik a rendellenességeket az egyes rendszerekben, például a motor, a sebességváltó, a kipufogógáz-visszavezetés vagy a kipufogógáz-kezelés területén. Ha az ECU valamelyik érzékelőn keresztül hibás működést észlel, automatikusan hibakódot (DTC – Diagnostic Trouble Code) generál, hogy a hiba könnyen azonosítható legyen a diagnosztikai eszköz számára. [1]

A valós idejű mérések során a diagnosztikai eszköz számos paramétert képes megjeleníteni, például:

- üzemanyag-fogyasztás
- Motorhőmérséklet
- levegő üzemanyag keverék aránya (lambda érték)
- motorfordulatszám
- gázpedál és fojtószelep állás
- szívó és turbónyomás
- akkumulátor feszültség
- kipufogógáz hőmérséklet
- valamint a különböző szenzorok és aktuátorok működési adatai

A diagnosztika segítségével gyorsan feltárható bármilyen rendellenesség a jármű rendszerében, legyen szó elektromos, mechanikai vagy szoftveres hibáról. A hiba okának megszüntetése után a hibakódok törölhetők a jármű számítógépének memóriájából. Fontos azonban, hogy a hibakód csak akkor törlődik véglegesen, ha a probléma ténylegesen megszűnt – amennyiben a hiba továbbra is fennáll, az ECU nem engedi törölni a hibát, és a hibaüzenet újra megjelenik. [1]

A modern járművekben a diagnosztika nemcsak hibakeresésre, hanem megelőző karbantartásra is használható: az érzékelők adatainak folyamatos

figyelése lehetővé teszi, hogy a szerviz időben észrevegye a várható meghibásodásokat (például eltömődő részecskeszűrő, gyengülő akkumulátor, hibás injektor, stb.)

A diagnosztikai rendszerek fejlődése révén ma már vezeték nélküli (Bluetooth, Wi-Fi) OBD eszközök is elérhetők, amelyek okostelefonhoz vagy laptophoz csatlakoztathatók. Ezek az eszközök valós időben jelenítik meg a jármű működési adatait, és segítik a szerelőt vagy akár a jármű tulajdonosát a hibák azonosításában.

3 Szoftver módosítás lehetőségei

Az autó szoftverének módosítása előtt minden esetben elvégzünk egy részletes állapotfelmérést, amely több lépésből áll. Elsőként menet közbeni diagnosztikát végzünk, terhelés alatt vizsgáljuk a turbónyomást, az injektálási adatokat, valamint teljesítménymérést végzünk (Dyno segítségével).

Amennyiben az autó minden rendszere megfelelően működik, és nem tapasztalunk hibát, megkezdhető a vezérlőegység (ECU) kiszerezése. Ha azonban problémát találunk, előbb az autót műszakilag teljesen rendbe kell tenni – a szoftvermódosítást csak hibamentes állapotban lehet elvégezni.

A motorvezérlő számítógép (ECU) kiolvasása háromféleképpen történhet

- OBD-n keresztül (a jármű diagnosztikai csatlakozóján át),
- BENCH módszerrel (asztalon, az ECU fizikai bontása nélkül),
- BOOT módszerrel (az ECU részleges megbontásával, közvetlen memóriaelérés útján).

A modern szoftveres olvasóeszközök fejlődésének köszönhetően a BOOT módra ma már csak ritkán, kivételes esetekben van szükség.

A szoftver kiolvasása és szerkesztése után visszaírjuk a módosított fájlt az ECU-ba, majd újra elvégezzük a menet közbeni diagnosztikát és a teljesítménymérést. Ezek során figyelemmel kísérjük a módosított paraméterek működését, hogy biztosítsuk a megfelelő és biztonságos eredményt.

3.1 Obd olvasás

Az autó OBD-rendszeren keresztüli szoftverkiolvasása chip tuninghoz egy összetett, de szabványosított folyamat. A kiolvasás az OBD-II csatlakozón keresztül történik, amelyen keresztül a kiolvasó eszköz kommunikál az autó vezérlőegységével.

A kapcsolat felépítésekor a rendszer automatikusan kiválasztja a megfelelő kommunikációs protokollt, például CAN, K-Line, UDS vagy KWP2000. Ezután a szoftver azonosítja az ECU-t, vagyis lekéri annak hardver- és szoftveradatait, meghatározza a vezérlő gyártóját, típusát és a hozzá tartozó verziókat, majd eldönti, hogy lehetséges-e az adott vezérlő OBD-n keresztüli olvasása. [2] [1]

A következő lépésben megtörténik az ECU flash memóriájának kiolvasása, amely a motorvezérlő programot tartalmazza. A kiolvasó eszköz engedélyt kér a memória elérésére, majd blokkosított adatátvitellel letölti a tartalmat, amelyet általában .bin vagy .ori formátumban ment el. [2]

Modern motorvezérlők esetében a folyamatot különféle biztonsági megoldások védik, mint például ellenőrző összeg-kezelés, Seed–Key hitelesítés, OBD Lock vagy tuningvédelmi rendszerek, melyeket a professzionális kiolvasó szoftver automatikusan kezel annak érdekében, hogy az egység ne sérüljön.

A sikeresen kiolvasott fájl ezután speciális szerkesztőprogramba kerül, ahol a különböző motorvezérlési táblák – például üzemanyagadagolás, turbónyomás, nyomatékmodellek vagy gyújtástérképek – elemezhetők és módosíthatók a chip tuning céljai szerint. [5]

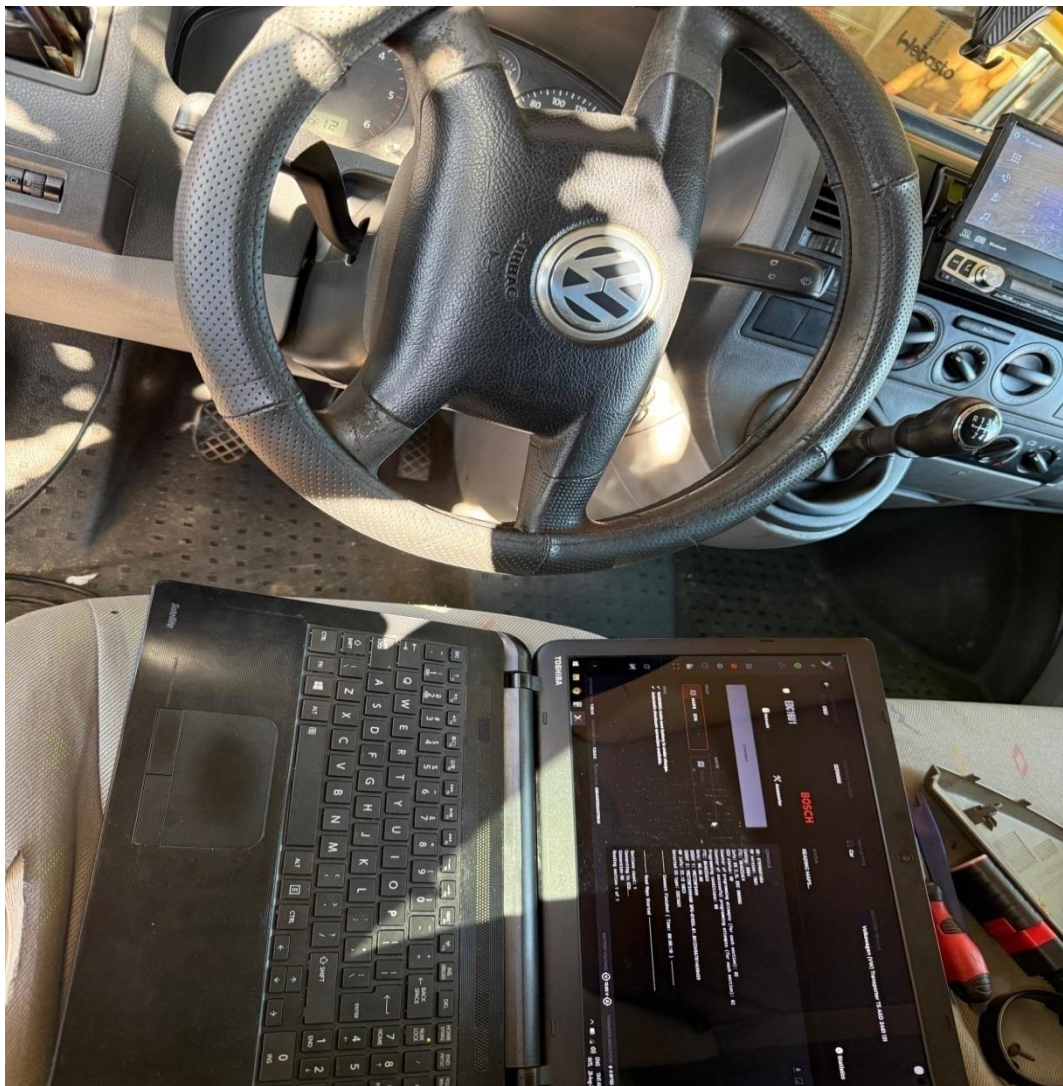
A teljes folyamat tehát abból áll, hogy a diagnosztikai eszköz kommunikációt hoz létre az ECU-val, azonosítja azt, kiolvassa a flash memória tartalmát, kezeli a biztonsági védelmeket, majd előállít egy szerkeszthető bináris fájlt, amely a későbbi finomhangolás alapját adja. [2]

Előnyök:

- Gyors és egyszerű: nem kell az ECU-t kiszerezni vagy szétszedni.
- Kisebb kockázat: kisebb az esély a hardverkárosodásra, mint a padon vagy BDM-en történő olvasásnál.
- Olcsóbb és kényelmesebb: kevesebb eszköz, kevesebb idő, így gazdaságosabb.
- Gyári szoftver visszaállítható: a kiolvasott fájl biztonsági mentésként szolgál.
- Gyorsabb munka: a read/write folyamat általában pár perces.

Hátrányok:

- Nem minden ECU olvasható OBD-n keresztül: sok újabb vezérlő védett (TPROT, OBD Lock).
- Nehézségek a biztonsági védelem miatt: egyes egységeknél csak részleges olvasás/írás engedélyezett.
- Írás közben nagyobb a rizikó: ha megszakad a táp vagy a kommunikáció, az ECU "téglásodhat".
- Korlátozás lehet a tartalomhoz való hozzáférésben: néha csak a flash egy része érhető el OBD-n.
- Kevésbé mély hozzáférés: bonyolult esetekben szükség lehet pad vagy bench módszerre.



1.ábra OBD szoftver olvasás

3.2 Boot

A boot módszerrel történő ECU-szoftverírás egy olyan speciális eljárás, amely során a vezérlőegységet nemcsak kicserélik a járműből, hanem fel is nyitják, hogy közvetlen hozzáférést biztosítsanak a vezérlőchiphez vagy a nyomtatott áramkör (PCB) meghatározott pontjaihoz. Ez a módszer általában akkor szükséges, amikor az ECU-t más hagyományos módszerekkel – például OBD-n vagy bench módszerrel – nem lehet kiolvasni vagy módosítani, mert a vezérlőegység erős szoftveres vagy hardveres védelemmel rendelkezik. [1]

A boot-pin, illetve bizonyos típusoknál a BDM (Background Debug Mode) vagy JTAG csatlakozási pontok segítségével a programozó eszköz közvetlenül a mikrovezérlőhöz kapcsolódik. Ilyenkor a diagnosztikai protokollokat és védelmi rétegeket megkerülve teljes körű hozzáférés nyílik a vezérlő flash-memóriájához, EEPROM-tartalmához és egyéb adatterületeihez. A boot mód gyakorlatilag „mélyszintű” kapcsolatot jelent az ECU és a programozó között, ami lehetővé teszi a teljes memóriatartalom olvasását, írását, törlését és visszaállítását. [1]

Ennek a módszernek az egyik legnagyobb előnye, hogy a teljes tartalom 1:1 arányban biztonsági menthető. Így még akkor is visszaállítható az ECU eredeti működése, ha az előző írási kísérlet hibás volt vagy a vezérlő szoftveresen „meghalt”. A boot mód szinte minden esetben képes helyreállítani a hibásan programozott ECU-kat, mivel közvetlenül a chip alapszintű funkcióit vezérli, függetlenül attól, hogy az ECU be tud-e kapcsolni vagy kommunikálni. Ezért tuningműhelyekben és szervizekben is alapvető eljárásnak számít a hibás vagy „brickelt” ECU-k életre keltéséhez. [1]

A boot módszer nagyfokú precizitást igényel. A helytelen csatlakozás, a forrasztási hiba vagy a PCB megsértése akár véglegesen is károsíthatja a vezérlőt. Ezenkívül a vezérlőház felnyitása miatt az egység nedvességvédelme és tömítettsége sérülhet, ezért a visszaszerelés után gondoskodni kell a tökéletes tömítésről, hogy a későbbiekben ne jusson be nedvesség az elektronikához. Ugyanakkor lehetővé teszi azoknak a gyártói korlátozásoknak a megkerülését is, amelyek bizonyos ECU-k olvasását vagy módosítását teljesen blokkolják. Egyes modern rendszerek – például Bosch MD1, EDC17 vagy Delphi DCM rendszerek – olyan mértékű OBD-védelmet alkalmaznak, amelyet kizárólag boot módszerrel lehet feltörni. Emiatt a mai tuningvilágban a boot-módosítás az egyik legfontosabb és legmegbízhatóbb technika maradt. [1]

Összességében a boot módszer egy olyan professzionális eljárás, amely a vezérlőegység teljes körű hozzáférését biztosítja, lehetővé téve a teljes szoftver

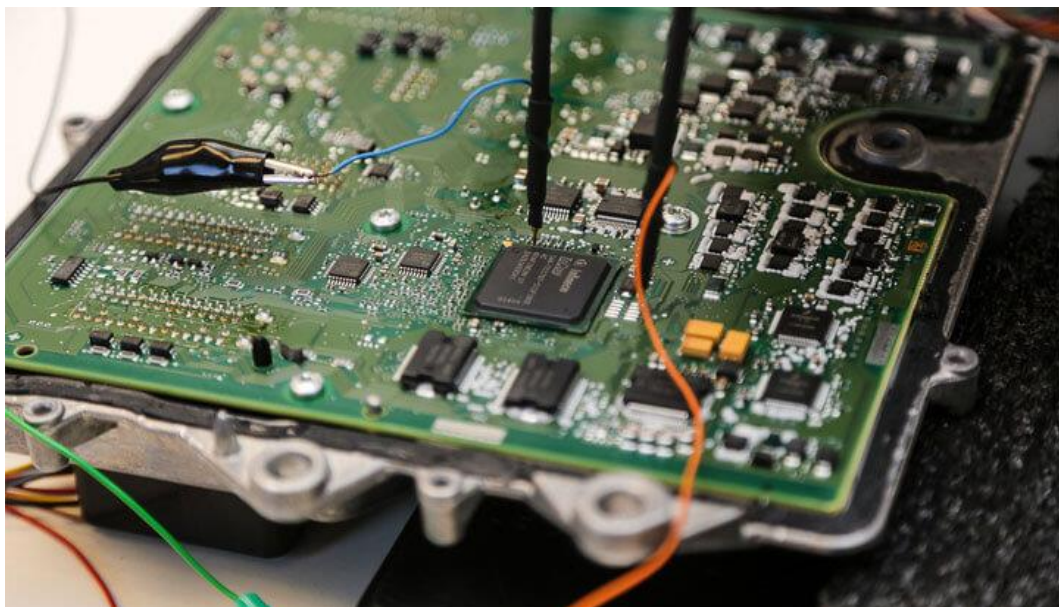
olvasását, írását és helyreállítását. Bár időigényesebb és nagyobb szakértelmet igényel, mint az OBD- vagy bench megoldások, cserébe a legbiztonságosabb és legmélyebb szintű beavatkozást nyújtja egy ECU működésébe.

Ellőnyei:

- Legmélyebb hozzáférés – a teljes flash és EEPROM 100%-ban elérhető.
- Minden védelem megkerülhető – akkor is működik, ha az ECU OBD- vagy bench-szinten teljesen zárolt.
- Teljes mentés és helyreállítás – hibás vagy “téglásodott” ECU-k is visszahozhatók.
- Legbiztosabb módszer összetett javításokhoz – professzionális és precíz.

Hátrányok:

- Fel kell nyitni az ECU-t – ez időigényes, és a ház sérülhet.
- Nagyobb szakértelmet igényel – rossz ponton csatlakozva könnyen kárt lehet okozni.
- Időigényesebb – több szétszerelés, több előkészület.
- Drágább eszközök és nagyobb tapasztalat szükséges – profi műhelyekben alkalmazzák.



<https://share.google/nTzAocxjYvWzGxHAA>

2.ábra BOOT szoftver olvasás

3.3 Bench

A bench módszerrel történő ECU-szoftver olvasás és írás egy olyan eljárás, amelynél a vezérlőegységet ugyan kisserelik az autóból, de nem kell felnyitni vagy megbontani a házát.

A művelet során az ECU külső csatlakozóira speciális programozókábelek kerülnek, amelyek közvetlenül a vezérlő kommunikációs és tápellátási pontjaihoz kapcsolódnak. Így a technikus jóval mélyebb hozzáférést kap a flash és az EEPROM tartalmához, mint OBD-n keresztül. A bench kapcsolat lehetővé teszi a teljes szoftverstruktúra kiolvasását, beleértve olyan blokkokat is, amelyeket OBD-protokollok biztonsági okokból nem engednek elérni. [2]

A folyamat során a programozó az ECU azonosítása után stabil tápellátást biztosít, majd közvetlen kommunikációt hoz létre a mikrokontrollerrel és a memóriával. Ezután megtörténik a teljes firmware kiolvasása, a bináris tartalom biztonságos mentése és később a módosított szoftver visszairása. [2]

A bench írás nagyobb kontrollt és biztonságot ad, mert a kommunikáció stabilabb, és a legtöbb védelmi réteg kezelhető, ugyanakkor több szakmai előkészületet és fizikai beavatkozást igényel, mint az OBD-s módszer. Összességében a bench eljárás a tuning és javítás egyik legbiztonságosabb és legpontosabb formája, amely kompromisszumot kínál a teljes szétbontás (BDM/boot) és az egyszerű OBD-programozás között

Előnyök:

- Stabil és biztonságos kommunikáció – kisebb az esély a megszakadásra, mint OBD-n.
- Mélységi hozzáférés – a teljes flash és sokszor az EEPROM is elérhető.
- Több ECU kompatibilis – olyan vezérlők is olvashatók/írhatók, amelyek OBD-n védettek.
- Nem kell megbontani az ECU-t – ellentétben a BDM/boot módszerrel.
- Pontosabb, professzionálisabb eredmény – főleg tuningnál és javításnál.

Hátrányok:

- Ki kell szerelni az ECU-t – több munkaidő és hozzáférési nehézség.

- Több szakértelmet igényel – helytelen csatlakoztatás kockázatos lehet
- Drágább eszközök kellene – professzionális programozók és bench kábelek
- Fizikai beavatkozás szükséges – bár nem kell megbontani, mégis kezelni kell a vezérlőt.



3.ábra BENCH szoftver olvasás



4.ábra BENCH szoftver olvasás

3.4 A módosítás kockázatai

A chiptuning vagyis a motorvezérlő egység (ECU) szoftverének módosítása napjainkban az egyik legnépszerűbb teljesítménynövelési módszer, mivel viszonylag költséghatékony és jelentős teljesítménynövekedést képes biztosítani mechanikai átalakítás nélkül. Bár egy jól elkészített Stage 1 beavatkozás a motor és a hajtáslánc eredeti tartósságát többnyire nem veszélyezteti, fontos kiemelni, hogy a chiptuning bizonyos kockázatokkal jár, és a rosszul végzett beavatkozások akár súlyos károsodást is okozhatnak.

A motor működésének megváltoztatása ugyanis az egész járműrendszer működésére hatással van, ezért alapvető fontosságú a tuning műszaki és biztonsági határainak megértése. A legelső terület, amely a chiptuning hatására fokozott igénybevételnek van kitéve, a hajtáslánc. A motorból kijövő megnövekedett nyomatékot a kuplungnak kell átadnia, amely gyakran már a gyári konfigurációban is a terhelhetőségi határához közel működik.

A Stage 1 tuning által eredményezett 15–25%-os nyomatéknövekedés a kuplungszerkezet számára már jelentős kihívást jelenthet, különösen nagy futásteljesítmény esetén. A kuplungtárcsa és a szerkezet csúszni kezdhet, ami nem csupán teljesítményvesztéshez, hanem hosszú távon a kuplung anyagának megégéséhez és gyors kopásához vezet.

Ezzel párhuzamosan a kettőstömegű lendkerék – amely a rezgések csillapításáért felelős – szintén fokozott terhelést kap. A megnövekedett nyomatéklökések gyorsítják a DMF belső rugóinak és csillapító egységeinek elhasználódását, ami csörgő hanggal, rezonanciával és indítási-leállítási rángatással járhat.

A chiptuning egyik legkritikusabb területe a turbófeltöltő terhelése. Mivel a Stage 1 optimalizáció elsődlegesen a turbónyomás növelésére épül, a turbó jelentős többletterhelést kap. A gyári motorok turbórendszere általában tartalmaz tartalékot, ám a gyártók a hosszú élettartam érdekében nem használják ki annak teljes kapacitását. A tuning során a turbónyomás gyakran 0,2–0,3 barral magasabb értékre kerül, ami megnövelt turbófordulatszámot és magasabb hőterhelést eredményez. Egy rosszul beállított szoftver túlnyomást és turbó túlpörgést idézhet elő, amely a turbótengely csapágyainak gyors kopását, a változó turbínalapát geometriájának megszorulását vagy akár teljes turbóhibát is okozhat. A turbó túlhevülése extrém esetben a turbinakerék repedéséhez vagy leválásához vezethet, ami súlyos motorhibával jár.

A kipufogógáz-hőmérséklet növekedése szintén jelentős kockázati tényező. A több befecskendezett üzemanyag – különösen magas fordulaton – nagyobb égéstéri hőmérsékletet eredményez. A túl magas kipufogógáz-hőmérséklet negatív hatással van a turbóra, a hengerfejre és a dugattyúkra. A gyári rendszerek körülbelül 800–820°C-ig képesek biztonságosan működni, azonban rosszul hangolt tuning esetén az kipufogógáz-hőmérséklet tartósan 900°C fölé is emelkedhet. Ilyenkor a dugattyútető lokális túlmelegedése repedést, olvadást vagy szelepégést okozhat. A kipufogórendszer elemei – beleértve a DPF-et és az SCR-katalizátort – szintén érzékenyek a túl magas hőmérsékletekre.

A befecskendező rendszer is fokozott terhelésnek van kitéve. A nagyobb teljesítmény eléréséhez több üzemanyagot kell a hengerbe juttatni, amit annál nagyobb befecskendezési idővel vagy magasabb rail pressure-rel érnek el.

Azonban ha a befecskendezési idő túlságosan hosszúra nyúlik, az égés későbbre tolódhat, amely növeli az EGR-t, és fokozott koromképződéshez vezet.

A porlasztók anyagfáradása a magas nyomás miatt felgyorsul, ami alapjáraton egyenetlenséget, korrekciós hibákat és nehéz melegindítást okozhat. A rail pressure túlzott növelése emellett veszélyezteti a nagynyomású szivattyú élettartamát is.

A motor mechanikus alkatrészei, így a dugattyúk, a hajtókarok és a főtengely is nagyobb terhelés alatt működnek tuning esetén. A dízelmotorok belső nyomásterhelése (BMEP) a gyáriértékről 15–17 barról akár 20 bar közelébe is emelkedhet. Bár a gyártók 22–25 bar konstrukciós maximummal számolnak, a nem megfelelő befecskendezési időzítés vagy túl magas töltőnyomás miatt a

csúcsponti égési nyomás elérheti vagy meghaladhatja ezt a tartományt, ami hosszú távon repedést, gyűrűtörést vagy dugattyúkárosodást is okozhat.

A chiptuning a kipufogógáz-utókezelő rendszerek terhelését is növeli. A DPF (részecskeszűrő) a nagyobb koromkibocsátás miatt gyorsabban telítődik, és gyakoribb regeneráció válik szükségessé, ami növeli az üzemanyag-fogyasztást és a rendszer hőterhelését.

Az EGR-rendszerre is komoly hatással lehet a tuning: a nagyobb égéstéri hőmérséklet több NO_x-képződéssel jár, amelyet az EGR-nek kell kompenzálnia, így annak szelepe és hűtője is jobban terhelődik. A SCR-katalizátor érzékeny a hirtelen megnövekedett NO_x-terhelésre, amely téves hibajelzéseket vagy túlzott AdBlue-fogyasztást eredményezhet, ha a szoftver nem kezeli megfelelően a módosított működési tartományt. Összességében a chiptuning tehát nem csupán előnyökkel jár, hanem bizonyos kockázatokat is magában hordoz. A motor és a hajtáslánc egyes alkatrészei nagyobb mechanikai, hő- és nyomásterhelést kapnak, ami hosszabb távon gyorsabb kopást vagy súlyos meghibásodást eredményezhet, különösen akkor, ha a tuning nem megfelelő szakmai háttérrel készül.

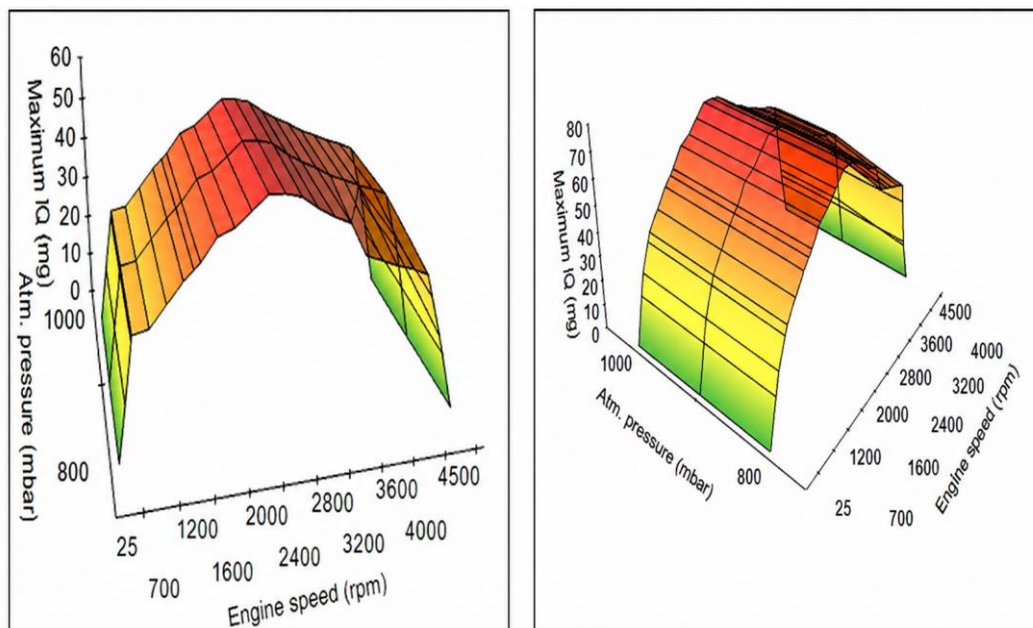
Egy jól hangolt Stage 1 szoftver megfelelő határok között tartja a teljesítménynövelést, és megőrzi a gyári védelmi funkciókat, míg egy rossz beavatkozás komoly károkat okozhat. A tuning megbízhatóan és biztonságosan végezhető, de kizárólag akkor, ha megfelelő diagnosztikai eszközökkel, tapasztalattal és a motor működési folyamatait figyelembe véve történik.

Szakmai szempontból fontos kiemelni, hogy a nem megfelelően végrehajtott szoftvermódosítás a motor túlzott hőterheléséhez, megnövekedett mechanikai igénybevételhez, valamint az emissziós rendszerek gyorsabb elhasználódásához vezethet.

3.5 Hatásai az autóra nézve

A motorvezérlő szoftver módosítása során több kulcsfontosságú térkép is átállításra kerül, amelyek együttesen határozzák meg a motor teljesítményét, gázreakcióját, nyomatékleadását és fogyasztását.

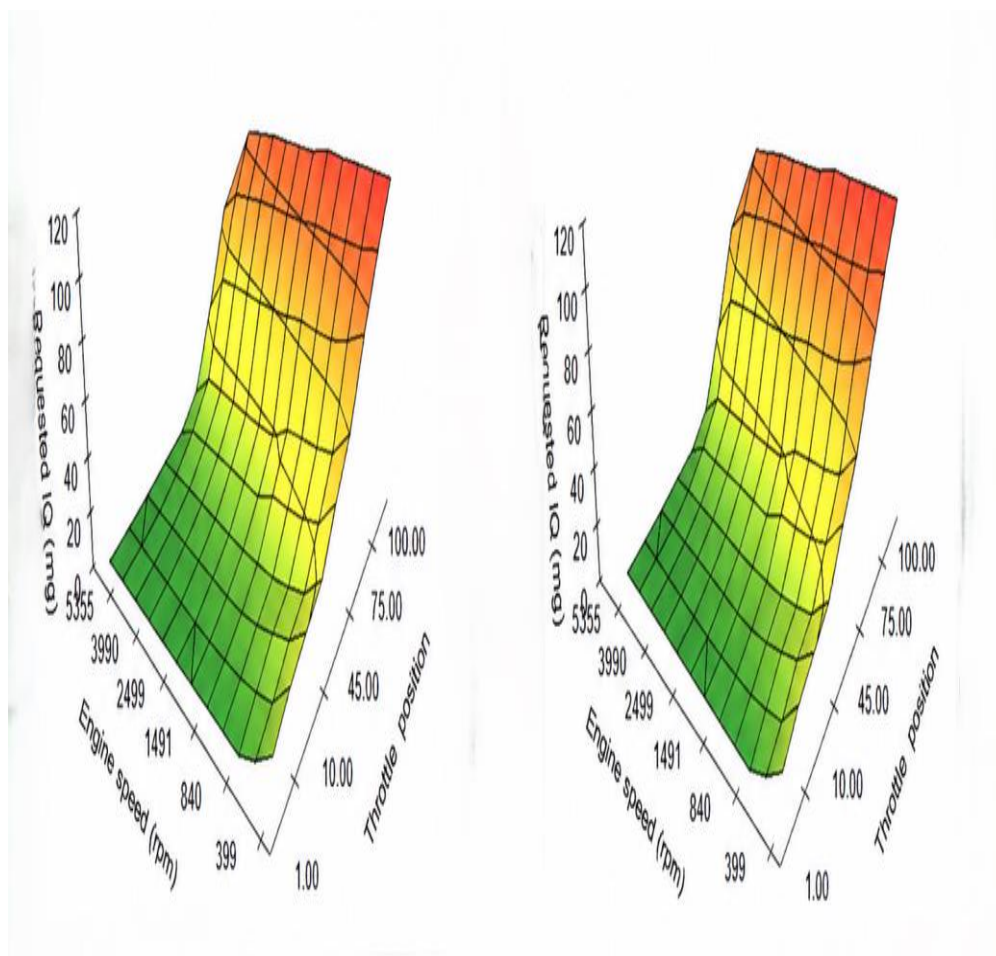
A gyári beállítások mindig a hosszú távú megbízhatóságra, az emissziós normák teljesítésére és a szélsőséges üzemi körülmények elviselésére vannak optimalizálva. A tuning célja azonban ezen térképek olyan finomhangolása, amelyek a motor tartalékait kihasználva többlet teljesítményt és nagyobb vezetési élményt biztosítanak. A változtatások hatására több helyen módosul a motor működése, ami pozitívumokat és bizonyos kockázatokat is jelent.



5.ábra Nyomatékhataroló térkép

A szoftvermódosítást követően a nyomatékhataroló térképen megfigyelhető, hogy a maximálisan engedélyezett befecskendezett mennyiség a középső motorfordulatszám-tartományban növekedett. A felületábra alapján a karakterisztika egy magasabb értékű platót képez, amely elsősorban az 1800–2800 1/min közötti tartományban jelentkezik. Ez a módosítás a motor nyomatékleadásának növelését szolgálja, mivel a vezérlőegység nagyobb tüzelőanyag-mennyiség befecskendezését engedélyezi. Ugyanakkor a magasabb fordulatszám-tartományban a határértékek csökkenése továbbra is megfigyelhető, ami a motorvédelmi, hőterhelési és emissziós szempontok figyelembevételére utal.

A gázpedál térkép módosítása az egyik leginkább érzékelhető változtatás a vezető számára. Gyárilag a gázpedál jel–nyomaték leképezése viszonylag lineáris és kímélő, a pedál elején visszafogott, a középtartománytól pedig fokozatosan erősödik. Tuning esetén ezt a görbét átrajzoljuk úgy, hogy a motor már alacsonyabb pedálállásra is nagyobb nyomatékkal reagáljon. Ez egyrészt agilisabb, közvetlenebb gázreakciót eredményez, másrészt jobban kihasználja a motor húzóerejét a mindennapi használatban. A módosítás nem növeli önmagában a motor kopását, viszont a vezető hajlamosabb lesz intenzívebben használni az autót, ami a kuplungra és kettőtömegű lendkerékre nézve érezhető terhelésnövekedést jelenthet.

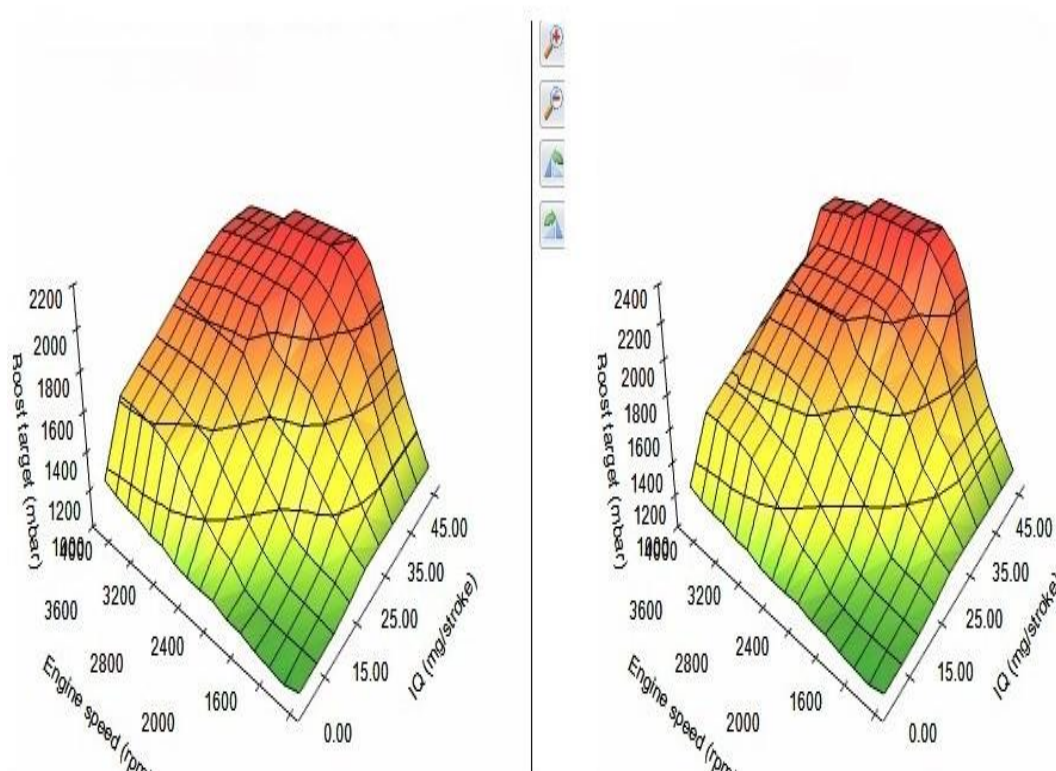


6.ábra Füstthatároló térkép

Egyértelműen megfigyelhető a vezetői nyomatékigény növelése. A módosított karakterisztikában főként a nagy gázpedálállásokhoz tartozó kért befecskendezési mennyiség emelkedik meg, miközben az alacsony pedálállások tartománya csak kisebb mértékben változik. A maximális Requested IQ érték a korábbi körülbelül 88 mg-ról 110 mg fölé növekszik, ami a motorvezérlő számára nagyobb nyomatékigényként jelenik meg. A felső tartomány meredekebb és magasabb platójaként figyelhető meg. A módosítás célja a gázpedálreakció javítása és a motor nagyobb terhelés melletti teljesítményleadásának fokozása.

A turbónyomás térkép és az overboost-map módosítása már komolyabb változást jelent. A gyári turbónyomás általában visszafogott, hogy a turbófeltöltő hosszú távon minimális kopással működjön. A tuning során a turbónyomást 0,2–0,3 barral megemeljük, ami lehetővé teszi a nagyobb levegőmennyiség bejuttatását, így több üzemanyag égethető el biztonságosan, és nő a teljesítmény.

Az overboost térkép ehhez kapcsolódik: rövid ideig a turbó képes magasabb nyomásra is, amely előzéskor vagy kigyorsításkor jelent előnyt. A turbó módosítása ugyanakkor a feltöltő magasabb fordulatszámú működését eredményezi, ami a tengelycsapágyakra és a geometria mozgatómotorjára nagyobb terhelést ró. A kopás mértéke általában 10–20%-kal lehet magasabb hosszú távon, ha az autót gyakran nagy terhelésen használják.



7.ábra Turbónyomás célérték térkép

A szoftvermódosítást követően a turbónyomás célérték térképén egyértelműen megfigyelhető a nagy terhelésű üzemi tartományokban alkalmazott töltőnyomás-növelés. A módosított térképen a maximális célértékek a korábbi körülbelül 2100 mbar-os szintről több cellában 2233–2352 mbar tartományba emelkednek. Ez a változtatás elsősorban a nagyobb befecskendezett tüzelőanyag-mennyiséghez szükséges levegőtöbblet biztosítását szolgálja. A magasabb töltőnyomás nem pontszerűen, hanem szélesebb fordulatszám- és terheléstartományban jelenik meg, ami a motor közép- és felső terhelési tartományban történő teljesítménynövelésére utal.

A nyomatéklimiter-módosítás a teljesítménynövelés egyik alapja. A gyár a hajtáslánc védelme érdekében több ponton is korlátozza a maximálisan kiadható

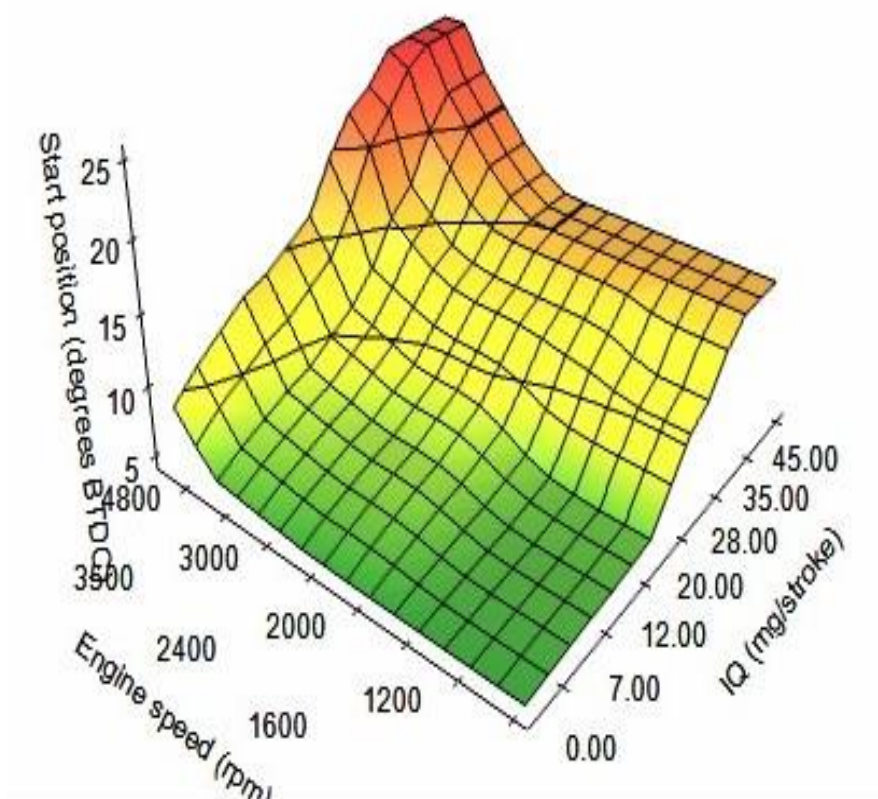
nyomatékot, különösen alacsony fordulaton. A tuning ezeket a határokat megemeli, illetve a térképet kiegyenesíti, így a motor szélesebb fordulatsávban ad le magasabb nyomatékot. Ennek hatására a jármű középtartományban sokkal erősebben húz, illetve kevesebb váltást igényel. A nagyobb nyomaték azonban – főként 1800–2500 rpm között – erősebb igénybevételt jelent a váltónak, féltengelyeknek, kuplungnak és DMF-nek.

A kuplung élettartama ilyen esetben akár 20–30%-kal is csökkenhet, főleg magas futásteljesítmény esetén.

Az injektálási limit MAP-szenzor alapján történő módosítása azért szükséges, mert a gyári rendszer egy adott töltőnyomás felett nem enged több üzemanyagot befecskendezni, hogy elkerülje a füstölést és az emissziós normák megsértését. A tuning során ezt a limitet úgy módosítjuk, hogy a magasabb töltőnyomás tartományban is biztosított legyen a szükséges üzemanyag-mennyiség. A változtatás azonban több korom képződésével járhat, különösen akkor, ha a motor alacsony fordulaton kap túl nagy mennyiségű üzemanyagot. Ennek hatására a DPF terhelése növekszik, a regenerációk sűrűbbé válnak, és a szűrő élettartama is csökkenhet.

Az injektálás kezdésének (BTDC – before top dead center) módosítása finomhangolást igényel. A gyár a zajcsökkentés, emisszió és hatékonyság egyensúlyára állítja be a befecskendezés időpontját. A teljesítménynöveléshez azonban sokszor szükséges az előgyújtás jellegű érték finom növelése, vagyis az üzemanyag kissé korábban kerül bejuttatásra. Ez az égés optimálisabb lezajlását és nagyobb nyomatékot eredményez, de emeli a hengerben a csúcsnyomást és a hőmérsékletet, ami nagyobb mechanikai igénybevételt jelent a dugattyúknak és a hajtókaroknak. Hosszú távon 5–10%-kal nagyobb alkatrészfáradás várható, főként rossz minőségű üzemanyag használata esetén.

Az injektálási idő (duration) növelése közvetlenül kapcsolódik az üzemanyag mennyiségéhez. A gyári befecskendezési időt a tiszta égés és az emissziós követelmények határozzák meg, tuning esetén viszont elkerülhetetlen a hosszabb befecskendezés használata. Ennek egyik mellékhatása, hogy az égés vége néha későbbre tolódik, ami emelheti az EGT-értéket. Növekedhet a koromkibocsátás, és a magas hőmérséklet terheli a turbót és a kipufogórendszert is. A rail pressure növelése szükség esetén alátámasztja ezt a folyamatot, de egyben gyorsítja az injektorok kopását.



8.ábra Injektálás kezdés térkép

A porlasztók élettartama tuning után jellemzően 10–20%-kal csökkenhet, különösen magas futásnál vagy sok rövidtávú használatnál. A változtatások összességében az autó sokkal dinamikusabbá és élvezetesebbé válnak. A vezető egyértelműen erősebb húzóerőt tapasztal alacsony és középső fordulatsávban, a gázreakció azonnalivá válik, és kevesebb előzési időre van szükség. Ugyanakkor a kopás, a hőterhelés és a károsanyag-kibocsátás szinte minden módosított térképnél növekszik. Ha a tuning jól van elkészítve, ezek a növekmények még a biztonságos tartományon belül maradnak, de hosszú távon a hajtáslánc és a turbó élettartama rövidülhet.

A koromkibocsátás növekedése pedig a DPF gyorsabb telítődését okozza, ami gyakoribb regenerációt és nagyobb fogyasztást eredményez. A motor mechanikai részeinek terhelése is nő, ezért fontos, hogy a tuningot szakmailag megfelelő módon, dokumentált logok és tesztek alapján végezzék.

4 Adatok amelyek át alakításra kerülnek

- Gázpedál térkép
- Turbó nyomás
- Overboost
- Nyomatéklimiter
- Injektálási limit MAP szenzor (manifold air pressure) alapján
- Injektálás kezdés (BTDC)
- Injektálási idő (injektor nyitvatartási idő)

A motorvezérlő térképek (map-ek) többdimenziós karakterisztikák, amelyek különböző bemeneti paraméterek (pl. fordulatszám, terhelés, levegőtömeg) függvényében határozzák meg a vezérlési értékeket. A szoftvermódosítás során ezeknek a karakterisztikáknak az átalakítása történik.

4.1 Gázpedál térkép

A gázpedál térkép a modern járművek elektronikus gázpedál-rendszereinek (drive-by-wire) egyik központi eleme. Ez a térkép határozza meg, hogy a gázpedál pozíciója milyen motorválaszt eredményezzen, például mekkora nyomatékot adjon az adott fordulatszám mellett. A vezető a gázpedál lenyomásával egy 0–100% közötti pozíció értéket állít elő. Ezt a pozíciót egy vagy több analóg vagy digitális szenzor méri.

A pedáljel egy táblázatba (térképbe) kerül, ahol a rendszer a pedálállást és a fordulatszámot felhasználva egy kívánt motor nyomaték értéket (Nm) számol.

A fejlesztés során ezt a táblázatot úgy módosítják, hogy a motor gyorsabban és erősebben reagáljon a pedál mozgására. A gyári térképen a teljes pedálálláshoz tartozó maximális nyomatékértékek általában 330–340 Nm körül mozognak, ami a motor gyári karakterisztikáját tükrözi – viszonylag visszafogott, lineáris gázreakcióval. A Stage 1 térképen azonban a maximális pedálálláshoz tartozó nyomatékigény 500 Nm-re emelkedik, ami jelentős növekedés. Ez azt jelenti, hogy az ECU minden fordulatszám tartományban nagyobb nyomatékot fog kérni, így a motor sokkal dinamikusabban reagál és erőteljesebben húz. [2]

A módosítás nem csak a 101%-os pedálállásnál figyelhető meg. Közepes gázpedál-állásoknál – például 44%, 58% vagy 72% – a tuning szintén növeli a kért nyomatékot. Míg gyári állapotban például 1800–2500 RPM környékén 240–260 Nm a jellemző érték, addig tuningolva ezek 270–300 Nm közé emelkednek.

Ennek hatására már részterhelésen is erősebb a gyorsulás, a vezethetőség élénkebb, és a jármű “sportosabbnak” érződik anélkül, hogy a motor valós terhelése túl hirtelen megnőne. A kisebb pedálállásoknál, például 15% vagy 29% környékén a változás mérsékeltebb, hogy a mindennapi vezetés során megmaradjon a finom kezelhetőség és a kényelmes indulás.

Change Map		Axis/Val							
Driver's Wish									
Torque (Throttle Position [%] , RPM [1/min]) / Nm									
	1	15	29	44	58	72	86	101	
0	105	271	325	336	339	340	340	340	
357	50	219	295	326	336	340	340	340	
714	0	175	257	291	318	335	340	340	
1071	0	130	225	257	285	309	326	340	
1428	0	91	204	250	277	300	318	340	
1785	0	73	182	239	270	293	313	340	
2142	0	62	164	227	261	287	308	336	
2499	0	54	150	217	254	281	303	327	
2856	0	48	142	209	246	274	296	318	
3213	0	43	134	200	238	266	287	308	
3570	0	40	127	191	229	256	275	297	
3927	0	36	119	181	219	246	264	286	
4284	0	34	113	173	209	235	254	273	
4641	0	32	107	166	199	224	244	261	
4998	0	30	101	158	189	213	234	249	
5355	0	27	85	125	153	178	200	218	

Change Map		Axis/Val							
Driver's Wish									
Torque (Throttle Position [%] , RPM [1/min]) / Nm									
	1	15	29	44	58	72	86	101	
0	105	271	325	336	339	340	340	500	
357	50	219	295	326	336	340	340	500	
714	0	175	257	291	318	335	340	500	
1071	0	130	225	257	285	309	326	500	
1428	0	91	204	250	277	300	318	500	
1785	0	73	182	239	270	293	313	500	
2142	0	62	164	227	261	287	308	500	
2499	0	54	150	217	254	281	303	500	
2856	0	48	142	209	246	274	296	500	
3213	0	43	134	200	238	266	287	500	
3570	0	40	127	191	229	256	275	500	
3927	0	36	119	181	219	246	264	500	
4284	0	34	113	173	209	235	254	500	
4641	0	32	107	166	199	224	244	500	
4998	0	30	101	158	189	213	234	500	
5355	0	27	85	125	153	178	200	500	

9.ábra Gázpedál értékek

A kalkulált nyomaték igényt az ECU továbbítja más alrendszerek felé (pl. turbó vezérlés, gyújtás, befecskendezés). Ezután az ECU kiszámítja, milyen fojtószelep állás, injektor idő és töltőnyomás szükséges a kért nyomaték eléréséhez. A gázpedál térkép szoftveresen szabadon módosítható (chiptuning, ECU remap), és ez jelentősen befolyásolja a jármű vezethetőségét. [2] [5]

A gázpedál nem közvetlenül nyitja a fojtószelepet, hanem egy szoftver vezérli a kettő viszonyát.

Példák:

20% pedál → 10% fojtószelep (gyári, ECO)

- 20% pedál → 35% fojtószelep (sportos, módosított)

4.2 Turbónyomás

Chip tuning során a turbónyomásértékeket úgy módosítják, hogy a motorvezérlőben található turbóboost-térképekben szereplő mbar értékeket megemelik. Ezek a térképek azt határozzák meg, hogy adott fordulatszámon és terhelésen (IQ mg/ütem) a turbó mekkora töltőnyomást hozhat létre. [5]

A gyári beállítások a turbó, a motor és a kipufogórendszer védelmére készülnek, ezért gyakran visszafogják a teljesítményt ott is, ahol a technika ennél többet is elbírna. A tuning során ezeket az értékeket általában 100–250 mbar-rel emelik meg, leginkább a középtartományban, vagyis 2000–3000-es fordultnál és közepes terhelési pontokon, ahol a motor a legnagyobb nyomatékot adja. A turbó nagyobb nyomása több levegőt biztosít, így több üzemanyag égethető el, ami erőteljesebb gyorsulást és nagyobb teljesítményt eredményez. [5]

2000-es fordulaton, 30 mg/ütem terhelésnél a gyári 1850 mbar érték 1950 mbar-ra emelkedik, 2500-as fordulaton 40 mg-nál a gyári 2100 mbar helyett 2250 mbar szerepel, míg 3000-es fordulaton 45 mg-nál 2200 mbar helyett 2400 mbar-t enged meg a tuningolt verzió.

Magasabb fordulaton is stabil emelés figyelhető meg: 4500-as fordultnál 50 mg terhelésnél a gyári 2425 mbar helyett 2625 mbar a limit, ami 200 mbar-os többletet jelent. A táblázatok formája nem változik, csak az értékek nőnek, tehát a motorvezérlő ugyanazokon a szabályozási pontokon dolgozik, de magasabb megengedett nyomással. Ez az emelés biztosítja a motor erősebb középtartományi húzását és a teljesítmény jobb kitartását magasabb fordulatszámokon is.

A turbónyomás szoftveres módosítása – vagyis a turbófeltöltő működésének átprogramozása – kritikus eleme a teljesítménynövelő tuningnak, különösen turbós motorok esetén. A cél ilyenkor az, hogy a motor több levegőt kapjon, így több üzemanyagot égethessen el, és nagyobb nyomatékot/teljesítményt adjon le. De ez nem történhet felelőtlenül a módosítások szigorú műszaki és biztonsági feltételek szerint zajlanak. [5]

Az ECU (motorvezérlő egység) egy "elvárt töltőnyomás" (boost target) alapján vezérli a turbórendszert. Ez a célérték térképekből, szenzoradatokból és nyomatékigényből származik. [2] [5]

- Gázpedálállás (nyomatékigény)
- Fordulatszám
- Sebesség, fokozat
- Külső hőmérséklet, nyomás
- Lambda érték (levegő-üzemanyag arány)

Célja a magasabb töltőnyomás elérése ezáltal ha több a levegő akkor több az üzemanyag ezek okán pedig nagyobb a teljesítmény. Ennek érdekében a következő dolgok kerülnek módosításra:

a) Boost target térkép

- Az a táblázat, amely előírja, milyen nyomást kérjen a rendszer adott fordulatszámon, gázpedálállásnál.
- Ez a legfontosabb: megnövelik a célértékeket, pl. 1,2 bar → 1,5 bar

b) Boost limiterek

- Gyárilag a rendszer tartalmaz védelmi határértékeket (pl. 1,3 bar max).
- Ezeket kiemelik vagy eltávolítják, különösen overboost során.

c) Wastegate / N75 vezérlő térkép

- A turbó szabályozása egy szelep (wastegate vagy VNT) vezérlésével történik.
- A szoftver tartalmaz térképeket, hogy az ECU milyen mértékben nyisson/zárjon adott nyomásigényre válaszul.
- Ezeket finomhangolják, hogy gyorsabban épüljön fel a nyomás, vagy később nyisson a szelep.

d) Overboost időzítés és határok

- Rövid ideig magasabb nyomás engedhető (pl. előzésnél).
- Ezeket kitolják időben és értékben is.

Change Map		Axis/Val		Turbo Boost																
				Boost (IQ [mg/stroke] , RPM [1/min]) / mbar																
		0.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00			
1000	1000	1025	1050	1050	1075	1100	1200	1250	1260	1270	1275	1315	1400	1400	1400	1400	1400			
1250	1000	1025	1050	1075	1125	1185	1275	1350	1385	1420	1425	1475	1525	1575	1600	1600	1600			
1500	1000	1025	1125	1150	1207	1264	1350	1475	1500	1550	1570	1640	1760	1950	2150	2200	2200			
1750	1025	1050	1175	1200	1271	1343	1450	1575	1625	1700	1750	1800	1975	2200	2550	2600	2600			
2000	1025	1050	1225	1250	1321	1393	1500	1625	1725	1800	1925	2025	2250	2400	2650	2700	2700			
2250	1025	1050	1250	1275	1346	1418	1525	1650	1800	1900	2025	2150	2250	2400	2650	2700	2700			
2500	1025	1075	1250	1275	1354	1432	1550	1675	1825	1950	2050	2150	2250	2400	2650	2700	2700			
2750	1025	1075	1275	1300	1371	1443	1550	1700	1850	1975	2100	2150	2250	2450	2675	2725	2725			
3000	1025	1075	1300	1325	1389	1454	1550	1700	1850	1975	2100	2150	2250	2500	2700	2750	2750			
3250	1050	1100	1300	1325	1389	1454	1550	1700	1850	1975	2100	2150	2250	2500	2700	2750	2750			
3500	1075	1125	1325	1350	1407	1464	1550	1700	1850	2000	2100	2150	2250	2500	2700	2750	2750			
3750	1100	1150	1350	1375	1425	1475	1550	1700	1850	2000	2100	2150	2250	2500	2700	2750	2750			
4000	1150	1200	1350	1375	1425	1475	1550	1675	1850	2000	2100	2150	2250	2500	2700	2750	2750			
4250	1150	1200	1325	1350	1407	1464	1550	1650	1825	1950	2100	2150	2250	2500	2700	2750	2750			
4500	1150	1175	1275	1300	1300	1350	1450	1600	1775	1950	2050	2075	2250	2500	2575	2625	2625			

Change Map		Axis/Val		Turbo Boost																
				Boost (IQ [mg/stroke] , RPM [1/min]) / mbar																
		0.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00			
1000	1000	1025	1050	1050	1075	1100	1200	1250	1260	1270	1275	1315	1400	1400	1400	1400	1400			
1250	1000	1025	1050	1075	1125	1185	1275	1350	1385	1420	1425	1475	1525	1575	1600	1600				
1500	1000	1025	1125	1150	1207	1264	1350	1475	1500	1550	1570	1640	1715	1850	2000	2000				
1750	1025	1050	1175	1200	1271	1343	1450	1575	1625	1700	1750	1800	1925	2100	2400	2400				
2000	1025	1050	1225	1250	1321	1393	1500	1625	1725	1800	1925	2025	2200	2300	2500	2500				
2250	1025	1050	1250	1275	1346	1418	1525	1650	1800	1900	2025	2150	2200	2300	2500	2500				
2500	1025	1075	1250	1275	1354	1432	1550	1675	1825	1950	2050	2150	2200	2300	2500	2500				
2750	1025	1075	1275	1300	1371	1443	1550	1700	1850	1975	2100	2150	2200	2350	2525	2525				
3000	1025	1075	1300	1325	1389	1454	1550	1700	1850	1975	2100	2150	2200	2400	2550	2550				
3250	1050	1100	1300	1325	1389	1454	1550	1700	1850	1975	2100	2150	2200	2400	2550	2550				
3500	1075	1120	1325	1350	1407	1464	1550	1700	1850	2000	2100	2150	2200	2400	2550	2550				
3750	1100	1150	1350	1375	1425	1475	1550	1700	1850	2000	2100	2150	2200	2400	2550	2550				
4000	1150	1200	1350	1375	1425	1475	1550	1675	1850	2000	2100	2150	2200	2400	2550	2550				
4250	1150	1200	1325	1350	1407	1464	1550	1650	1825	1950	2100	2150	2200	2400	2550	2550				
4500	1150	1175	1275	1300	1300	1350	1450	1600	1775	1950	2050	2075	2200	2400	2425	2425				

10.ábra Turbónyomás értékek

4.3 Overboost

Chip tuning során az overboost értékeket úgy módosítják, hogy a motorvezérlőben lévő turbónyomás-határokat megemelik, ezáltal a turbó nagyobb nyomást hozhat létre, különösen a motor legterhelhetőbb tartományaiban. [5]

A fejlesztő a gyári táblázatban szereplő mbar értékeket emeli meg RPM és terhelés függvényében, általában 100–250 mbar közötti többletet adva a motor különböző fordulatszintjein. A módosítás célja, hogy a motor több levegőt kapjon, így több üzemanyagot lehet befecskendezni, ami közvetlenül növeli a nyomatékot és a teljesítményt.

A képeken látható gyári és Stage 1 értékek jól mutatják ezt: például 2000-es fordulaton és 850 hPa terhelésnél a gyári 2250 mbar határérték 2375 mbar-ra emelkedik, ami 125 mbar többletnyomást jelent. Hasonló emelés figyelhető meg 2500–3000-es fordulaton, ahol a tuning több helyen 200 mbar körüli növekedést ad, ez pedig a motor nyomatékcúcsához közeli tartományban jelentős erőnövekedést eredményez.

Magasabb fordulaton, például 4500 RPM környékén is 150–200 mbar plusznyomás jelenik meg, ami a teljesítmény fennmaradását segíti. A térképek formája közben nem változik, csak az értékek nőnek, így a motorvezérlő logikája gyakorlatilag azonos marad, csupán magasabb határok között dolgozik. Ennek köszönhetően a turbó nagyobb töltőnyomást enged dolgozni a rendszerben, miközben a fejlesztő ügyel arra, hogy a turbó mechanikai határai, a kipufogógáz-hőmérséklet és az egyéb korlátozó térképek is összhangban maradjanak.

5/20/25, 2:32 PM

68582 - Turbo Boost Limiter - org.

Change Map Axis/Val		Turbo Boost Limiter									
Boost (Atmospheric Pressure [Hpa] , RPM [1/min]) / mbar											
	550	600	650	700	750	800	850	900	950	975	
0	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1300	1400	1400	
850	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1300	1400	1400	
1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1300	1400	1400	
1250	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1550	1600	1650	1650	
1500	1500	1650	1750	1850	1875	1900	1950	2000	2000	2000	
1750	1600	1745	1900	2000	2025	2075	2150	2200	2300	2480	
2000	1650	1795	1975	2075	2125	2175	2250	2325	2425	2550	
2250	1650	1825	1975	2100	2150	2200	2275	2375	2450	2550	
2500	1650	1825	1975	2100	2150	2200	2275	2375	2450	2550	
3000	1600	1785	1950	2050	2135	2200	2275	2375	2450	2550	
3500	1500	1685	1835	1960	2085	2195	2275	2375	2475	2550	
3750	1440	1615	1760	1885	2020	2150	2250	2375	2475	2550	
4000	1370	1540	1665	1810	1925	2075	2200	2325	2450	2550	
4200	1285	1445	1580	1725	1860	2005	2150	2275	2400	2550	
4500	1155	1325	1465	1630	1765	1910	2050	2175	2300	2425	
5000	915	1095	1265	1490	1615	1750	1875	2000	2125	2250	

5/20/25, 2:32 PM

68582 - Turbo Boost Limiter - comp.

Change Map Axis/Val		Turbo Boost Limiter									
Boost (Atmospheric Pressure [Hpa] , RPM [1/min]) / mbar											
	550	600	650	700	750	800	850	900	950	975	
0	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1300	1400	1400	
850	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1300	1400	1400	
1000	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1250	1300	1400	1400	
1250	1400	1500	1500	1500	1500	1500	1550	1600	1650	1650	
1500	1500	1650	1750	2050	2075	2100	2150	2200	2200	2200	
1750	1600	1745	1900	2200	2225	2275	2350	2400	2500	2680	
2000	1650	1795	1975	2275	2325	2375	2450	2525	2625	2750	
2250	1650	1825	1975	2300	2350	2400	2475	2575	2650	2750	
2500	1650	1825	1975	2300	2350	2400	2475	2575	2650	2750	
3000	1600	1785	1950	2250	2335	2400	2475	2575	2650	2750	
3500	1500	1685	1835	2160	2285	2395	2475	2575	2675	2750	
3750	1440	1615	1760	2085	2220	2350	2450	2575	2675	2750	
4000	1370	1540	1665	2010	2125	2275	2400	2525	2650	2750	
4200	1285	1445	1580	1925	2060	2205	2350	2475	2600	2750	
4500	1155	1325	1465	1830	1965	2110	2250	2375	2500	2625	
5000	915	1095	1265	1690	1815	1950	2075	2200	2325	2450	

11.ábra Overboost értékek

4.4 Nyomaték limiter

Chip tuning során a nyomatéklimiter értékeit úgy módosítják, hogy a motorvezérlő által meghatározott maximális engedélyezett nyomatékhatárokat megemelik, ezzel lehetővé téve, hogy a motor a gyári korlátozások nélkül adja le a rendelkezésre álló teljesítményt.

A gyári beállítások fordulatszám és terhelés függvényében szigorúan szabályozzák, mekkora nyomatékot engedhet az ECU, és ha más tuningolt térképek – például turbónyomás, üzemanyag-adagolás vagy levegőmennyiség – nagyobb értéket adnának, a limiter visszafogja a motort. [2] [5]

A tuning során ezért ezeket a Nm értékeket emelik meg, általában 30–70 Nm-rel, hogy a motor képességeit ne korlátozza a gyári határ.

A mellékelt képek alapján jól látszik, hogy a Stage 1 változatban minden fordulatszám- és terheléstartományban magasabbak lettek a nyomatékhatárok. Például 1500-as fordulaton a gyári 345 Nm érték 385 Nm-re nőtt, míg 2500-as fordulaton a korábbi 430 Nm limit 470 Nm-re emelkedett.

Ez a középtartományban érezhetően erősebb gyorsulást eredményez, hiszen a motor ebben a zónában adja le a legtöbb nyomatékot. Magasabb fordulaton, például 4500 körül is jelentős emelés figyelhető meg, a gyári 265 Nm helyett 335 Nm szerepel a tuningolt táblában, ami segíti a teljesítmény fennmaradását, és megakadályozza, hogy a motor túl korán veszítsen erejéből.

A fejlesztett és a gyári táblázat formája változatlan, csupán a számértékek növekedtek, így az ECU logikája és működése azonos marad, de magasabb korlátok között, nagyobb nyomaték leadását engedve működik tovább.

5/20/25, 2:36 PM

5993C - Torque Limiter - org.

Change Map		Axis/Val																															
Torque Limiter																																	
Torque (RPM [1/min], Atmospheric Pressure [Hpa]) / Nm																																	
		500	600	1000	1250	1500	1750	1900	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4200	4300	4500	4750	5000	5200	5500									
600	0	180	205	275	345	385	395	400	400	405	390	375	360	340	330	310	245	225	195	148	100	60	0										
750	0	180	205	275	345	385	395	400	400	405	390	375	360	350	340	330	320	310	275	235	200	100	0										
800	0	180	205	275	345	385	400	410	410	415	400	385	370	360	350	340	335	325	290	250	200	100	0										
850	0	180	205	275	345	400	415	420	420	425	410	395	380	370	360	350	345	340	305	265	215	100	0										
900	0	180	205	275	345	420	430	430	430	435	420	405	395	385	375	363	356	348	315	275	225	100	0										

5/20/25, 2:37 PM

5993C - Torque Limiter - comp.

Change Map		Axis/Val																							
Torque Limiter																									
Torque (RPM 1/min , Atmospheric Pressure (Hpa)) / Nm																									
		500	600	1000	1250	1500	1750	1900	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	4200	4300	4500	4750	5000	5200	5500	
600	0	180	205	275	385	425	435	440	440	448	436	424	411	394	387	370	305	285	255	208	160	60	0	0	
750	0	180	205	275	385	425	435	440	440	448	436	424	411	404	397	390	380	370	335	295	260	100	0	0	
800	0	180	205	275	385	425	440	450	450	458	446	434	421	414	407	400	395	385	350	310	260	100	0	0	
850	0	180	205	275	385	440	455	460	460	468	456	444	431	424	417	410	405	400	365	325	275	100	0	0	
900	0	180	205	275	385	460	470	470	470	478	466	454	446	439	432	423	416	408	375	335	285	100	0	0	

12.ábra Nyomaték limiter értékek

4.5 Injektálás limit map szenzor (manifold air pressure) által

Fejlesztés során a MAP szenzor alapján működő injektálási limitert úgy módosítják, hogy a motor nagyobb üzemanyag-mennyiséget kaphasson azokban a tartományokban, ahol a turbó elegendő levegőt biztosít. A gyári beállítások célja a füstképzés, a túlmelegedés és a motor túlterhelésének megakadályozása, ezért alacsonyabb turbónyomásnál és bizonyos fordulatszámokon szigorúan korlátozzák az mg/ütem értékeket. [5] [3]

A tuning során ezeket az értékeket megemelik, általában 5–15 mg között, de egyes tartományokban ennél nagyobb növekedés is látható. A módosítás főként ott történik, ahol a motor a legnagyobb levegőmennyiséghez jut – vagyis közepes és magas MAP értékek mellett, főként 1400 és 3000 fordulat között –, így a motor több üzemanyagot tud elégetni, ami nagyobb teljesítményt és erősebb gyorsulást eredményez. [5]

A képeken jól látszik ez az emelés: például 2000-es fordulaton és 1400 mbar turbónyomásnál a gyári 50 mg/ütem érték 55,5 mg-ra nő, 2500-as fordulaton és 1800 mbar-nál a 54,5 mg helyett 58,5 mg szerepel, míg 3000-es fordulaton 2000 mbar mellett a gyári 57,9 mg helyett már 67,2 mg engedélyezett.

Ezek a különbségek határozott teljesítménynövekedést eredményeznek a teljes fordulatszám-tartományban. A táblázatok szerkezete változatlan marad, csupán az értékek növekednek, így az ECU ugyanazon logika szerint működik tovább, de magasabb határértékekkel. Ennek köszönhetően a motor több üzemanyagot kaphat abban a tartományban, ahol a turbó és a levegőellátás képes ezt biztonságosan kiszolgálni.

5/20/25, 2:33 PM

7BBSE - IQ Limit by MAP - org.

Change Map Axis/Val		IQ Limit by MAP															
		IQ (Boost [mbar] , RPM [1/min]) / mg/stroke															
		600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600		
800	22.00	24.00	26.00	27.50	29.50	30.50	32.50	36.25	41.50	45.50	49.50	53.00	56.50	59.75			
900	22.00	24.00	26.00	27.50	29.50	30.80	33.00	37.00	42.80	47.00	51.00	54.80	58.00	61.50			
1000	22.00	24.00	26.00	27.50	29.40	31.50	33.50	39.00	45.00	48.50	52.50	56.50	59.50	63.00			
1100	22.00	24.50	26.00	28.00	29.80	32.00	34.30	41.50	47.00	50.50	54.50	58.00	61.30	65.00			
1200	22.00	24.50	26.50	28.50	30.50	32.80	35.00	42.00	50.00	53.00	56.00	59.50	62.75	66.50			
1300	22.00	24.50	26.50	28.75	31.25	33.50	36.00	41.00	50.00	55.00	58.00	61.50	64.00	68.00			
1400	22.00	24.50	26.50	28.75	31.50	34.00	36.75	42.00	50.00	55.50	59.50	63.00	68.00	71.00			
1500	22.00	24.50	26.50	28.75	31.50	34.75	37.25	42.50	50.00	55.50	60.50	64.00	71.50	73.50			
1750	22.00	24.50	26.50	28.75	31.50	35.50	38.00	43.50	50.00	55.50	60.75	64.25	72.75	75.00			
2000	21.00	23.50	26.50	28.75	31.50	35.50	38.00	43.50	50.00	55.50	60.00	63.50	72.00	75.00			
2500	21.00	23.50	26.25	28.75	31.50	35.50	38.00	43.50	49.40	54.50	58.50	63.50	72.00	75.00			
3000	21.00	23.50	26.00	28.75	31.50	35.50	38.00	43.00	48.50	53.70	57.90	63.20	71.40	74.50			
3500	20.50	23.50	26.00	28.50	31.00	34.50	37.50	41.75	48.20	53.05	57.05	62.80	68.60	73.00			
4000	20.00	22.75	25.25	28.20	31.30	34.10	36.80	41.20	46.00	50.20	54.40	60.60	66.00	70.40			
4500	19.00	21.75	24.00	26.90	29.50	32.30	35.40	39.80	44.00	48.50	52.40	58.00	62.80	67.30			
5400	17.50	20.00	22.00	24.50	27.20	30.20	32.60	36.90	41.10	45.10	48.70	54.20	57.80	62.00			

5/20/25, 2:33 PM

7BBSE - IQ Limit by MAP - comp.

Change Map Axis/Val		IQ Limit by MAP															
		IQ (Boost [mbar] , RPM [1/min]) / mg/stroke															
		600	700	800	900	1000	1100	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2500		
800	22.00	24.00	26.00	27.50	29.50	30.50	32.50	36.25	41.50	45.50	49.50	53.00	56.50	59.75			
900	22.00	24.00	26.00	27.50	29.50	30.80	33.00	37.00	42.80	47.00	51.00	54.80	58.00	61.50			
1000	22.00	24.00	26.00	27.50	29.40	31.50	33.50	39.00	45.00	48.50	52.50	56.50	59.50	63.00			
1100	22.00	24.50	26.00	28.00	29.80	32.00	34.30	41.50	47.00	50.50	54.50	58.00	61.30	65.00			
1200	22.00	24.50	26.50	28.50	30.50	32.80	35.00	42.00	50.00	53.00	56.00	59.50	62.75	66.50			
1300	22.00	24.50	26.50	28.75	31.25	33.50	36.00	41.00	50.00	55.00	58.00	61.50	64.00	68.00			
1400	22.00	24.50	26.50	28.75	31.50	34.00	36.75	42.00	50.00	55.50	59.50	63.00	68.00	71.00			
1500	22.00	24.50	26.50	28.75	31.50	34.75	37.25	42.50	50.00	55.50	60.50	64.00	71.50	73.50			
1750	22.00	24.50	26.50	28.75	31.50	35.50	38.00	43.50	50.00	55.50	60.75	64.25	72.75	75.00			
2000	21.00	23.50	26.50	28.75	31.50	35.50	38.00	43.50	50.00	55.50	60.00	63.50	72.00	75.00			
2500	21.00	23.50	26.25	28.75	31.50	35.50	38.00	43.50	49.40	54.50	58.50	63.50	72.00	75.00			
3000	21.00	23.50	26.00	28.75	31.50	35.50	38.00	43.00	48.50	53.70	57.90	63.20	71.40	74.50			
3500	20.50	23.50	26.00	28.50	31.00	34.50	37.50	41.75	48.20	53.05	57.05	62.80	68.60	73.00			
4000	20.00	22.75	25.25	28.20	31.30	34.10	36.80	41.20	46.00	50.20	54.40	60.60	66.00	70.40			
4500	19.00	21.75	24.00	26.90	29.50	32.30	35.40	39.80	44.00	48.50	52.40	58.00	62.80	67.30			
5400	17.50	20.00	22.00	24.50	27.20	30.20	32.60	36.90	41.10	45.10	48.70	54.20	57.80	62.00			

13.ábra Injektálás limit értékek

4.6 Injektálás kezdés (btdec)

Fejlesztés során az injektálás kezdetének (SOI – Start of Injection, BTDC – Before Top Dead Center) értékeit úgy módosítják, hogy a befecskendezés a gyárihoz képest kissé korábban induljon el közepes és magas terhelésen. Ennek oka, hogy a tuning során megnövelt üzemanyag-mennyiség akkor tud optimálisan elégni, ha az égési folyamat nem késve, hanem megfelelő időben indul el. [3]

A korábbi injektálás egyenletesebb, tisztább égést eredményez, javítja a hatásfokot, és csökkenti a füstképződést, miközben a motor nagyobb teljesítményt képes leadni. A gyári térkép alacsony terhelésnél és kisebb fordulatszámokon már eleve ideális, ezért ezeken a pontokon a tuning nem változtat az értékeken, viszont nagyobb terhelésnél, például 30–60 mg/ütem üzemanyag és 2500 rpm felett, az értékek fokozatosan nőnek.

A képeken látható gyári és Stage 1 táblázatok világosan mutatják ezt a módosítást: 2000-es fordulaton, kis terhelésnél az érték változatlan marad, de nagyobb terhelésnél már 3,97 fokról 4,71 fokra nő az injektálás kezdete. 2750-es fordulaton körül, 55 mg/ütem terhelésnél a gyári 9,42 fok helyett 10,69 fok szerepel, míg 3500-as fordulaton és 60 mg terhelésnél a gyári 16,88 fok 18,21 fokra emelkedik.

A legnagyobb eltérések a magas fordulatszámon láthatók: 4500 rpm és maximális terhelés mellett a befecskendezés kezdete a gyári 26,80 fokról 28,59 fokra tolódik. Ezek a finom, de célzott módosítások lehetővé teszik, hogy a motor a megnövelt üzemanyag- és turbónyomásértékekkel összhangban nagyobb teljesítményt adjon le, miközben az égés stabilabb és hatékonyabb marad.

5/20/25, 2:36 PM

2EC4C - Start of Injection - org.

Change Map Axis/Val		Start of Injection												
		DBTDC (IQ [mg/stroke] , RPM [1/min]) / deg												
		0.00	4.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	45.00	50.00	60.00	
980		-2.94	-4.93	-5.93	-5.95	-3.97	-1.96	1.00	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
1000		-2.94	-4.93	-5.93	-4.93	-3.97	-1.00	1.00	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
1250		-2.97	-4.95	-4.95	-3.97	-1.98	-1.00	-1.00	0.96	1.98	2.99	3.97	3.97	
1500		-2.46	-4.45	-4.45	-2.97	-1.98	-0.98	-1.00	1.00	1.50	2.99	3.97	3.97	
1750		-1.48	-3.47	-3.97	-2.99	-1.48	-0.98	0.00	1.00	1.00	2.01	3.97	5.47	
2000		0.00	-1.98	-2.99	-2.46	-1.48	-0.98	0.00	1.00	1.00	2.01	3.97	6.96	
2250		1.00	0.00	-1.98	-1.98	-0.98	-0.50	0.48	1.50	1.48	2.99	5.95	8.44	
2500		1.98	1.00	-1.00	-1.00	-0.48	0.00	1.00	1.98	2.49	3.97	7.94	10.42	
2750		2.99	1.50	0.00	0.50	0.00	1.00	2.01	2.99	3.97	6.46	9.42	11.91	
3000		3.97	2.51	1.50	1.50	1.48	1.98	2.99	3.99	5.95	8.94	11.41	13.89	
3250		4.97	3.49	2.99	2.99	3.47	3.99	4.47	6.46	7.94	10.93	12.91	15.88	
3500		5.95	4.97	4.97	4.97	5.95	6.46	7.44	8.94	10.93	11.91	14.90	16.88	
3750		6.46	6.46	6.46	6.46	7.94	8.94	10.40	11.91	13.39	14.90	18.86	19.85	
4000		7.94	7.94	7.94	7.94	9.42	10.42	11.91	13.39	14.90	18.86	20.85	22.83	
4250		8.94	8.94	8.94	8.94	10.42	11.91	13.41	14.90	16.38	20.85	24.82	24.82	
4500		10.42	10.42	10.42	10.42	11.91	13.39	14.90	16.88	17.86	22.83	26.80	26.80	

5/20/25, 2:36 PM

2EC4C - Start of Injection - comp.

Change Map Axis/Val		Start of Injection												
		DBTDC (IQ [mg/stroke] , RPM [1/min]) / deg												
		0.00	4.00	8.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	45.00	50.00	60.00	
980		-2.94	-4.93	-5.93	-5.95	-3.97	-1.96	1.00	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
1000		-2.94	-4.93	-5.93	-4.93	-3.97	-1.00	1.00	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99	2.99
1250		-2.97	-4.95	-4.95	-3.97	-1.98	-1.00	-1.00	0.96	1.98	2.99	3.97	3.97	
1500		-2.46	-4.45	-4.45	-2.97	-1.98	-0.98	-1.00	1.00	1.50	2.99	3.97	3.97	
1750		-1.48	-3.47	-3.97	-2.99	-1.48	-0.98	0.00	1.00	1.00	2.01	3.97	5.47	
2000		0.00	-1.98	-2.99	-2.46	-1.48	-0.98	0.00	1.00	1.00	2.01	4.71	8.05	
2250		1.00	0.00	-1.98	-1.98	-0.98	-0.50	0.48	1.50	1.48	2.99	6.98	9.40	
2500		1.98	1.00	-1.00	-1.00	-0.48	0.00	1.00	1.98	2.49	3.97	9.20	11.60	
2750		2.99	1.50	0.00	0.50	0.00	1.00	2.01	2.99	3.97	6.46	10.69	12.98	
3000		3.97	2.51	1.50	1.50	1.48	1.98	2.99	3.99	5.95	8.94	12.65	14.96	
3250		4.97	3.49	2.99	2.99	3.47	3.99	4.47	6.46	7.94	10.93	14.31	17.19	
3500		5.95	4.97	4.97	4.97	5.95	6.46	7.44	8.94	10.93	11.91	16.38	18.21	
3750		6.46	6.46	6.46	6.46	7.94	8.94	10.40	11.91	13.39	14.90	20.46	21.35	
4000		7.94	7.94	7.94	7.94	9.42	10.42	11.91	13.39	14.90	18.86	22.38	24.51	
4250		8.94	8.94	8.94	8.94	10.42	11.91	13.41	14.90	16.38	20.85	26.52	26.52	
4500		10.42	10.42	10.42	10.42	11.91	13.39	14.90	16.88	17.86	22.83	28.59	28.59	

14.ábra Injektálás kezdés értékek

4.7 Injektálási idő (injektor nyitvatartási idő)

Chip tuning során az injektálási időt úgy módosítják, hogy a motor a megnövelt üzemanyag-mennyiséget pontosan és teljes egészében be tudja fecskendezni a hengerbe. Az injektálási idő (μs – mikroszekundum) azt jelzi, hogy a befecskendező szelep mennyi ideig marad nyitva egy adott terhelés (IQ $\text{mm}^3/\text{ütem}$) és rail nyomás mellett. [3]

Mivel a fejlesztés során nő a turbónyomás, a nyomatéklimitek, a füsttárolók és más korlátok értéke, a motor több üzemanyagot kap, így hosszabb időre van szükség ahhoz, hogy a befecskendezők ezt a mennyiséget bejuttassák. A gyári térkép kis terhelésnél megfelelő, ezért ott nem történik változtatás, viszont közepes és nagy terhelésnél – különösen 1200 és 2000 bar közötti rail nyomásoknál – az injektálási idő értékei jelentősen megnőnek. [5] [3]

A képeken jól látható, hogy a Stage 1 módosítások főként ott jelennek meg, ahol a motor nagyobb teljesítményt ad le. Például 1200 bar rail nyomásnál és 40 $\text{mg}/\text{ütem}$ üzemanyagnál a gyári 779 μs érték 824 μs -ra emelkedik, míg 1600 bar és 50 mg esetén a gyári 936 μs helyett már 1056 μs látható. A magasabb terhelési tartományban a különbség még szembetűnőbb: 2000 bar mellett 75 mg esetén a befecskendezési idő 2437 μs -ról 2750 μs -ra nő, 1800 bar és 90 mg terhelésnél pedig 3421 μs -ról 3723 μs -ra emelkedik.

Ezek az eltérések biztosítják, hogy a motor ténylegesen képes legyen bejuttatni a nagyobb üzemanyag-mennyiséget úgy, hogy az tökéletesen el is égjen, ezzel növelve a teljesítményt és a nyomatékot. A módosítások teljesen összhangban vannak a többi tuningolt táblával, például a turbónyomás-térképpel, a nyomatéklimiterrel, a MAP limiterekkel és az injektálás kezdetének módosításával. Ennek köszönhetően a motor nagyobb teljesítményt és jobb gyorsulást biztosít anélkül, hogy füstölne vagy romlana az égés minősége.

5/20/25, 2:34 PM

61B10 - Injection Duration CR - orig.

Change Map	Axis/Val	Injection Duration CR																			
		Injector Opening Time (IQ [mm3/stroke] , Rail Pressure [bar]) / μs																			
		0.00	0.02	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	6.00	8.00	11.00	15.00	20.00	28.00	35.00	48.00	60.00	75.00	90.00
120	0	223	341	464	549	637	680	707	782	941	1058	1215	1426	1690	2112	2481	3167	3800	4591	5382	
200	0	205	287	372	445	507	554	579	639	760	852	978	1148	1359	1697	1993	2542	3049	3683	4317	
250	0	193	253	315	381	426	470	500	549	648	723	830	973	1139	1417	1643	2063	2451	2936	3421	
300	0	177	232	289	331	365	396	426	503	584	655	756	877	1006	1244	1422	1752	2056	2437	2818	
400	0	182	220	260	299	328	358	379	426	500	560	630	731	836	1008	1167	1463	1735	2076	2417	
500	0	172	202	233	263	292	313	334	386	453	504	566	646	749	908	1026	1274	1502	1787	2073	
600	0	176	206	237	262	281	302	322	363	413	463	521	585	673	824	945	1151	1360	1621	1882	
700	0	183	208	231	248	269	290	305	334	388	442	487	544	623	750	867	1045	1227	1455	1684	
800	0	188	209	231	254	278	293	307	334	377	420	468	519	592	698	813	963	1137	1352	1565	
900	0	192	211	231	250	272	287	300	328	377	418	455	504	565	660	767	913	1056	1254	1444	
1000	0	195	210	226	244	262	277	291	316	363	404	445	484	537	631	725	864	1007	1193	1373	
1200	0	193	208	224	239	253	266	277	302	344	385	424	460	509	589	667	804	933	1098	1260	
1300	0	196	208	221	232	247	263	273	295	337	376	415	453	498	572	652	784	902	1051	1202	
1400	0	193	207	222	233	244	256	265	284	327	368	404	444	490	557	630	758	872	1017	1163	
1600	0	194	205	217	228	240	252	264	284	319	358	397	431	472	542	606	718	818	950	1075	
1800	0	190	200	211	223	236	247	256	276	309	339	379	418	458	525	587	687	792	924	1057	

5/20/25, 2:34 PM

61B10 - Injection Duration CR - comp.

Change Map	Axis/Val	Injection Duration CR																			
		Injector Opening Time (IQ [mm3/stroke] , Rail Pressure [bar]) / μs																			
		0.00	0.02	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	6.00	8.00	11.00	15.00	20.00	28.00	35.00	48.00	60.00	75.00	90.00
120	0	223	341	464	549	637	680	707	782	941	1058	1215	1426	1690	2112	2481	3167	3800	4591	5382	
200	0	205	287	372	445	507	554	579	639	760	852	978	1148	1359	1697	1993	2542	3049	3683	4317	
250	0	193	253	315	381	426	470	500	549	648	723	830	973	1139	1417	1643	2063	2451	2936	3421	
300	0	177	232	289	331	365	396	426	503	584	655	756	877	1006	1244	1422	1752	2056	2437	2818	
400	0	182	220	260	299	328	358	379	426	500	560	630	731	836	1008	1167	1463	1735	2076	2417	
500	0	172	202	233	263	292	313	334	386	453	504	566	646	749	908	1026	1274	1502	1787	2073	
600	0	176	206	237	262	281	302	322	363	413	463	521	585	673	824	945	1151	1360	1621	1882	
700	0	183	208	231	248	269	290	305	334	388	442	487	544	623	750	867	1045	1227	1455	1684	
800	0	188	209	231	254	278	293	307	334	377	420	468	519	592	698	813	963	1137	1352	1565	
900	0	192	211	231	250	272	287	300	328	377	418	455	504	565	660	767	913	1056	1254	1444	
1000	0	195	210	226	244	262	277	291	316	363	404	445	484	537	631	725	864	1007	1193	1373	
1200	0	193	208	224	239	253	266	277	302	344	385	424	460	509	589	667	804	933	1098	1260	
1300	0	196	208	221	232	247	263	273	295	337	376	415	453	498	572	652	784	902	1051	1202	
1400	0	193	207	222	233	244	256	265	284	327	368	404	444	490	557	630	758	872	1017	1163	
1600	0	194	205	217	228	240	252	264	284	319	358	397	431	472	542	606	718	818	950	1075	
1800	0	190	200	211	223	236	247	256	276	309	339	379	418	458	525	587	687	792	924	1057	

15.ábra Injektálás idő értékek

5 Különbség a gyári és a javított szoftver között

A gyári és a Stage 1-es szoftver között jelentős különbség van, mivel a gyári beállítások elsősorban a megbízhatóságot, az emissziós előírások teljesítését és a minél szélesebb működési tartományt helyezik előtérbe, míg a Stage 1-es szoftver a motor valódi képességeit aknázza ki, és jóval magasabb teljesítményt, gyorsabb gázreakciót és élvezetesebb vezetési élményt biztosít. A gyári szoftver szinte minden olyan területen visszafogja a motort, ahol az akár több erőt is adhatna, ezért alacsonyabb turbónyomást használ, kevesebb üzemanyagot enged be, szigorú nyomaték-, levegő- és befecskendezési limiteket alkalmaz, és óvatos égési időzítést használ. Ezzel szemben a Stage 1 tuning ezeket a korlátozásokat felszabadítja, miközben a megbízhatóság továbbra is megmarad.

A gázpedál térkép módosításával a motor sokkal közvetlenebbül reagál a vezető igényeire: míg a gyári szoftver 100%-os gázpedál-állásnál körülbelül 340 Nm nyomatékot kér, addig a Stage 1-es verzió ezt egészen 500 Nm-ig emeli. A közepes pedálállásoknál is magasabb értékeket használ, így már részterhelésnél is nagyobb gyorsulást biztosít. A turbónyomást a gyári szoftver visszafogja, átlagosan 2000–2250 mbar körül tartva, míg a módosított szoftver stabilan 2500–2700 mbar környékén működteti a rendszert, ami nagyobb levegőmennyiséget és így több éghető keveréket eredményez.

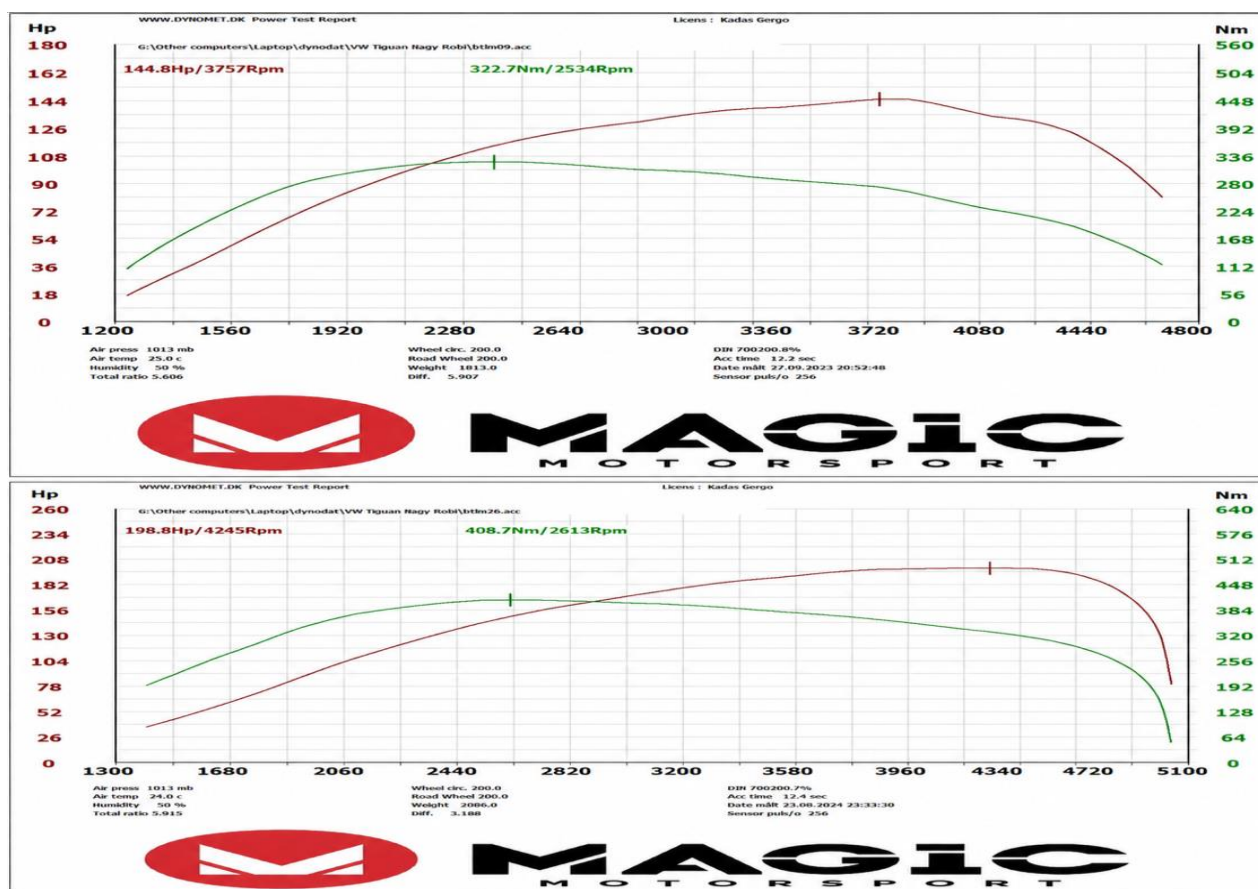
A nyomatéklimiterek szintén komoly különbséget mutatnak: gyári állapotban 330–350 Nm körül maximálnak, így akkor sem engedik a nagyobb nyomatékot, ha a motor és a turbó lenne hozzá tartalék. A Stage 1 viszont ezeket a limiteket 450–500 Nm tartományba emeli, így az ECU valóban képes kihasználni a motor képességeit. A MAP- és MAF-alapú üzemanyaglimitek is megnövelésre kerülnek, így a motor nagy terhelésnél is képes több üzemanyagot befecskendezni, ami magasabb teljesítményt eredményez.

Az injektálási idő (duration map) tuning során meghosszabbodik, ami azért fontos, mert a nagyobb üzemanyag-mennyiséget több idő alatt lehet optimálisan bejuttatni a hengerbe. A gyári értékek terhelés alatt rövidek, így visszafogják a teljesítményt, míg a Stage 1-es szoftver 20–30%-kal hosszabb befecskendezési időt használ a megfelelő tartományokban. Az injektálás kezdete (SOI) is optimalizálásra kerül: a gyári előbefecskendezés gyakran késői, ami gyengébb égést és alacsonyabb hatásfokot eredményez. A tuning ezzel szemben korábban, pontosabban időzített injektálást alkalmaz, ami tisztább égést, jobb hatásfokot és alacsonyabb égéstéri hőmérsékletet biztosít.

A MAP szerinti befecskendezési limit is megemelésre kerül, így a motor magas töltőnyomás mellett sem korlátozza feleslegesen az üzemanyag mennyiségét. Emellett az overboost és turbóvédelmi táblák is módosulnak: gyári állapotban a turbó 2300–2400 mbar környékén már korlátozásba ütközik, míg a Stage 1 ezt 2550–2750 mbar értékig kitolja, biztosítva a stabil, erősebb turbónyomást.

Összességében a Stage 1 szoftver azért jobb a gyárinál, mert felszabadítja a motorban rejlő tartalékokat. Gyorsabb gázreakciót, nagyobb nyomatékot, erősebb gyorsulást és jóval élénkebb vezetési élményt nyújt. A motor rugalmasabbá válik, kevesebbet kell visszaváltani, és minden fordulatszám tartományban érezhetően erősebben húz.

A tuning emellett az égést is hatékonyabbá teszi, jobb előgyújtás-időzítést és megfelelő levegő–üzemanyag arányt biztosít, így a motor tisztábban, kevesebb füsttel működik. A gyári szoftver egy kompromisszumos, visszafogott beállítás, míg a Stage 1 egy optimalizált, teljesítményorientált konfiguráció, amely még mindig biztonságos, de érezhetően erősebb és élvezetesebb autózást nyújt.



16.ábra Gyári szoftver és Stage 1 DYNO mérés

5.1 A szoftvermódosítás előnyei

A megfelelően elvégzett motorvezérlő szoftver módosítás bizonyos szempontból kedvezőbb működési jellemzőket eredményezhet a gyári beállításokhoz képest. Fontos azonban kiemelni, hogy ezek az előnyök kizárólag szakszerűen végrehajtott, a motor és a hajtáslánc sajátosságait figyelembe vevő módosítások esetén érvényesülnek.

Az egyik legjelentősebb előny a megnövekedett nyomaték és teljesítmény, amely elsősorban a befecskendezési mennyiség, a turbónyomás és az égési folyamat optimalizálásának eredménye. A gyári szoftverek gyakran biztonsági tartalékokkal rendelkeznek, amelyek különböző környezeti feltételekhez és üzemanyag-minőségekhez igazodnak, így ezek részleges kihasználásával növelhető a motor teljesítménye.

További előnyként említhető a gázpedál reakció javulása és a vezethetőség optimalizálása. A szoftvermódosítás során finomhangolható a gázpedál karakterisztika, amely közvetlenebb reakciót és dinamikusabb gyorsulást eredményezhet.

Bizonyos esetekben az üzemanyag-fogyasztás is kedvező irányba változhat, különösen részterheléses üzemben. Ennek oka, hogy az optimalizált nyomatékleadás révén a jármű alacsonyabb fordulatszámon is hatékonyan működtethető.

Szakmai szempontból azonban hangsúlyozni kell, hogy a gyári szoftverek elsődleges célja a megbízhatóság, az emissziós megfelelés és a hosszú élettartam biztosítása, ezért a szoftvermódosítás során ezek az aspektusok nem hagyhatók figyelmen kívül.

6 Összegzés és saját szakmai következtetések

A szakdolgozat elkészítése során részletesen megvizsgáltam a modern dízelmotorok működését, a motorvezérlő egységek (ECU) felépítését, valamint azokat a paramétereket, amelyek módosításával a motor teljesítménye, nyomatéka és gázreakciója jelentős mértékben javítható. A gyári beállítások és a Stage 1 tuningolt szoftver összehasonlítása alapján világosan látható, hogy a motorokban jóval nagyobb tartalékok rejlenek, mint amit a gyártó a mindennapi használatra engedélyez. A gyári szoftver ugyanis számos olyan korlátozást tartalmaz, amelyek a megbízhatóság, a károsanyag-kibocsátás, a jogszabályi megfelelés és a szélsőséges körülmények között való üzemeltetés miatt szükségesek. A Stage 1 optimalizáció célja ezeknek a korlátozásoknak a biztonságos határokon belüli felszabadítása.

A teljesítménynövekedés legfőbb oka az, hogy a motor több levegőt és több üzemanyagot képes bejuttatni az égéstérbe, miközben az égés időzítése és minősége is optimalizáltabbá válik. A turbónyomás emelésével a motorba jutó levegő mennyisége növekszik, ami lehetővé teszi nagyobb üzemanyag-mennyiség bejuttatását – hiszen a dízelmotor teljesítménye alapvetően a befecskendezett üzemanyag mennyiségével arányos, feltéve, hogy elegendő oxigén áll rendelkezésre. A gyári turbónyomás-értékek gyakran visszafogottak, mert a gyártó a tartósságot és az emissziót helyezi előtérbe. A Stage 1 szoftver ezzel szemben pontosabban közelíti meg azt a tartományt, ahol a turbófeltöltő valódi hatásfoka a legjobb, így növelve a motor teljesítményét és rugalmasságát.

A középtartomány olyan fordulatszám- és terhelési zóna, ahol a dízelmotorok üzemeltetése a leggyakoribb, különösen országúti és városi használat során. A Stage 1 tuning egyik leginkább érzékelhető előnye a középtartományban jelentkező erőteljesség. Ennek oka, hogy ebben a tartományban a turbó már hatékonyan dolgozik, a befecskendezési térképek pedig több üzemanyagot engednek be, miközben a nyomatéklimiterek is magasabbra vannak állítva. A vezető ezt úgy érzékeli, hogy a jármű sokkal kevesebbet kényszerül visszaváltani, könnyebben gyorsul, előzéskor pedig magabiztosabban húz. A gyári és a módosított térképek összehasonlítása egyértelműen megmutatja, hogy a Stage 1 szoftver nagyobb nyomatékkérést enged a gázpedálon keresztül, és magasabb nyomatékot is biztosít a motor által.

A vezetési élmény jelentős mértékben megváltozik a tuning hatására. A motor gyorsabban reagál a gázpedálra, a teljesítményleadás egyenletesebb és erőteljesebb, a gyorsulás pedig dinamikusabbá válik. A sofőr számára az autó

„könnyebbnek”, élénkebbnek érződik, és sokkal szélesebb tartományban áll rendelkezésre a használható nyomaték. Ez különösen előnyös például emelkedőn való haladáskor, előzéseknél vagy terhelés alatt, de általános közlekedésben is jól érzékelhető. Aki egyszer megtapasztalja a Stage 1 által nyújtott vezetési karaktert, gyakran utána a gyári állapotot fákónak és lomha érzetűnek találja.

A tuning azonban nem csupán a teljesítménynövelésről szól; a biztonságos és tartós működés megőrzése legalább ennyire fontos. A tuning során figyelembe kell venni a motor és a hajtáslánc fizikai korlátait, mint például a turbófeltöltő maximális fordulatszámát, a kuplung és kettóstömegű lendkerék terhelhetőségét, a befecskendező rendszer maximális üzemanyagnyomását, valamint a kipufogógáz hőmérsékletének korlátait. Egy professzionális Stage 1 beállítás célja nem az alkatrészek extrém igénybevétele, hanem a motor gyárilag belettervezett tartalékainak ésszerű kihasználása. Ennek érdekében a szoftverben továbbra is aktívak maradnak a gyári biztonsági funkciók, mint például az overboost védelem, a hőmérsékleti limiterek, a nyomatékmonitoring és a motorvédelmi algoritmusok.

A tuning világának fejlődése folyamatos és gyors. A jövőben az ECU-optimalizálás várhatóan még inkább a precíziós technológiák irányába mozdul el. Egyre több autóban jelennek meg valós idejű loggolási és visszacsatolási rendszerek, amelyekkel dinamikusan lehet módosítani a motor működését. Az üzemanyagok fejlődése (pl. prémium dízelek, bio-adalékos keverékek) és a turbótechnológia modernizálódása is új lehetőségeket nyit meg a teljesítményoptimalizálásban. A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás alapú vezérlési modellkísérletek már jelen vannak a motorsportban, és várhatóan idővel a hétköznapi tuningban is megjelennek. Emellett az alternatív üzemanyagok, például a HVO dízel vagy a szintetikus üzemanyagok új tuningirányokat tesznek majd lehetővé, mivel tisztábban égnek és magasabb kompresszióviszony mellett is hatékonyak.

Összességében kijelenthető, hogy a Stage 1 tuning nem csupán a teljesítmény növelését jelenti, hanem a motor működésének optimalizálását, a gyártó által meghagyott tartalékok tudatos és biztonságos kihasználását. A modern motorvezérlő rendszerek összetettsége miatt azonban elengedhetetlen a megfelelő szakértelem, a precíz beállítás és a motor védelmét szolgáló funkciók megőrzése. A tuning csak akkor tekinthető sikeresnek, ha a jármű nemcsak erősebb, hanem ugyanolyan megbízhatóan és fenntartható módon működik, mint a módosítás előtt.

6.1 Saját szakmai tapasztalat alapján

A szakdolgozat készítése során szerzett elméleti ismereteket a gyakorlatban is volt lehetőségem megfigyelni, mivel Volvo márkaszervizben dolgozom. Ennek során találkoztam a Polestar Engineered Optimization nevű gyári szoftveroptimalizálással, amely jól szemlélteti a professzionális motorvezérlő szoftver módosítások működését.

A Polestar optimalizálás során a gyártó nem kizárólag a maximális teljesítmény növelésére törekszik, hanem a teljes hajtáslánc működésének összehangolására. A módosítás kiterjed többek között a gázpedál karakterisztikára, a nyomatékszabályozásra, valamint az automata váltó vezérlésére is. Ennek eredményeként a jármű dinamikusabbá válik, miközben a motor és a kapcsolódó rendszerek terhelése a gyári határértékeken belül marad.

Szakmai szempontból megállapítható, hogy a gyári optimalizálások – mint a Polestar – jelentős különbséget mutatnak az utólagos, nem gyári szoftvermódosításokhoz képest. Míg az utóbbiak gyakran a maximális teljesítmény elérésére fókuszálnak, addig a gyári megoldások komplex rendszerként kezelik a jármű működését, figyelembe véve a megbízhatóságot, az emissziós előírásokat és a hosszú távú üzemeltetést is.

A gyári optimalizálások, mint például a Volvo által alkalmazott Polestar Engineered Optimization rendszer, jól mutatják, hogy a teljesítménynövelés és a megbízhatóság közötti egyensúly megfelelő mérnöki megközelítéssel biztosítható.

Ez alapján kijelenthető, hogy a professzionális szoftvermódosítás nem csupán teljesítménynövelés, hanem komplex rendszeroptimalizálás.

Irodalomjegyzék

- [1] Navet, Nicolas; Simonot-Lion, Françoise (eds.): Automotive Embedded Systems Handbook. 1st edition, CRC Press / Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2008.
- [2] Ribbens, William B.: Understanding Automotive Electronics: An Engineering Perspective. 8th edition, Butterworth-Heinemann / Elsevier, Oxford, 2017.
- [3] Banish, Greg: Engine Management: Advanced Tuning. Illustrated edition, CarTech Inc. (S-A Design), North Branch, 2007.
- [4] European Parliament and Council: Regulation (EC) No 715/2007 of 20 June 2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6). Official Journal of the European Union, 2007. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007R0715>
- [5] Robert Bosch GmbH: Bosch Automotive Handbook. 10th edition, Wiley, 2019.
- [6] <https://share.google/nTzAocxjYvWzGxHAA>

ÖSSZEFOGLALÓ

GÉPJÁRMŰVEK SZOFTVER MÓDOSÍTÁSA JOBB TELJESÍTMÉNY ÉRDEKÉBEN

Hári Henrik-Zoltán (LR13NL)

A szakdolgozat a gépjárművek motorvezérlő szoftverének módosítását, vagyis az ECU-tuning műszaki hátterét, lehetőségeit és kockázatait mutatja be. A dolgozat ismerteti, hogy a modern járművek működését nagyrészt elektronikus vezérlőegységek szabályozzák, amelyek szenzoradatok alapján irányítják a befecskendezést, a turbónyomást, a gyújtásidőzítést, az emissziós rendszereket és a diagnosztikai funkciókat.

Bemutatásra kerül a gyári szoftver szerepe, amelynek fő célja a megbízható működés, az optimális fogyasztás, a hosszú élettartam és a környezetvédelmi előírások teljesítése. A gyári kalibrációk zárt és nyílt hurkú szabályozással biztosítják, hogy a motor eltérő üzemi körülmények között is stabilan működjön.

A dolgozat részletesen tárgyalja a szoftverkiolvasás és -írás módszereit, köztük az OBD, BENCH és a BOOT eljárást. Ezek eltérő hozzáférési szintet, kockázatot és szakmai felkészültséget igényelnek. A módosítás során leggyakrabban a gázpedál-térkép, a turbónyomás, az overboost, a nyomatékhatóróló, az injektálási idő és az injektálás kezdete változik.

Emellett a dolgozat hangsúlyozza, hogy a teljesítménynövelés nem önállóan, hanem a jármű teljes rendszerének figyelembevételével értelmezhető. A motorvezérlő szoftver módosítása során minden beavatkozás hatással van a levegőellátásra, az üzemanyag-befecskendezésre, az égési folyamatra és a kipufogógáz-kezelésre is. Ezért a biztonságos optimalizálás alapja a pontos adatkilvasás, a gyári értékek megőrzése, valamint a módosított paraméterek ellenőrzése terhelés alatt.

Debrecen, 04.05.2026

.....

Név

SUMMARY OF THESIS

SOFTWARE MODIFICATION OF VEHICLES FOR BETTER PERFORMANCE

Henrik-Zoltán Hári(LR13NL)

The thesis presents the technical background, possibilities, and risks of modifying vehicle engine control software, in other words ECU tuning. The thesis explains that the operation of modern vehicles is largely controlled by electronic control units, which use sensor data to manage fuel injection, turbo pressure, ignition timing, emission systems, and diagnostic functions.

The role of the factory software is also presented. Its main purpose is to ensure reliable operation, optimal fuel consumption, long service life, and compliance with environmental regulations. Factory calibrations use closed-loop and open-loop control to ensure that the engine operates stably under different operating conditions.

The thesis discusses in detail the methods of reading and writing software, including OBD, BENCH, and BOOT procedures. These methods require different levels of access, involve different risks, and demand varying degrees of professional expertise. During modification, the most commonly changed parameters include the accelerator pedal map, turbo pressure, overboost, torque limiter, injection duration, and start of injection.

In addition, the thesis emphasizes that performance enhancement should not be considered independently, but in relation to the entire vehicle system. During the modification of engine control software, every intervention affects the air supply, fuel injection, combustion process, and exhaust gas aftertreatment system. Therefore, the basis of safe optimization is accurate data reading, preservation of factory values, and verification of the modified parameters under load.

Debrecen, 04.05.2026

.....

Name

TÉMAVEZETŐI KONZULTÁCIÓ

Hallgató neve: Hári Henrik Zoltán

Témavezető neve: Tamás Péter Tibor

Konzulens neve: Szappanos Tamás Dániel

Dolgozat beadási határideje: 2026. május 7.

Dolgozat címe: Gépjárművek szoftver módosítása
jobb teljesítmény érdekében

Konzultáció időpontja	Megbeszélés tárgya	Témavezető aláírása
1. konzultáció 14.01.2026	Szakdolgozat fő felépítésének meghatározása.	
2. konzultáció 18.02.2026	Szakdolgozat jelenlegi állásának áttekintése.	
3. konzultáció 18.03.2026	Szakdolgozat helyességének ellenőrzése.	
4. konzultáció 29.04.2026	Szakdolgozat összefoglalása, zárása.	

A szakdolgozat beadható: igen / nem



témavezető

Debrecen, 29.04.2026

ELLENŐRZŐ LISTA

Név: Hári Henrik-Zoltán

Neptun azonosító: LR13NL

Szakedolgozat címe:

Gépjárművek szoftver módosítása jobb teljesítmény érdekében

Kijelentem, hogy a mai napon a szakedolgozattal a következő dokumentumok kerülnek benyújtásra:

IGEN	NEM	Dokumentum	
X		sorszámozott kiírólap	(tanszék által kiadott eredti példány)
X		plágium nyilatkozat	(hallgató által aláírva)
X		elfogadási nyilatkozat	(témavezető által aláírva)
	X	titoktartási megállapodás	(opcionális)
X		összefoglalók (magyar, angol)	(a hivatalos minta szerint, aláírva)
X		konzulensi lap	(hiánytalanul kitöltve, aláírva)
X		plágiumszűrés	(a dolgozat plágiumszűrve kerül beadásra)
X		e-Learningkurzusba feltöltött 1 db pdf állomány tartalma: kiírólap, plágium nyilatkozat, elfogadási nyilatkozat, titoktartási (opcionális), szakedolgozat ,magyar és angol összefoglalók,konzulensi lap, igazolványkép	

Aláírással megerősítem, hogy a dolgozat hiánytalan benyújtásáért kizárólagos felelősséget vállalok. Továbbá tudomásul veszem, hogy bármely dokumentum hiányában a Debreceni Egyetem megtagadja a dolgozat bírálati eljárásának lefolytatását, valamint a záróvizsgára bocsátást.

.....

hallgató

Debrecen, 20.... év hónap.....nap

