

OBOR VZDĚLÁNÍ

23-45-M/01 Dopravní prostředky

ZAMĚŘENÍ

Silniční vozidla

MATURITNÍ PRÁCE

Diagnostika emisních systémů vznětových motorů

Shrnutí

Tato práce pokrývá téma emise u vznětových motorů od historie po současnost. Dále je zaměřena na samotný vznik emisí a jejich škodlivost a vliv na lidské zdraví společně s životním prostředím.

V dalších kapitolách se zaměřím na prvky a moderní systémy pro co nejefektivnější snižování emisí. Na závěr se práce zaměřuje na praktickou opravu a diagnostiku emisního systému a postupu a nástrojů, kterých se využívá při měření emisí vznětových motorů.

Obsah

Úvod	1
1 Emise u vznětových motorů	3
1.1 Druhy vznětových motorů	3
1.2 Výhody a nevýhody diesellových motorů	4
1.2.1 Výhody	5
1.2.2 Nevýhody	6
1.3 Princip vznětového motoru	7
1.4 Vznik škodlivých emisí	8
1.4.1 Oxid uhelnatý (CO)	9
1.4.2 Uhlovodíky (HC)	10
1.4.3 Pevné částice (PM)	10
1.4.4 Oxidy dusíku (NO _x)	10
2 Systémy pro snižování škodlivých emisí u vznětových motorů	11
2.1 Okruh spalování	11
2.1.1 Vstřikování	11
2.1.2 Sací potrubí	12
2.1.3 Palivo	13
2.1.4 Spalovací prostor	13
2.1.5 Oxidační katalyzátor	15
2.1.6 Filtr pevných částic (DPF)	16
2.1.7 SCR katalyzátor	18
2.1.8 EGR ventil	19
3 Diagnostika a opravy emisních systémů	23
3.1 Diagnostika EGR ventilu	23
3.1.1 Příčiny poruch EGR ventilu	23
3.1.2 Projevy poruch EGR ventilu	24
3.1.3 Prevence proti poruchám	24
3.1.4 Vyčtení paměti závad	24
3.1.5 Měření aktuálních hodnot	25
3.1.6 Mechanické ověření závady	27
3.1.7 Jízdní zkouška	29

3.1.8	Vyhodnocení.....	30
3.2	Oprava EGR ventilu	31
3.2.1	Diagnostika	31
3.2.2	Postup opravy.....	32
3.2.3	Čištění EGR ventilu	35
4	Měření emisí vznětových motorů	37
4.1	Metodický postup měření emisí.....	38
4.1.1	Vizuální kontrola a vyčtení paměti závad a Readiness kódů.....	39
4.1.2	Identifikace vozidla.....	40
4.1.3	Příprava před měřením	44
4.1.4	Kontrola při volnoběhu a přeběhových otáčkách	44
4.1.5	Měření kouřivosti	47
4.1.6	Metoda volné akcelerace	48
4.1.7	Výsledek měření emisí	49
	Závěr.....	54
	Zdroje	

Seznam obrázků

Obrázek 1: Podíl silniční dopravy na celkových emisích z dopravy	1
Obrázek 2: Vývoj Evropských norem	2
Obrázek 3: Schéma systému Common Rail	4
Obrázek 4: Typické využití dieselových motorů	5
Obrázek 5: Pracovní doby čtyřdobého motoru	8
Obrázek 6: Proměnná délka sacího potrubí	12
Obrázek 7: Tvary spalovacích prostor	14
Obrázek 8: Konstrukce oxidačního katalyzátoru.....	16
Obrázek 9: Konstrukce DPF filtru	17
Obrázek 10: Schéma systému SCR	19
Obrázek 11: Schéma EGR okruhu	20
Obrázek 12: EGR ovládaný pod tlakem	21
Obrázek 13: Průřez EGR systémem	22
Obrázek 14: Odpojení EGR	33
Obrázek 15: Před a po čištění ventilu	36

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled emisních norem	2
Tabulka 2: Tabulka limitů síry v naftě	13
Tabulka 3: Vztah mezi koeficientem absorpce a procenty	38
Tabulka 4: Přehled norem kouřivosti	38

Seznam fotografií

Fotografie 1: Vyčtení sériové diagnostiky	25
Fotografie 2: DataLogger volnoběh 1.....	26
Fotografie 3: DataLogger volnoběh 2.....	26
Fotografie 4: DataLogger zvýšené otáčky	27
Fotografie 5: Čištění EGR.....	28
Fotografie 6: Chybové hlášení po odpojení snímače	28
Fotografie 7: Konektor EGR.....	29
Fotografie 8: Záznam z jízdy	30
Fotografie 9: Paměť závad bez závad v řídicí jednotce motoru	30
Fotografie 10: Chybové kódy diagnostiky	32
Fotografie 11: Přístup k EGR ventilu	33
Fotografie 12: EGR ventil v motorovém prostoru.....	33
Fotografie 13: Popis EGR v motorovém prostoru	34
Fotografie 14: Vrstva usazenin po demontáži.....	34
Fotografie 15: Čistící sprej na EGR ventil	35
Fotografie 16: Opacimetr 1	37
Fotografie 17: Opacimetr 2	37
Fotografie 18: Vyčtení paměti závad.....	39
Fotografie 19: Údaje o vozidle	40
Fotografie 20: Vyhledávání vozu	41
Fotografie 21: Záznamník závad vozidla	41
Fotografie 22: Zadní strana záznamníku závad.....	42
Fotografie 23: Fotodokumentace vozidla	43
Fotografie 24: Příprava měření	44
Fotografie 25: Test rozsahu otáček a teploty.....	45
Fotografie 26: Vizuální kontrola	45
Fotografie 27: Test kontrolky MIL	46
Fotografie 28: Kontrola volnoběhu	46
Fotografie 29: Test přeběhových otáček.....	47
Fotografie 30: Čistící akcelerace.....	48
Fotografie 31: Volná akcelerace.....	49
Fotografie 32: Finální vyčtení paměti závad	50

Fotografie 33: Závěr měření emisí	51
Fotografie 34: Protokol o měření emisí 1	52
Fotografie 35: Protokol o měření emisí 2	53

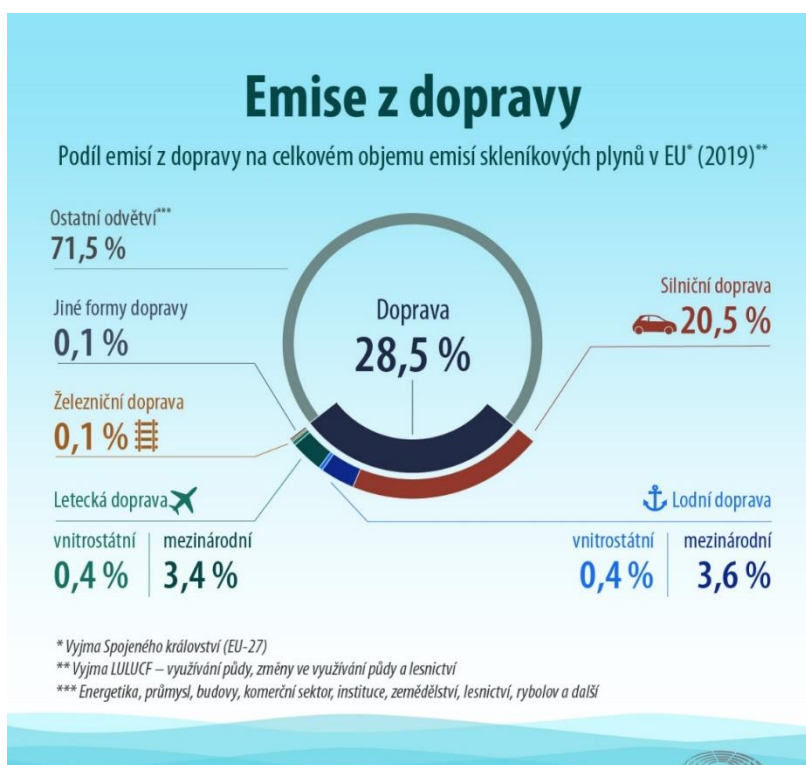
Seznam grafů

Graf 1: Složení výfukových plynů vznětových motorů	9
--	---

Úvod

Se stále zvyšujícím se vozovým parkem roste i povědomí veřejnosti o negativních vlivech vozidel nejen na lidské zdraví, ale hlavně na životní prostředí. Také se čím dál tím více začíná řešit **tzv. skleníkový efekt** – skleníkové plyny zachycují teplo a sluneční energie, které jsou vyzařovány ze zemského povrchu a brání jim, aby se uvolnily do vesmíru. Tento efekt je ve zdravé míře prospěšný, jenomže lidská produkce neregulovaně produkuje vysoké množství, tím zvyšují skleníkový efekt, což má za následek globální oteplování.

Doprava měla podle dat Evropské agentury pro životní prostředí podíl na celkovém objemu skleníkových plynů (vyprodukovaných v EU) 28,5 %. z toho 20,5 % právě silniční doprava. Evropská unie se rozhodla snížit v tomto odvětví snížit celkové emise skleníkových plynů o 55 % oproti roku 1990.



Obrázek 1: Podíl silniční dopravy na celkových emisích z dopravy ¹

¹ Emise z dopravy. Online. Dostupné

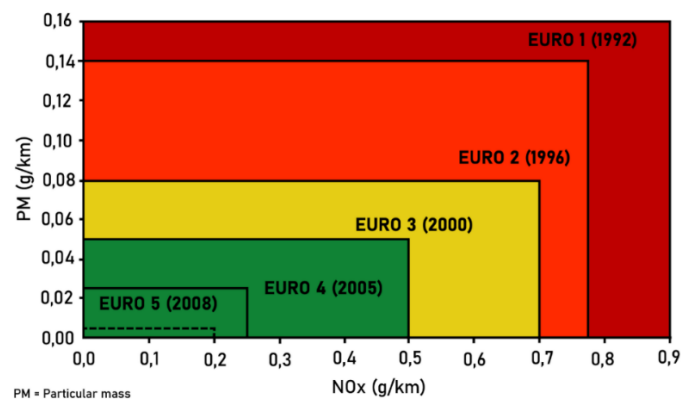
z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20191129STO67756/emise-z-letecke-a-lodni-dopravy-fakta-a-cisla-infografika>. [cit. 2024-01-30].

Za tímto účelem snižování emisí vznikly **tzv. Euro normy**. Ty se vztahují pouze na vozidla prodávaná v Evropské unii a členských státech, avšak stále více států se normami nechává inspirovat pro vlastní regulaci trhu. S nimi přišlo i nařízení **tzv. EOBD** (Euro On Board Diagnostics) zásuvek. Ty měly za úkol snížit četnost poruch ovlivňující emisní systém a jejich předcházení. Dřívější verze při detekované závadě pouze rozsvítily kontrolku motoru MIL, novější, které na trh přivedla automobilka General Motors v roce 1980, které již umožňovaly zobrazení diagnostických poruchových kódů (DTC).

Tabulka 1: Přehled emisních norem ²

Norma	Rok zavedení	CO	NOx	HC + NOx	PM
1	1992	3,16	1,13	1,8	-
2	1996	1	-	0,7	0,08
3	2000	0,64	0,5	0,56	0,05
4	2005	0,5	0,25	0,3	0,025
5	2009	0,5	0,18	0,23	0,005
6	2014	0,5	0,08	0,17	0,0045

- Všechny údaje uváděny v g/km
- CO – hmotnost oxidu uhelnatého
- NOx – hmotnost oxidů dusíku
- HC + NOx – součet hmotností uhlovodíků a oxidů dusíku
- PM – hmotnost pevných částic



Obrázek 2: Vývoj Evropských norem ³

² Wikipedie. Online. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Emisn%C3%AD_norma_Euro. [cit. 2024-02-05].

³ Emisní normy. Online. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Emisní_norma_Euro. [cit. 2024-01-30].

1 Emise u vznětových motorů

Vznětový motor byl poprvé představen široké veřejnosti v roce 1897. Postaral se o to německý konstruktér Rudolf Diesel, po kterém se občas nazývají vznětové motory diesellové, stejně tak jako jedno z jejich možných paliv, motorová nafta – diesel. Od té doby se v principu příliš nezměnily, za to ale po konstrukční stránce urazily dlouhou cestu.

1.1 Druhy vznětových motorů

Vznětové motory je možno rozdělit do dvou primárních kategorií.

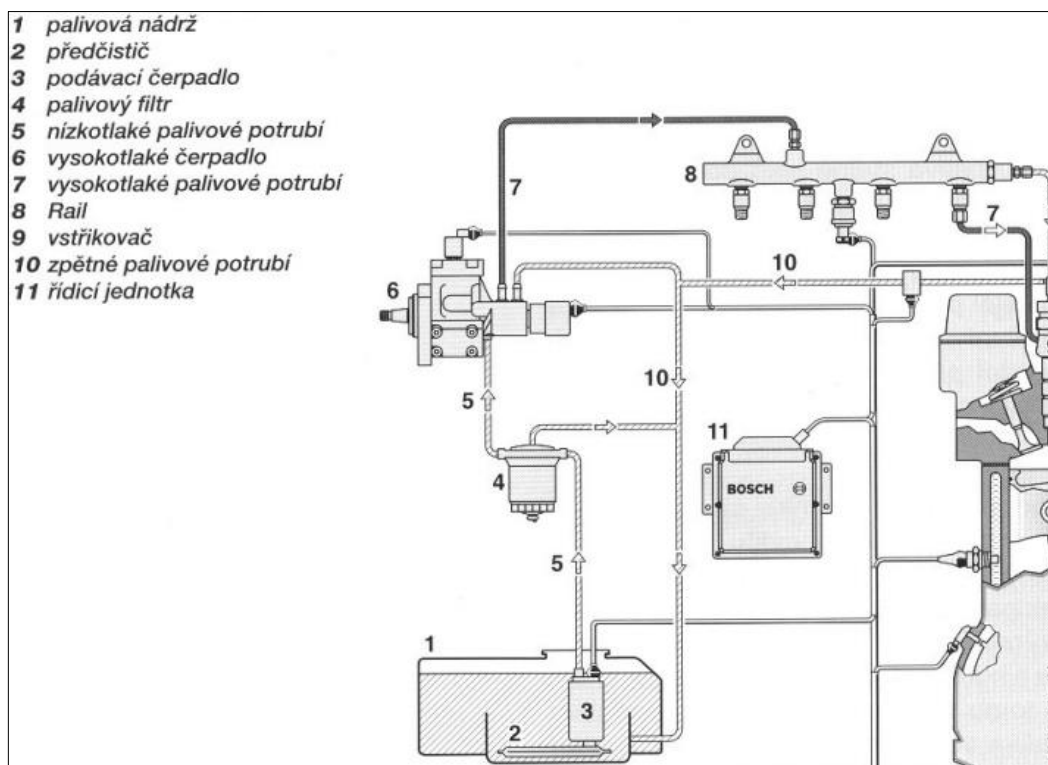
Rozdělení podle druhu použitého paliva:

- Naftový motor – palivem je motorová nafta
- Plynový motor – palivem je plyn (CNG, LPG)
- Kombinace – palivem je motorová nafta i plyn

Následně je důležité, jak se palivo do spalovacího prostoru dopraví a následně se odměří správná dávka, proto rozeznáváme vznětové motory podle **místa vstříku**:

- Motory s přímým vstřikováním – hoření současně se vstříknutím směsi probíhá ve spalovacím prostoru
- Motory s nepřímým vstřikováním – vstřík paliva a začátek hoření probíhá ve zvláštním odděleném prostoru, spojeného s válcem – komůrkou a následně se směs přenesou do hlavního spalovacího prostoru

V současné době se v popředí prodaných kusů drží vznětové motory s přímým vstřikováním paliva do válce. Zejména systém Common Rail, u kterého je hlavní výhodou elektronické vstřikování a hlavně vysoké tlaky vstřikovaného paliva (až 250 MPa při maximálních otáčkách), což zajišťuje mimo jiné správné množství vstřikovaného paliva a optimální řízení **tzv. předvstříku**, kterým nastavujeme okamžik vstříknutí směsi do válce před horní úvratí pístu. Tato hodnota je důležitá ve všech jízdních režimech a zajišťuje nám kulatý chod motoru (bez záškubů, plynulý chod) společně se snižováním škodlivých emisí. Pro systémy Common rail používají výrobci různá označení jmenovitě např. CDi, CDTi, CRD, CRDi, DCi.



Obrázek 3: Schéma systému Common Rail ⁴

1.2 Výhody a nevýhody vznětových motorů

Dnes je nejčastěji vznětový motor spojován s užitkovými vozy a různou pracovní technikou (stavební stroje, agrární technika). Tento okruh u osobních vozidel se stále zmenšuje z již dříve uvedeného důvodu emisních limitů. S rostoucími nároky na emise rostou zároveň požadavky na vývoj dokonalejších systémů. Proto se výrobci častokrát uchylují k výrobě zážehových motorů, které mají jednodušší konstrukci a produkují méně škodlivin. Zároveň mají i nižší servisní náklady na údržbu, např. delší servisní intervaly, levnější výměnu provozních hmot, levnější náhradní díly a podobně. Automobilky ovšem stále ve většině případů nabízejí obě varianty.

⁴ Bosch Common rail. PDF. Dostupné z: <https://skoleniaabosch.cz/img/ke-stazeni/technicke-prirucky/bosch-common-rail.pdf>. [cit. 2024-01-30].

1.2.1 Výhody

— Úspornost paliva

V tomto kritériu mají vznětové nad zážehovými motory navrch, i přesto, že moderní benzínové motory dokáží být velmi úsporné a díky svému principu dokáží dosáhnout lepší efektivity spalovacího cyklu, což znamená nižší spotřebu paliva při přepočtu na ujetou vzdálenost.

— Životnost a spolehlivost

Vznětové motory jsou často známy svou vysokou životností, spolehlivostí a odolností v průběhu časového horizontu. Jsou přizpůsobeny a navrženy pro těžké podmínky a pro dlouhé provozní cykly, čehož se využívá právě v průmyslových provozech a v autodopravě.

— Vysoký točivý moment

Vznětové motory mají obvykle vyšší točivý moment než zážehové motory ve stejné výkonnostní kategorii. Zároveň jsou schopné ho dodávat již od nízkých otáček. To je vhodné pro vozidla, která pracují v rozsahu nízkých až středních otáček např. při tahání přívěsu nebo přepravě těžkého nákladu.



Obrázek 4: Typické využití dieselových motorů ⁵

⁵ Dieselové vozy. Online. Dostupné z: <https://petroclear.com/petropost/special-report-fuels-institute-issues-diesel-dispenser-filtration-guidelines/>. [cit. 2024-01-30].

1.2.2 Nevýhody

— Emise

Vznětové motory mají oproti zážehovým vyšší produkci emisí oxidu dusíku (NO_x) a pevných částic. Ty mají negativní dopad na lidské zdraví. Zároveň je potřeba je efektivně eliminovat. To zvyšuje pořizovací cenu společně s náklady na údržbu.

— Delší trasy

Jak pro benzínové, tak pro dieselové motory nejsou krátké přesuny optimální. Delší trasy jsou nutné např. z důvodu vyčištění DPF filtru, to může snížit jeho účinnost a zvýšit spotřebu paliva nebo pokud palivo nedosáhne své provozní teploty, zhorší se tím cyklus spalování. Obě varianty zvyšují podíl škodlivých emisí.

— Cena paliva

Není to vždy pravidlem, ale i když mají dieselové motory nižší spotřebu paliva, cena nafty může být méně stabilní než u benzínu, to následně ovlivňuje celkové náklady na provoz vozidla.

— Zvuk a vibrace

Dieselové motory jsou častokrát hlučnější než ty benzínové a společně s vibracemi mohou způsobovat nepříjemné prostředí pro řidiče.

— Vstřikování paliva

Moderní dieselové motory pro jejich bezchybné fungování vyžadují použití speciálního systému vstřikování paliva, který je velice náchylný na nečistoty a poruchy, proto vyžadují velice důkladnou pravidelnou údržbu.

— Servisní náklady

S rostoucím nájездem kilometrů roste i pravděpodobnost možné poruchy. Náhradní díly a servisní náklady na výměnu jsou výrazně vyšší kvůli malému okruhu ověřených výrobců a nabídce **tzv. repasů** (oprava po závadě). Mezi nejčastější položky patří EGR ventil, čištění DPF filtru a výměna vstřikovačů. Proto je velice důležité, zvláště u dieselů, ověřit opravdový nájезд a prohlédnout si servisní knížku.

1.3 Princip vznětového motoru

Vznětový motor je druh pístového motoru s vnitřním spalováním. V osobních automobilech je nejrozšířenější princip čtyřdobého motoru, nejčastěji se čtyřmi nebo šesti válci. V rámci nejnovějších emisních opatření se výrobci často uchylují i k tříválcovému motoru, jako např. Toyota. Onen princip čtyřdobého motoru se využívá k přeměně chemické energie, kterou v sobě nese motorová nafta.

— Sání

Do spalovacího prostoru je přes otevřený sací ventil nasáván vzduch. Ten se dostane do spalovacího prostoru pod tlakem, který vznikl, když se píst pohyboval směrem do dolní úvratě. Poté co píst úvratě dosáhne, je sací ventil uzavřen.

— Komprese

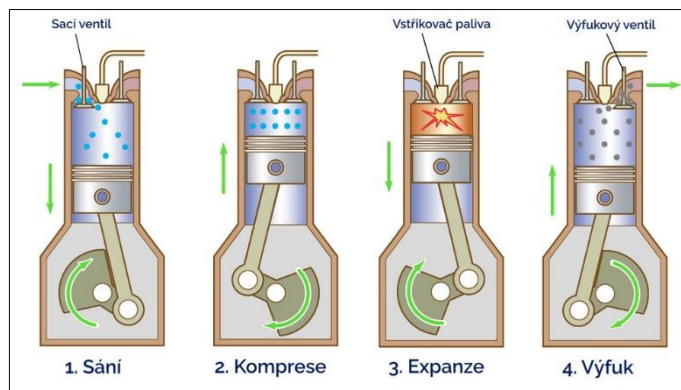
Sací i výfukový ventil jsou uzavřeny. Píst se pohybuje směrem k horní úvratě. Tím dochází ke stlačení nasátého vzduchu. Se stlačováním roste i jeho teplota, ta se pohybuje mezi 600 až 900 stupni Celsia.

— Expanze

Oba ventily zůstávají uzavřené. Krátce předtím, než píst dosáhne horní úvratě se do válce vstříkne dávka paliva. Vlivem vysoké teploty se palivo začne odpařovat a mísit se vzduchem. Tím vznikne zápalná směs. Následně dojde ke samovznícení směsi. Hořením se plyny rozpínají a jejich tlak tlačí písty dolů.

— Výfuk

Píst se pohybuje směrem k horní úvratě. Tím vytlačí spaliny vzniklé hořením přes výfukový ventil do výfukového potrubí.

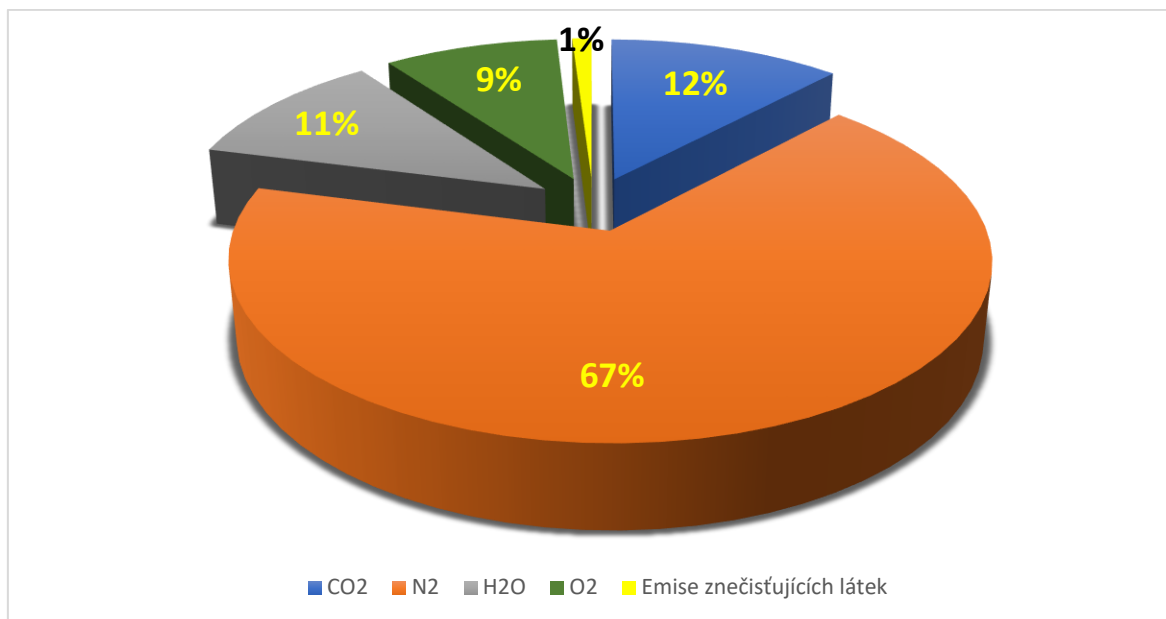


Obrázek 5: Pracovní doby čtyřdobého motoru ⁶

1.4 Vznik škodlivých emisí

Vznětový motor přeměňuje chemickou energii, obsaženou v palivu, na mechanickou. Motorová nafta je směs uhlovodíků. Při ideálním (úplném) spalování nafty by bylo produktem spalování pouze H_2O a CO_2 . Bohužel k ideálnímu spalování nikdy nedojde, a to z mnoha důvodů, jako je např. poměr směsi, teplota spalování nebo čas vzplanutí. Proto při spalování vznikají škodlivé produkty, které mají nepříznivý vliv na lidské zdraví a životní prostředí. Mezi nejvýznamnější se řadí CO , HC , NO_x a PM . Cílem je proto snížit podíl těchto znečišťujících látek na minimum.

⁶ Princip čtyřdobého motoru. Online. Dostupné z: <https://www.cebica.cz/novinky/rady-a-tipy/vznetovy-motor-je-s-nami-uz-125-let-vite-jak-funguje>. [cit. 2024-01-30].



Graf 1: Složení výfukových plynů vznětových motorů ⁷

1.4.1 Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý je především produktem nedokonalého spalování, kdy nedojde k úplnému procesu oxidace a nemůže se všechno oxid uhelnatý přeměnit na oxid uhličitý. Koncentrace CO ve výfukových plynech závisí na poměru vzduchu a paliva ve směsi. Pokud je směs **tzv. bohatá** (ve směsi je více paliva než vzduchu) – to se děje např. při studených startech či prudké akceleraci, kdy má motor nedostatek kyslíku, a tak nedojde k přeměně všeho CO na CO₂. Vznětové motory ovšem pracují vždy s chudou směsí, tj. poměrem, kdy je více vzduchu než paliva. Proto je tvorba CO minimální. Jeho tvorbu lze také zvýšit nedostatečným promícháním směsi ve spalovací komoře.

Oxid uhelnatý je plyn bez zápachu a bez barvy, do těla se dostává vdechnutím. Ve zvýšené koncentraci může způsobit otravu, v menším vdechnutém množství pocítí malátnosti.

⁷ Diesel emissions. Online. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-014-0793-9>. [cit. 2024-02-05].

1.4.2 Uhlovodíky (HC)

Emise uhlovodíků ve výfukových plynech jsou tvořeny především zbytky nespálené motorové nafty. To může nastat blízko stěn válce, kde teplota nedosahuje požadované hodnoty k ideálnímu spalování paliva. Jak bylo řečeno, vznětové motory pracují s chudou směsí, což znamená, že nemusí dojít k dostatečně rychlému shoření směsi, a tak se spalování nedokončí během daného zdvihu pístu. Nejvyšší produkce emisí je při nízkém zatížení, či při studených startech, kdy se motor neohřeje na dostatečnou provozní teplotu.

Uhlovodíky dost často zapáchají, ale jsou opět bezbarvými plyny. Mohou např. dráždit dýchací cesty či zvyšovat riziko rakoviny. Dále se významně podílejí na tvorbě přízemního ozonu.

1.4.3 Pevné částice (PM)

Nejčastěji se tvoří ze spáleného paliva a částečně spáleného oleje. Tvorba závisí na obsahu síry v palivu, kvalitě oleje a teplotě spalování. Většina částic ve výfuku tvoří saze, které mají podobu černého kouře. Hodnoty pevných částic jsou nejvyšší při malém zatížení motoru a nízkém zatížení motoru.

Částice při vdechování mohou způsobovat astma, rakovinu plic a s ní spojené potíže. Také přispívají k výraznému znečištění ovzduší a půdy a ke globálnímu oteplování.

1.4.4 Oxidy dusíku (NO_x)

Vznětové motory sají atmosférický vzduch, který se skládá především z kyslíku a dusíku. Při procesu spalování normálně dusík s kyslíkem nereaguje a následně je vypouštěný ve stejném stavu jako byl dopraven do motoru. Ovšem při teplotách nad 1600 stupňů Celsia je dusík ochoten s kyslíkem reagovat a tím tedy vytvořit škodlivé emise NO_x. Nejvyšší produkce nastává při začátku procesu spalování, kdy teplota plamene dosahuje maxima.

Oxidy dusíku jsou tvořeny oxidem dusnatým (NO) a oxidem dusičitým (NO₂). NO je plyn bez barvy a zápachu, NO₂ je červenohnědý plyn se štiplavým zápachem. Způsobují podráždění plic nebo jejich nemoci. Přispívají k tvorbě smogu a ozonu.

2 Systémy pro snižování škodlivých emisí u vznětových motorů

Cílem těchto systémů je snížit celkové emise vozidla a zlepšit spotřebu. Vliv na to mají také samotné již zmíněné emisní normy.

Snižování emisí lze rozdělit na dva samostatné okruhy:

- Okruh spalování
- Okruh následného zpracování

2.1 Okruh spalování

2.1.1 Vstřikování

Systém vstřikování umožňuje dopravit palivo do spalovacího prostoru, správně nadávkovat a optimálně ho rozprášit. U vznětových motorů se systémem Common Rail se jsou nejběžnější piezoelektrické vstřikovače, které pracují na principu roztahování a smršťování piezočlenu. Druhou možností jsou elektromagnetické vstřikovače. Ty fungují na principu elektromagnetu. V obou případech otevírá jehlu tlak. Ten se reguluje otevíráním a uzavíráním odpouštěcích kanálků. Mohou být také tvarované trysky u jehly a tím směřovat do jaké části spalovacího prostoru se palivo dostane.

Tlak se u nejnovějších systémů může pohybovat okolo 250 MPa, při maximálním výkonu. Tlak nám zajišťuje pístové čerpadlo, s jedním nebo dvěma pístky. Čím vyšší je v systému tlak, tím přesněji se odměří dávka paliva a zajistí tak správný chod motoru bez nadbytečných emisí.

Nedílnou součástí je také elektronická regulace. Ta zajišťuje, na rozdíl od mechanické, přesnější a pohotovější regulaci.

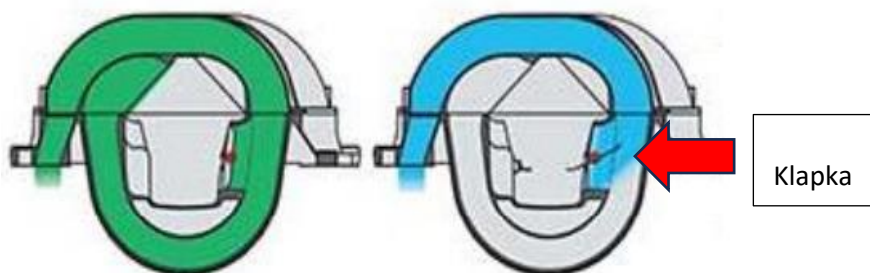
Ta umožňuje použití vícevstřikových režimů, konkrétně:

- Pilotní vstřik – zahřátí spalovacího prostoru (až 3x)
- Hlavní vstřik – hlavní dávka paliva
- Dovstřik – např. pro regeneraci DPF

2.1.2 Sací potrubí

Kromě kvalitního vzduchového filtru a zajištění jeho pravidelné výměny, je možno emise snižovat efektivněji a přímo v závislosti na otáčkách. Způsob, který je konstruktéry používán nejčastěji je systém, který funguje na principu klapky. Nejčastěji je potrubí rozděleno do 2 ale i 3 částí, kudy může nasátý vzduch proudit. Nejrozšířenější je klapkový mechanismus, kde hlavním prvkem jsou klapky, které blokují sací kanálky. Tím můžeme regulovat kudy vzduch poteče dále do válců.

Potrubí o dvou částech je pouze nadstavba klasického, které známe z většiny osobních aut. Je doplněno o obtokový kanálek, který odděluje právě výše zmiňovaná klapka. Ta vzduch při nízkých otáčkách nutí proudit delším kanálkem a na hranici vysokých otáček změní polohu a vzduch proudí kratší drahou. Tím je zajištěn dostatečný příděl vzduchu i při maximálních otáčkách. Roli v emisích hraje to, jak kvalitně je válec plněn v různých jízdních režimech. Při nedostatku kyslíku a při přebytku kyslíku se tvoří nežádoucí emise, které jsou eliminovány právě proměnnou délkou sacího potrubí,



Obrázek 6: Proměnná délka sacího potrubí ⁸

- **Zelená barva** signalizuje režim nižších otáček
- **Modrá barva** signalizuje režim zvýšených otáček

⁸ Sací trakt. PDF. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/103721/F2-DP-2022-Kajsrlik-Matyas-DP_Kajsrlik_Matyas.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. [cit. 2024-01-30].

2.1.3 Palivo

Výrazný podíl na emisích má význam také kvalita používaného paliva, tedy motorové nafty. U ní je důležité znát **tzv. cetanové číslo** neboli ukazatel kvality nafty. Udává nám, kolik je procentuální podíl cetanu v naftě. Čím je číslo vyšší, tím lépe se nafta v motorovém prostoru vznítí a nemá šanci např. unikat do oleje nebo vytvářet emise vytvořené nesprávným spalováním. V Evropské unii by se číslo na čerpacích stanicích nemělo dostat pod 51, s tím, že nejlepší nafta se pohybuje za hranicí 60. Dále je důležitá hodnota síry. Ta je limitována především z důvodu nežádoucí produkce oxidu siřičitého.

Tabulka 2: Tabulka limitů síry v naftě⁹

Rok	Norma	Obsah síry [ppm]
1993	Euro 1	2000
1996	Euro 2	500
1997	Euro 3	350
2003	Euro 4	50
2009	Euro 5	10

2.1.4 Spalovací prostor

Nejčastěji se používají tyto provedení:

- Pro nepřímý vstřík – vstřikování do komůrky v hlavě válce (historie)
- Pro přímý vstřík – do dna pístu

Tvar dna pístu usnadňuje kvalitní smíšení paliva se vzduchem a zajistí tak, aby zůstalo minimum nespálené nafty a docházelo k optimálnímu spalování, a tak se opět nezvyšovaly nechtěné emise. Společně s tím můžeme také polohovat dno pístu k úhlu natočení otvorů na vstřikovači a dosáhnout ještě lepšího efektu.

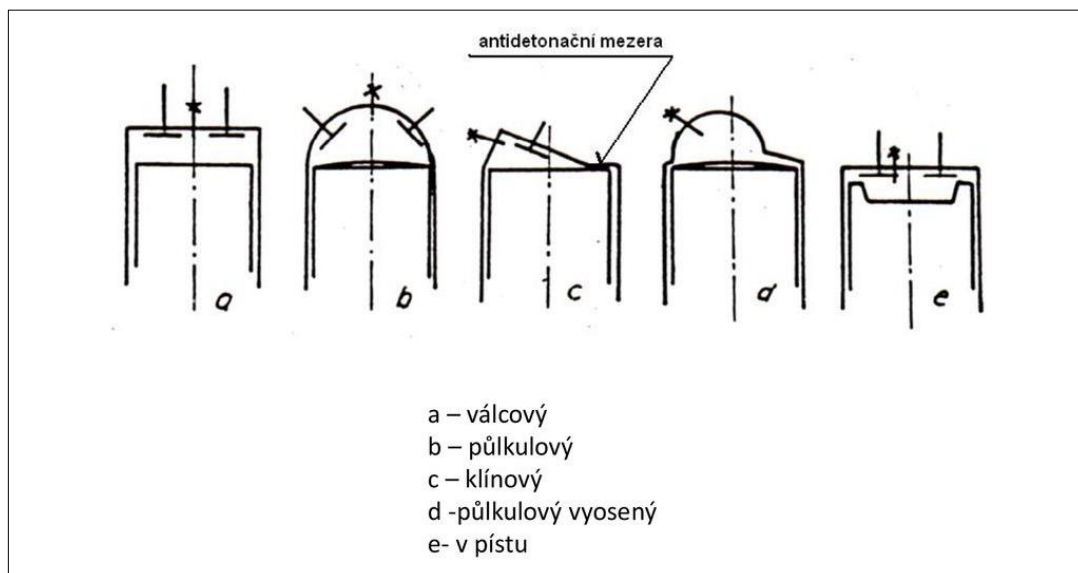
⁹ Síra v naftě. Online. Dostupné z: https://www.idnes.cz/auto/zpravodajstvi/kvalita-nafty-se-zvysenou-koncentraci-siry-nezhorsi-skodi-ale-prirode.A120503_161313_automoto_fdv. [cit. 2024-02-05].

Mezi nejpoužívanější řešení patří:

- Prstencový prostor – kužel v pístu
- Toroidní prostor – v pístu, srdcový tvar
- Miskový prostor – kulovitý uprostřed pístu
- Kulovitý prostor – kulovitý tvar v pístu

Následně také využíváme rozdílných tvarů spalovacích prostor, ve spojení s tvarem pístu:

- Klínový spal. prostor
- Střechovitý spal. prostor
- Půlkulový spal. prostor
- Válcový spal. prostor



Obrázek 7: Tvary spalovacích prostor¹⁰

¹⁰ Tvary spal. prostor. Online. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/17257400/>. [cit. 2024-01-30].

2.1.5 Oxidační katalyzátor

Oxidační katalyzátory jsou předchůdci třícestných katalyzátorů u zážehových motorů. Na rozdíl od třícestných jsou určeny k použití na vznětových motorech, kde máme dostatek vzduchu, abychom byli schopni zajistit jejich správnou funkci.

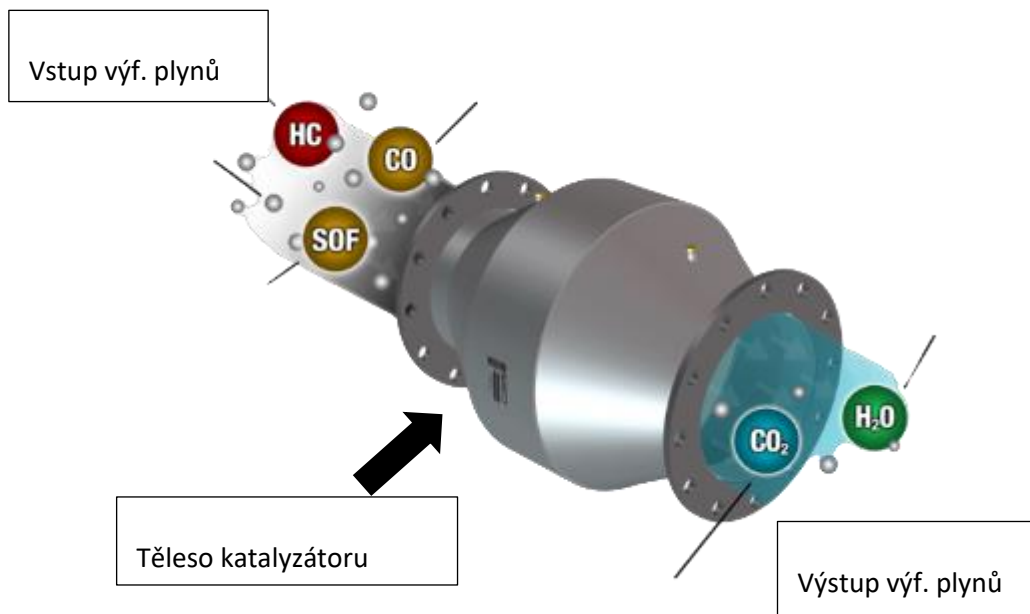
Potřebujeme také zajistit optimální podmínky pro jeho činnost:

- Pracovní teplota – 300–800 stupňů Celsia
- Katalycká látka – Platina, Rhodium, Palladium
- Vzdálenost mezi jednotlivými kanálky a jejich velikost

Katalyzátor má za úkol snižovat emise, které jdou odstranit oxidací (reakce s kyslíkem):

- $\text{HC} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
- HC – nespálené uhlovodíky
- CO – oxid uhelnatý
- O_2 – kyslík
- H_2O – vodní pára
- CO_2 – oxid uhličitý

Ve výfukovém potrubí jsou většinou v jednom celku s DPF filtrem, který se nachází za oxidačním katalyzátorem. Koncentrace kyslíku ve výfukových plynech u vznětových motorů se pohybuje mezi 3–17 %, v závislosti na aktuálním zatížení motoru. Účinnost katalyzátoru roste společně s teplotou. Maximální účinnost může dosahovat až 90 %.



Obrázek 8: Konstrukce oxidačního katalyzátoru¹¹

2.1.6 Filtr pevných částic (DPF)

Filtr pevných částic neboli DPF (Diesel Particulate Filter), má za úkol zachytávat jemné pevné částice ve výfuku. Obvykle se používá na vznětových motorech, ale s vývojem přímovstříkových motorů se objevuje i na zážehových. V současné době se filtr za ideálních podmínek blíží k účinnosti až 99%.

Filtr je umístěn ve výfuku. Proudí přes něj výfukové plyny, jejichž součástí jsou i pevné částice. Ty se pomocí porézních keramických kanálků zachytávají ve filtru a postupně tak snižují jeho vysokou účinnost. Tu lze vrátit k normálu při nadměrném zanesení filtru **tzv. regenerací**. To je proces, při kterém vysokou teplotou (nad 600–650 °C) dochází k **tzv. vypalování** – kyslík se slučuje se sazí a dojde k jejich vzájemné reakci – spálení na oxid uhličitý.

¹¹ Oxidační katalyzátor. Online. Dostupné z: <https://www.nettinc.com/information/emissions-faq/what-is-a-diesel-oxidation-catalyst>. [cit. 2024-02-05].

Regenerace se dá řešit několika způsoby:

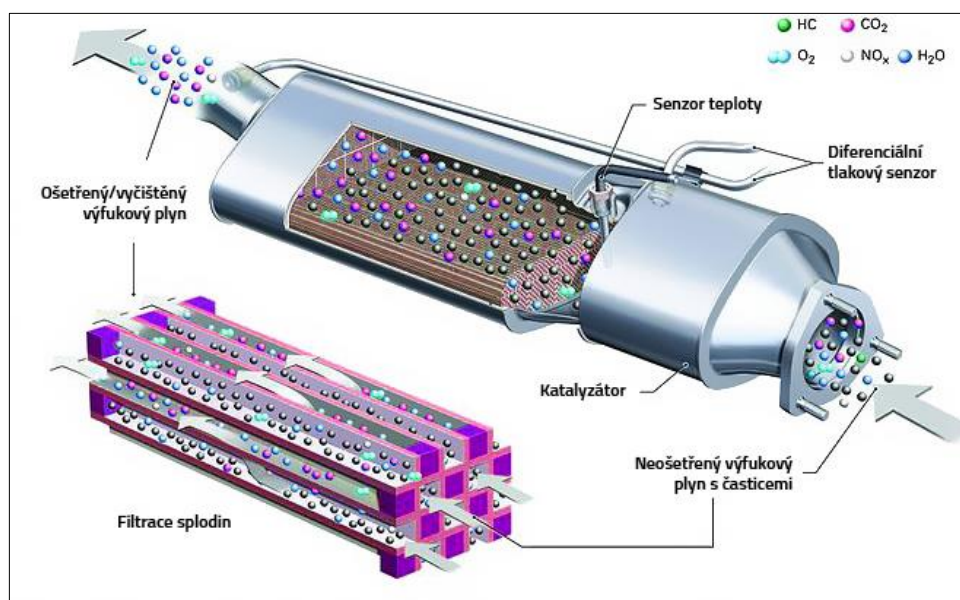
- Dovstříkem do konce doby výfuku – palivo se spálí až ve výfukovém potrubí, a tak v něm dojde ke zvýšení teploty
- Přidáním aditiva do paliva – podporují chemické reakce, sníží teplotu při které se saze vznítí na 250–300 stupňů Celsia

Při řešení regenerace dovstříkem (malý vstřík do doby výfuku) existují jisté stupně regenerace:

- Pasivní regenerace – bez zásahu řídicí jednotky, probíhá např. při delší jízdě na dálnici
- Aktivní regenerace – řídicí jednotka načasuje dovstřík do expanze nebo do výfuku
- Aktivní s upozorněním řidiči
- Servisní – vyvolaná diagnostikou v odborném servisu

Řídicí jednotka rozpoznává interval mezi regeneracemi dvojím způsobem:

- Výpočtem (bývá občas zkreslený) – podle počtu studených startů, zapnutí motoru
- Měřením diferenčního tlaku (snímač tlaku na DPF) – když je DPF zanesený, je jiný tlak na vstupu, než na výstupu z filtru



Obrázek 9: Konstrukce DPF filtru ¹²

¹² DPF filtr. Online. Dostupné z: <https://dpf.corahb.net/dotazy.html>. [cit. 2024-02-05].

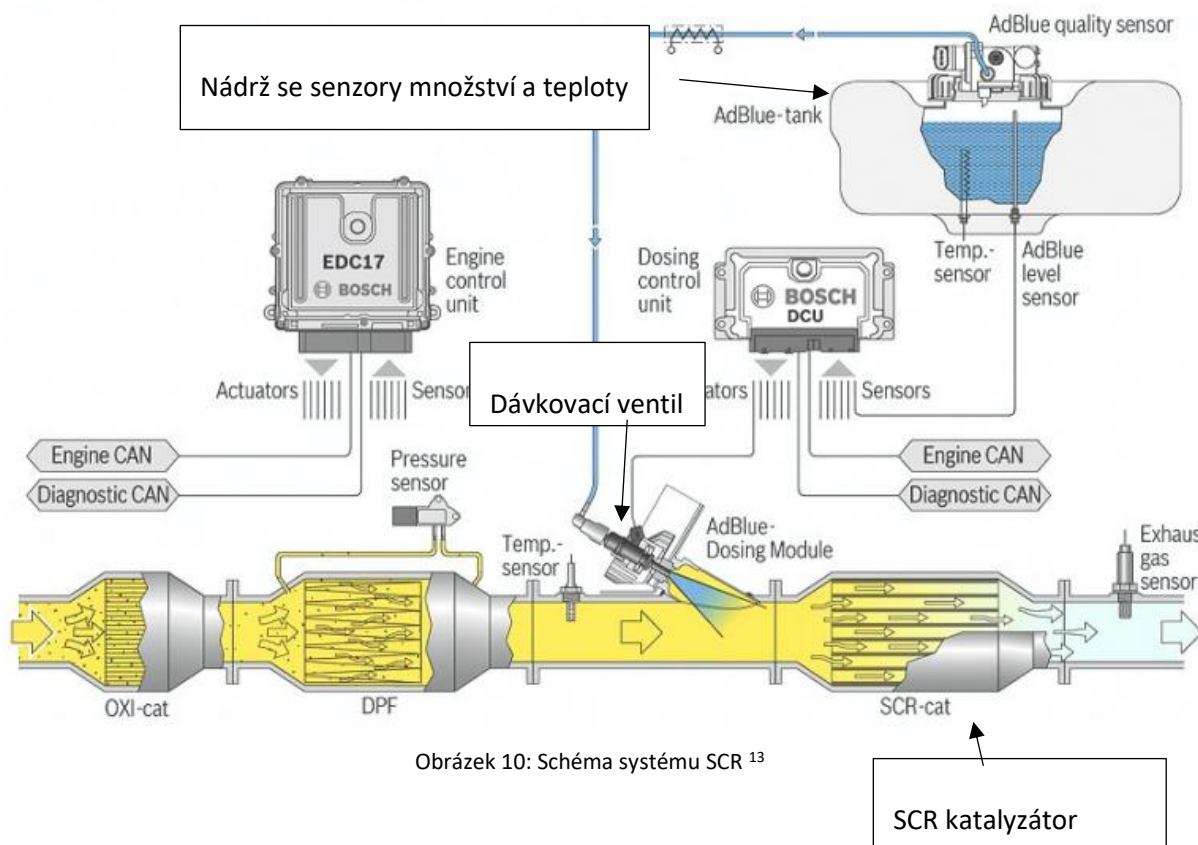
2.1.7 SCR katalyzátor

Selective Catalytic Reduction, v překladu systém selektivní katalycké reakce, jehož hlavním úkolem je snižování emisí NO_x – oxidy dusíku. Při spalování paliva v motorovém prostoru vzniká NO. Ten se jako produkt oxidace částečně přeměňuje v oxidačním katalyzátoru na NO_2 – oxid dusičitý. Ten má negativní vliv na lidské zdraví, např. způsobuje podráždění očí nebo dýchacích cest. Také je jedním z viníků vzniku přízemního ozónu.

Systém selektivní katalycké redukce se skládá z několika částí:

- Nádrž AdBlue
- Dopravní modul
- Potrubí + vyhřívání (aby nedošlo k zmrazení kapaliny)
- Dávkovací ventil
- SCR katalyzátor
- Snímač teploty a množství – při nedostatku kapaliny nám řídící jednotka brání v jízdě
- Řídící jednotka SCR systému

Systém je založen na vstřikování roztoku AdBlue, skládajícího se z 32,5 % močoviny 67,5 % z vody. Kapalina se pomocí dopravního modulu dopravuje k dávkovacímu ventilu, který podle aktuálního zatížení motoru dávkuje před katalyzátor odpovídající množství kapaliny. Při nadměrné dávce by roztok neměl dostatek plynů k reakci, a tak by došlo k jeho nechtěnému úniku za katalyzátorem. Kapalina se vstřikuje do horkých výfukových plynů a tím pádem se voda odpaří a močovina se rozloží na amoniak (NH_3) a oxid uhličitý (CO_2). Amoniak následně reaguje s oxidy dusíku NO_x a přeměňuje ho na vodní páru společně s dusíkem N_2 . Správná funkce SCR katalyzátoru je zajištěna i optimální teplotou výfukových plynů v rozmezí 250–500 °C.



2.1.8 EGR ventil

Společně s již výše zmiňovaným SCR katalyzátorem patří EGR ventil (v německé literatuře AGR), tedy recirkulace spalin, k podpoře snižování emisí NO_x . Oxidy dusíku jsou produktem spalování při vyšších teplotách. Cílem je tedy dosáhnout snížení emisí NO_x ochlazením spalovacího prostoru.

Princip spočívá tedy ve vhánění výfukových plynů zpět do sání, čímž je sníženo množství kyslíku ve směsi a tím zpomalíme hoření a zároveň snížíme již zmiňovanou teplotu spalování. U moderních motorů je součástí ventilu i chladič výfukových plynů, nejčastěji kapalinový. Ovšem má to i svá úskalí. Se zvyšujícím se podílem spalin ve spalovacím prostoru roste i kouřivost motoru. Na toto je potřeba myslet zejména při maximálním zatížení motoru, kdy je produkce NO_x nejvyšší.

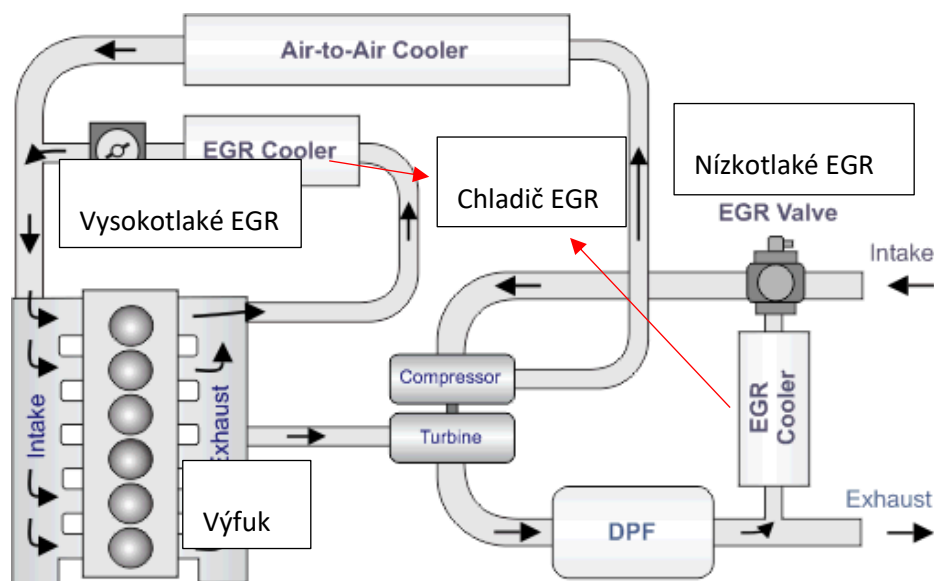
¹³ SCR scheme. Online. Dostupné z: <https://sprinter-source.com/forums/index.php?threads/69507/page-2>. [cit. 2024-02-05].

EGR ventil pracuje při různých jízdních režimech rozdílně:

- Při startu – uzavřený
- Volnoběh a snížené otáčky – je potřeba malé množství kyslíku, tedy je ventil plně otevřený
- Akcelerace – je potřeba vysoký výkon, tedy velké množství kyslíku, tedy je ventil uzavřen

Existuje různé varianty provedení EGR ventilu:

- Vysokotlaké EGR – odvod plynů před vstupem do DPF filtru, velký obsah sazí, plyny mají vysoký tlak
- Nízkotlaké EGR – odvod plynů za DPF filtrem, plyny jsou vyčištěné od sazí, plyny mají nižší tlak

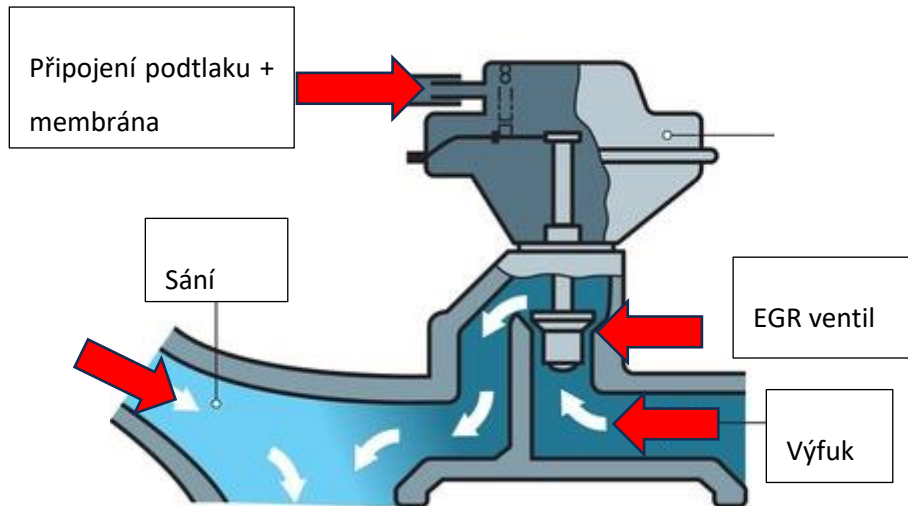


Obrázek 11: Schéma EGR okruhu ¹⁴

¹⁴ EGR schéma. Online. Dostupné z: <https://www.nissanclub.cz/forum-tema/d40-odpojeni-egr-311107?kols=3>. [cit. 2024-02-05].

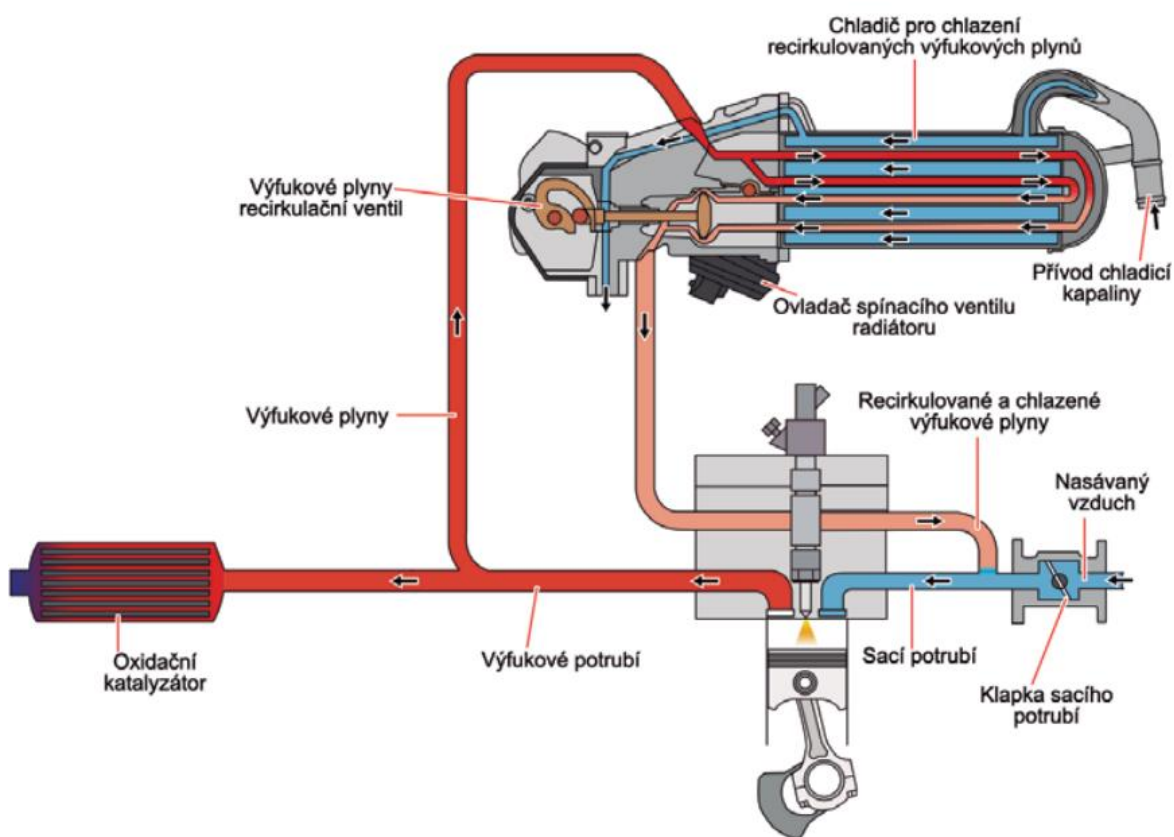
A také existují různé konstrukční varianty ovládání ventilu:

- Pneumaticky ovládaný – využívaný ve starších motorech, ovládaný membránou, která reaguje na podtlak ze sání – ekvivalent zatížení, doplněný o solenoid ventil
- Elektronicky ovládaný – řídicí jednotka ovládá krokový motor, na oplátku dostává signál o poloze, moderní řešení



Obrázek 12: EGR ovládaný pod tlakem ¹⁵

¹⁵ EGR valve. Online. Dostupné z: <https://www.shutterstock.com/cs/search/exhaust-gas-recirculation>. [cit. 2024-02-05].



Obrázek 13: Průřez EGR systémem ¹⁶

¹⁶ EGR systém. PDF. Dostupné z: https://www.adpartner.cz/sites/default/files/docs/etf_16.pdf. [cit. 2024-02-05].

3 Diagnostika a opravy emisních systémů

Při opravě nebo diagnostice emisního systému je nutné dbát zvýšené opatrnosti, zejména je-li oprava či demontáž prováděna na podvozku automobilu. Z tohoto důvodu by oprava měla být svěřena proškoleným a řádně poučeným pracovníkům odborného servisu, nejlépe autorizovaného.

Při práci by se mělo co nejdůkladněji při práci dbát na dodržování následujících obecných pokynů:

- Řádně proškolení pracovníci
- Čistota pracoviště
- Vozidlo musí být vždy zajištěno proti pohybu
- Používání funkčních prostředků ochrany
- Používání bezvadného a funkčního nářadí
- Znalost pracovního postupu a zásad výrobce

Při zdvihnutí vozidla doplněné o:

- Pokud není stanoveno výrobcem, vypnout motor při kontrole podvozku
- Nesmí se nikdo nacházet ve vozidle nebo na ramenou zvedáku

3.1 Diagnostika EGR ventilu

Popisovaný postup diagnostiky byl proveden na vozidle Ford S-Max/ Galaxy 2.2 I Duratorq, modelový rok 2012. Na vozidle byl měněn EGR ventil, závada se projevila svítící kontrolkou motoru. Po ujetí 800 km se kontrolka rozsvítila znovu.

3.1.1 Příčiny poruch EGR ventilu

- Znečištění či úplné zanesení ventilu nejčastěji sazemí, korozí nebo jinými nečistotami
- Problém s ovládáním EGR ventilu – závada v regulaci v různých jízdních režimech
- Mechanické poškození – porucha pohyblivých částí

3.1.2 Projevy poruch EGR ventilu

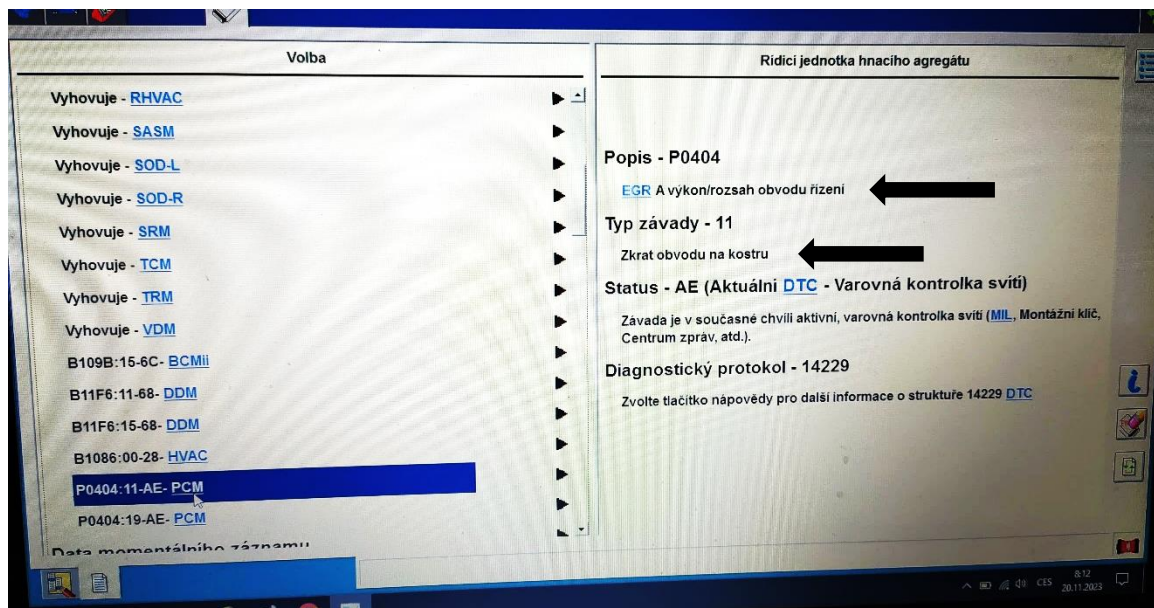
- Zvýšení emisí – motor nemá dostatek vzduchu pro ideální spalování
- Špatný chod motoru – ztráta výkonu, vyšší hlučnost
- Potíže při startu
- Zvýšená spotřeba – nedostatek vzduchu
- Chybové kódy – svítí kontrolka motoru
- Barva výfukových plynů – zvýšená tvorba sazí ve ventilu

3.1.3 Prevence proti poruchám

- Používat kvalitní olej a měnit ho v periodách daných od výrobce
- Preventivně ventil čistit a kontrolovat usazeniny a nečistoty
- Používat kvalitní palivo
- Pravidelně měnit vzduchový filtr
- Používání originálních dílů
- Používat kvalitní diagnostiku

3.1.4 Vyčtení paměti závad

Vozidlo bylo přistaveno na servisní místo. Motor byl ponechán zapnutý, kvůli nutnosti načtení sériové diagnostiky přes EOBD konektor. Následně byla připojena na výfuk gumová koncovka průběžného odsávání výfukových plynů. Když byl motor startován a vypínán tak často zhasínala kontrolka a často naopak zůstala svítit. Toto poukazovalo na sporadickou závadu – mechanické poškození, porucha v kabeláži. Z diagnostiky bylo patrné, že závada je v řídicí jednotce motoru, PCM. EGR je zde regulováno elektromotorem, na němž může být závada – výkon/ rozsah obvodu řízení. Možný je také zkrat na kostru.

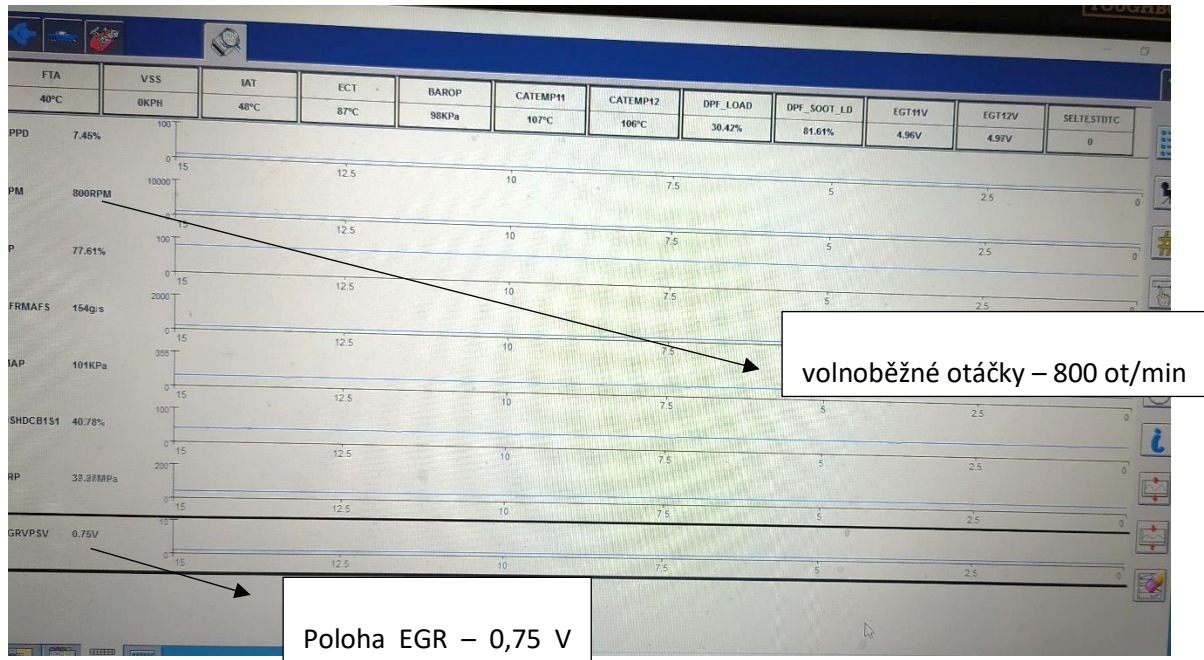


Fotografie 1: Vyčtení sériové diagnostiky

3.1.5 Měření aktuálních hodnot

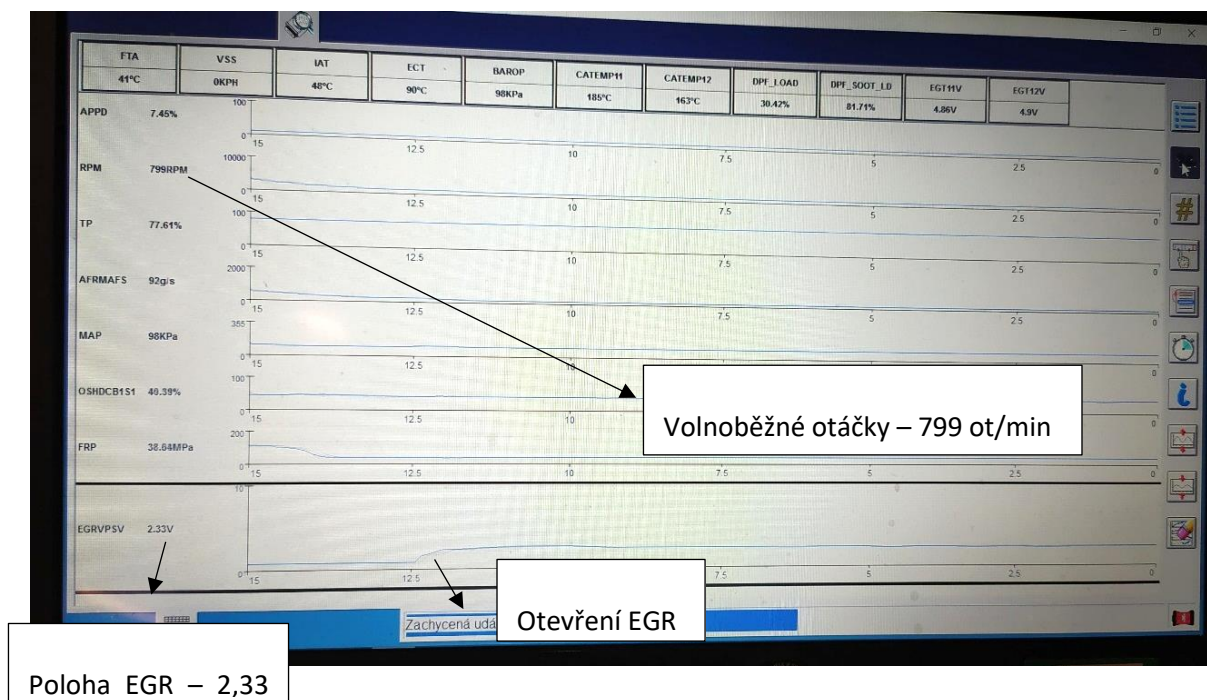
Při tomto měření je potřeba často měnit režimy, ve kterých potřebujeme získat data a zjistit, jak reaguje ventil na změnu režimů a zároveň je potřeba znát hodnoty, kterých měřené signály dosahují při ideální funkci EGR ventilu. Je možno je vyhledat v knihovně určitých softwarů pro sériovou diagnostiku nebo na různých fórech napříč internetem. Pro měření byla zvolena funkce DataLoggeru a následně byla zvolena řídicí jednotka motoru. Otáčky byly střídavě zvyšovány a snižovány a bylo sledováno chování EGR.

Z první fotografie je patrné, že při volnoběžných otáčkách zůstává ventil EGR uzavřený, jeho funkce je při volnoběhu v pořádku.



Fotografie 2: DataLogger volnoběh 1

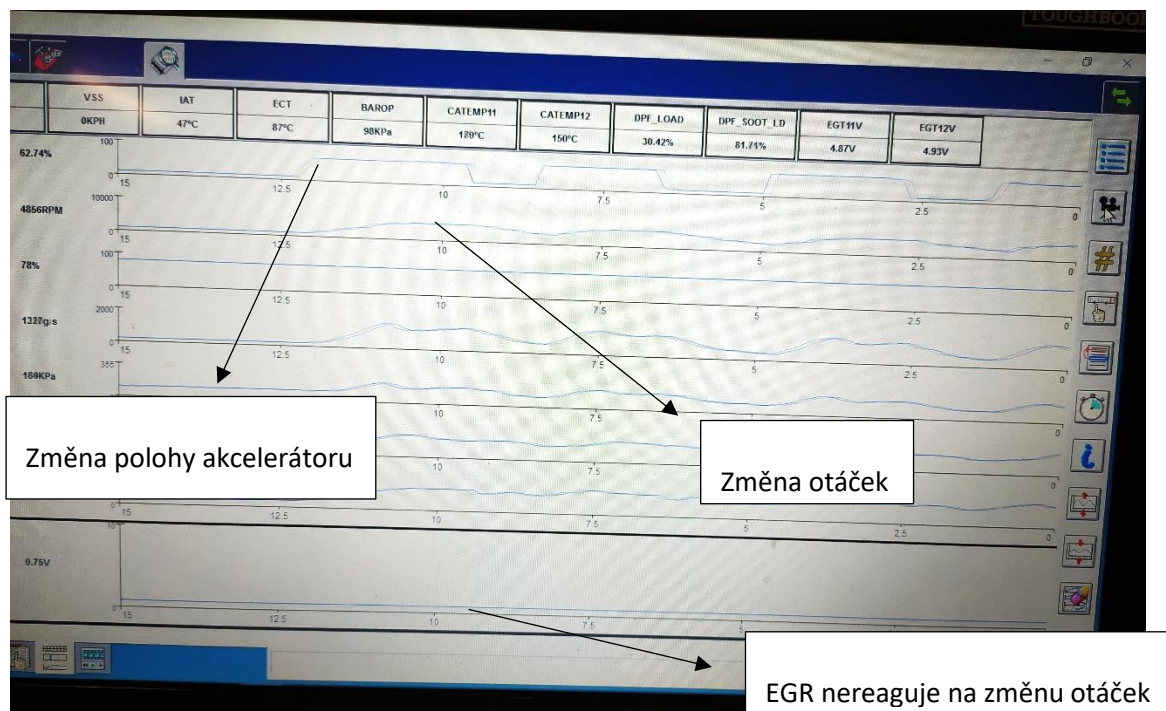
Na druhé fotografii můžeme taktéž vidět chování signálů při volnoběhu. EGR ventil je ovšem otevřený, to znázorňuje pohyb na grafu a napětí 2,33 V.



Fotografie 3: DataLogger volnoběh 2

Na třetí fotografii jsou střídavě ubírány a přidávány otáčky, ale jak je patrné z grafu, EGR ventil nereaguje ani na jednu ze změn a zůstává pořád uzavřený.

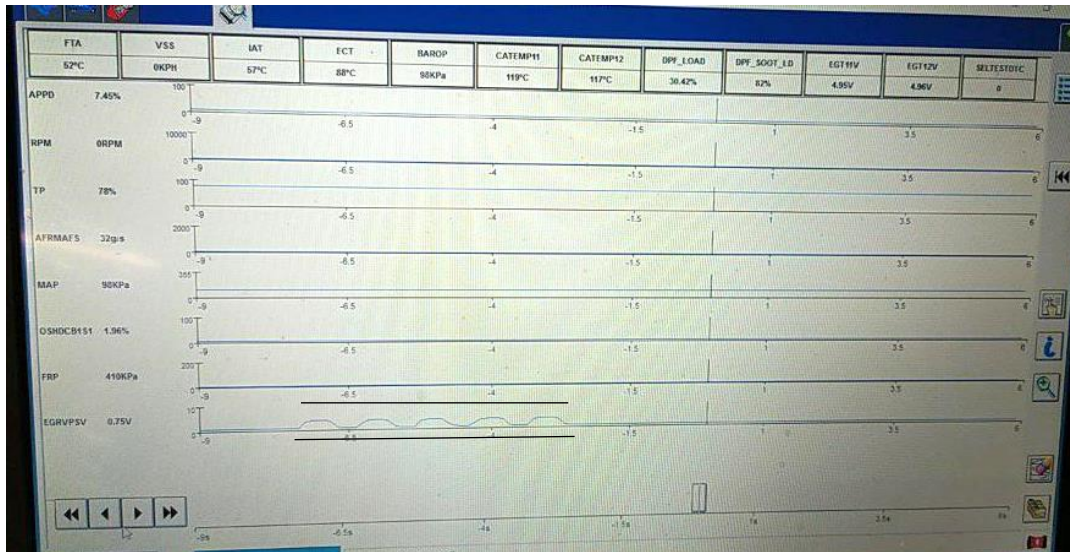
Fotografie potvrdily, že je závada v regulaci EGR ventilu, patrně na elektromotoru nastavovače, jako při vyčtení paměti závad v prvním kroku.



Fotografie 4: DataLogger zvýšené otáčky

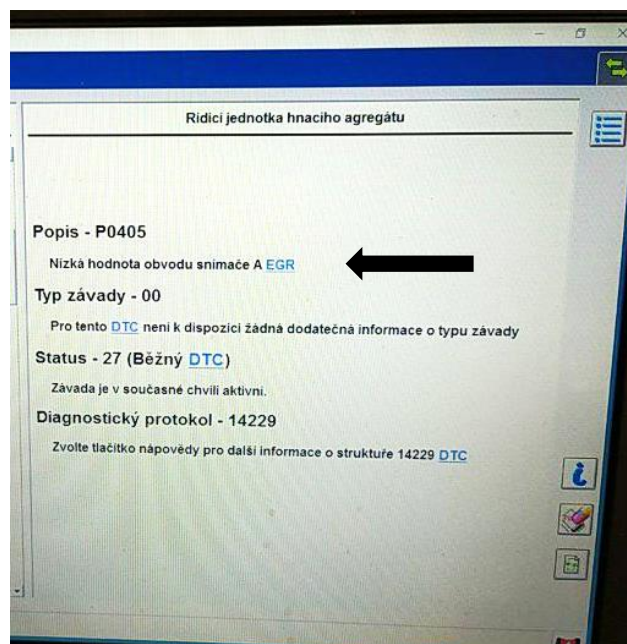
3.1.6 Mechanické ověření závady

Po diagnostice z grafů, která poukazovala na závadu regulace EGR ventilu ji bylo potřeba ověřit. Nejdříve byl sundán kryt motoru, aby se zlepšil přístup k EGR ventilu. Poté bylo zkontrolováno plné otevření a zavření nastavovače. Na grafu se ukázaly správné hodnoty napětí. Poté byla zkontrolována neporušenost kabelového svazku, případné mechanické poškození nebo propálení. Poté byly rozsahy zkontrolovány i na běžícím motoru. EGR se po vypnutí motoru vyčistí, což funguje bez problémů.



Fotografie 5: Čištění EGR

Poté byl odpojen konektor EGR. Kontrolka motoru MIL přestala svítit a zobrazilo se chybové hlášení v sériové diagnostice. To poukazovalo na závadu v elektroinstalaci nastavovače EGR. Bylo kontrolováno roztažení pinů na konektoru, mohly se poškodit kvůli neodbornému měření osciloskopem na konektoru. Roztažení bylo zkontrolováno a mírně poupraveno. To samé bylo provedeno i na straně konektoru od řídicí jednotky.



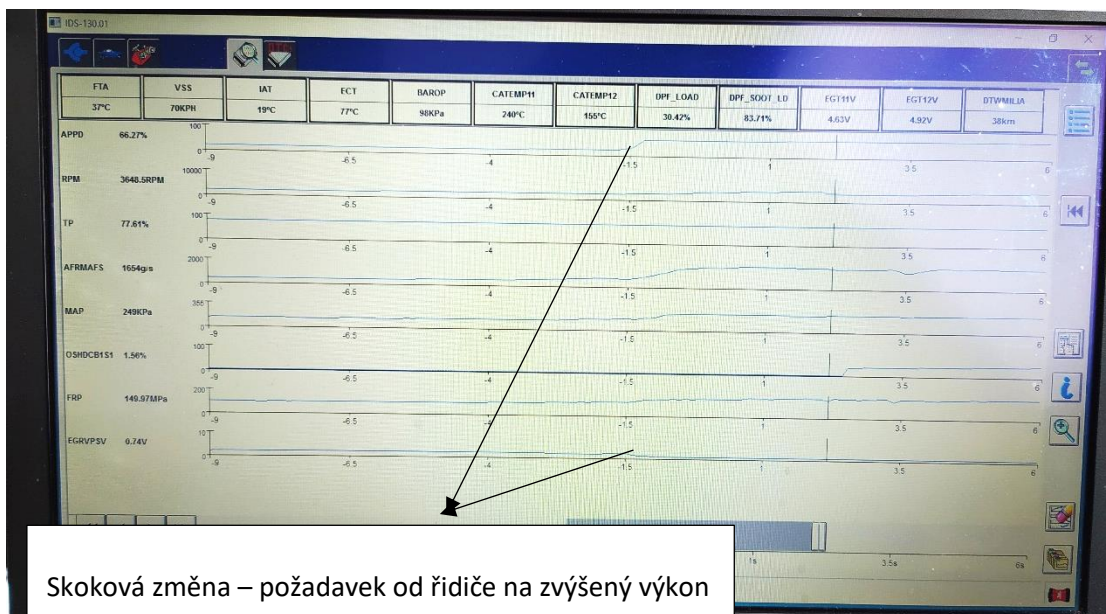
Fotografie 6: Chybové hlášení po odpojení snímače



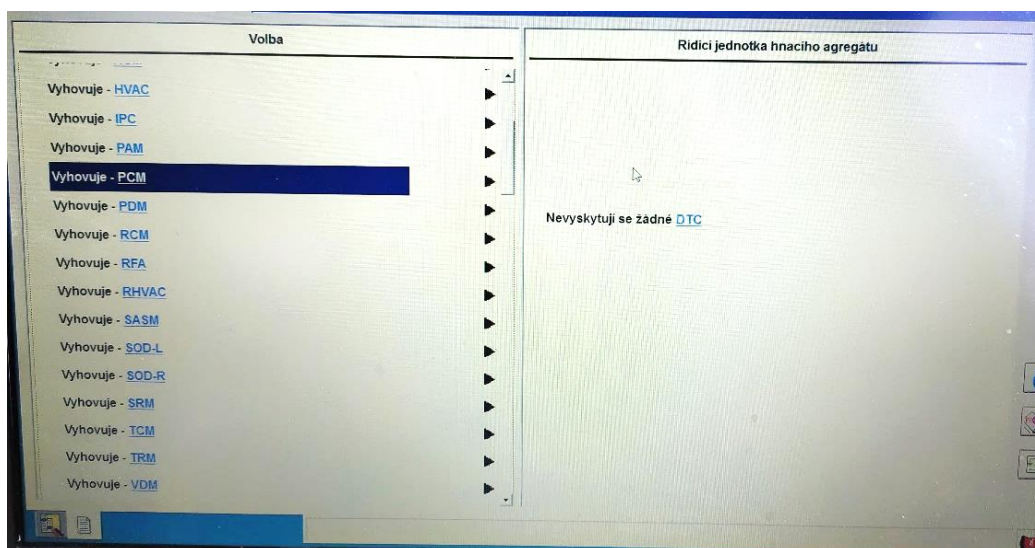
Fotografie 7: Konektor EGR

3.1.7 Jízdní zkouška

Jízdní zkouška byla provedena z důvodu, zda poupravení pinů na konektoru pomohlo, či nikoliv. EGR ventil byl opět testován v několika jízdních režimech, jako v předešlé diagnostice. Na přiložené fotografii je dobře patrná skoková změna polohy akcelérátoru a ve stejný moment i skoková změna polohy EGR ventilu. Ten tak správně reagoval na požadavek zvýšení výkonu, a tak zavřel, aby do motoru proudilo co nejvíce kyslíku a měl tak co nejvyšší výkon. Ve výsledku je z fotografie zřejmé, že se nevyskytují žádné chybové kódy – DTC.



Fotografie 8: Záznam z jízdy



Fotografie 9: Paměť závad bez závad v řídicí jednotce motoru

3.1.8 Vyhodnocení

Nesprávná funkčnost nastavovače EGR ventilu byla pravděpodobně způsobena poškozenými piny konektoru, což mohlo způsobit nedokonalý kontakt a následně i zkreslená data pro řídicí jednotku, což mělo za následek částečnou nefunkčnost EGR ventilu. Piny byly s největší pravděpodobností poškozeny nesprávnou a neodbornou manipulací s měřicími přístroji.

3.2 Oprava EGR ventilu

Oprava byla prováděna na vozidle Transit/ Tourneo 1.6 I EcoBlue, modelový rok 2015. Životnost EGR ventilu se pohybuje v rozmezí 100 000 až 150 000 km, v závislosti na výrobci, typu vozu a četnosti prohlídek a údržby. Před samotným rozhodnutím lze také zvážit, zda je výměna ventilu optimálním řešením. Kromě demontáže lze také zvolit různé metody čištění, které jsou ekonomičtější variantou.

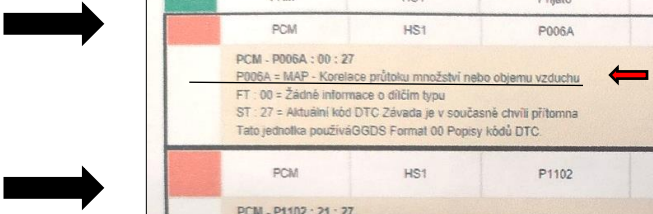
Mezi nepoužívanější metody patří:

- Parní čističe – odstranění nečistot pomocí horké páry
- Chemické čističe – sprej nebo tekutá forma, nebezpečí poškození plastových nebo gumových částí ventilu
- Mechanické čištění – kartáče
- Ultrazvuková lázeň – pouze mechanické části ventilu

Existují dva způsoby. Prvním je fyzické zaslepení ventilu tak, aby spaliny neměly otevřený průchod do sání. Druhým způsobem je zásah do softwaru řídicí jednotky tak, aby byl ventil uzavřen v celém rozsahu otáček. Mezi výhody patřilo více výkonu a nižší spotřeba pohonných hmot. Nejen, že tento postup žádný výrobce neschvaluje, ale současně s tímto úkonem končí jakákoliv záruka na vůz. Řešení je ovšem nelegální a může vést ke snížení efektivity spalování a také k závažnějším problémům, protože řídicí jednotka se spaliny ve směsi počítá. Počínaje rozsvícením kontrolky motoru až **např. po špatnou funkci DPF filtru.**

3.2.1 Diagnostika

Před samotnou opravou závady ji bylo nutné identifikovat. Zákazník v popisu závad uvedl svítící kontrolku motoru MIL. Zvolili jsme sériovou diagnostiku pomocí softwaru Ford FDRS. Auto bylo spojeno přes OBD zásuvku s diagnostikou a byly vyčteny paměti závad všech řídicích jednotek. Na fotografii je vidět oranžová značka na levé straně, což signalizuje, že závada je aktivní u dvou prvků. Značka PCM signalizuje, že se jedná o řídicí jednotku motoru. Je zde také vidět závada na MAP senzoru – senzoru tlaku v sacím potrubí a MAF senzoru – senzor hmotnosti nasávaného vzduchu. Obě závady souvisí s množstvím vzduchu v sacím potrubí, což může poukazovat na vadný EGR ventil. S největší pravděpodobností je ventil znečištěný úsadami, a tak není schopen propouštět dostatek vzduchu, s kterým počítá řídicí jednotka nebo je chyba v regulaci klapky a chybně se otevírá a zavírá.

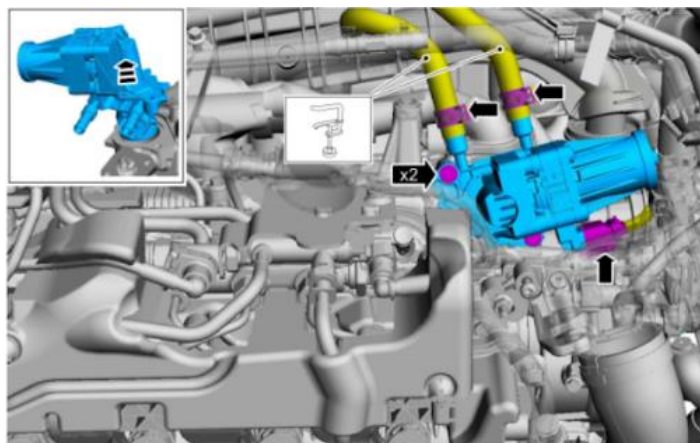


Modul	Sit'	Kód DTC	FT	ST	Popis
PAM	HS1	Přijato			
PCM	HS1	P006A	00	27	MAP - Korelace průtoku množství nebo objemu vzduchu PCM - P006A : 00 : 27 P006A = MAP - Korelace průtoku množství nebo objemu vzduchu FT : 00 = Žádné informace o dílčím typu ST : 27 = Aktuální kód DTC Žádava je v současné chvíli přítomna Tato jednotka používá GGDS Format 00 Popisy kódů DTC.
PCM	HS1	P1102	21	27	Snímač MAF v mezích, ale níže než se očekávalo PCM - P1102 : 21 : 27 P1102 = Snímač MAF v mezích, ale níže než se očekávalo FT : 21 = Amplituda signálu nižší než minimum ST : 27 = Aktuální kód DTC Žádava je v současné chvíli přítomna Tato jednotka používá GGDS Format 00 Popisy kódů DTC.
PSCM	HS2	Přijato			
RCM	HS2	Přijato			
RTM	MS1	Přijato			
SCCM	HS2	Přijato			
SOBDMC	HS1				Jednotka nepodporuje kódy CMDTC. Další informace naleznete v dílenské příručce.
TCU	HS4	Přijato			
TRM	MS1	Přijato			

Fotografie 10: Chybové kódy diagnostiky

3.2.2 Postup opravy

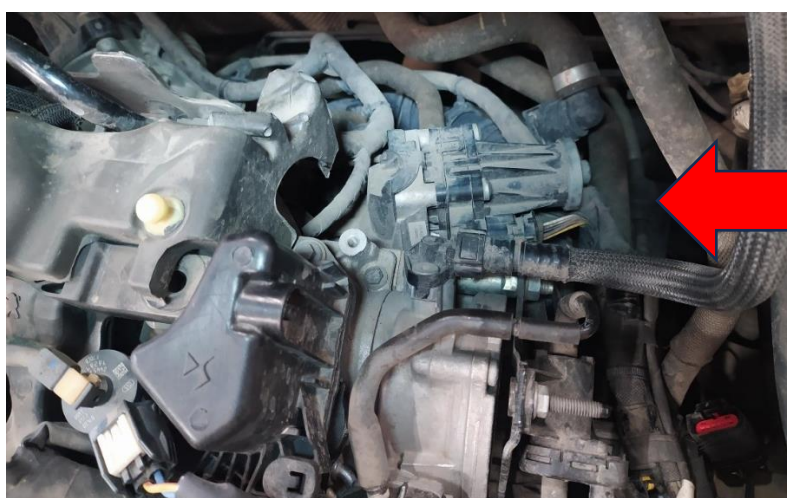
Jako první byl odpojen záporný pól akumulátoru, aby se předcházelo poškození elektroinstalace a elektrického zařízení vozu nebo úrazu elektrickým proudem. Poté se musí ventil lokalizovat. Pokud s autem nejsme seznámeni a neznáme jeho polohu, využijeme servisní příručku. Ventil se většinou nachází na sacím potrubí nebo v blízkosti motoru. U této konkrétní motorizace je umístěn za motorem. Nejdříve byly demontovány stěrače s plastovým krytem pod nimi společně s nádobkou na brzdovou kapalinu, aby byl zajištěn lepší přístup k zadní části motoru.



Obrázek 14: Odpojení EGR

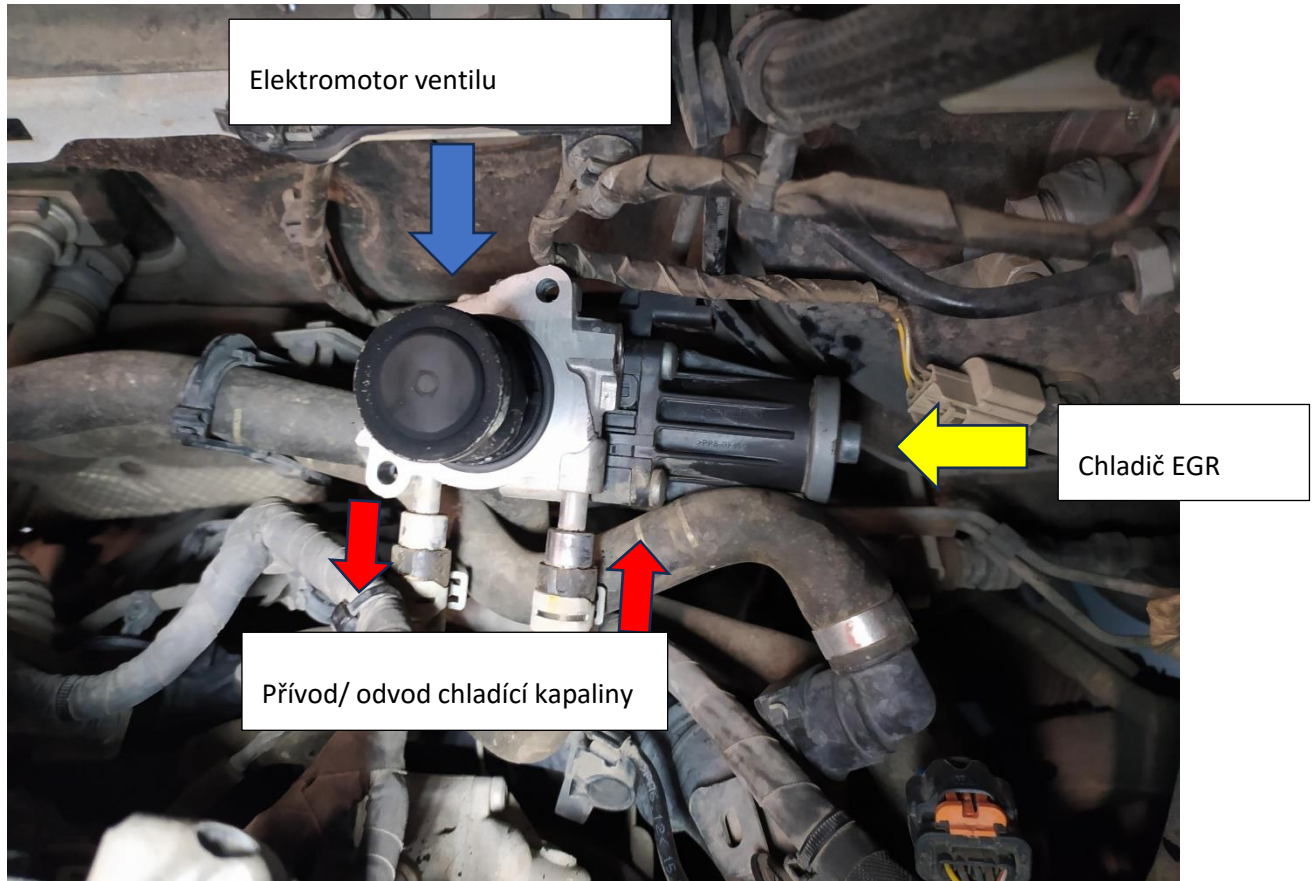


Fotografie 11: Přístup k EGR ventilu



Fotografie 12: EGR ventil v motorovém prostoru

Poté byl odpojen konektor, aby se s ventilem mohlo volně pohybovat. Poté následovala demontáž šroubů, které uchycovaly přírubu ventilu. Následně byly odpojeny hadičky okruhu s chladicí kapalinou. Následovala demontáž ventilu, kterou značně ztěžovala vrstva usazenin. Pomocí šroubováku a vhodné páky se po chvíli ventil uvolnil z jeho držáku.



Fotografie 13: Popis EGR v motorovém prostoru

Na další fotografii je dobře rozpoznatelná vrstva usazenin, která se uvolnila po demontáži.



Fotografie 14: Vrstva usazenin po demontáži

3.2.3 Čištění EGR ventilu

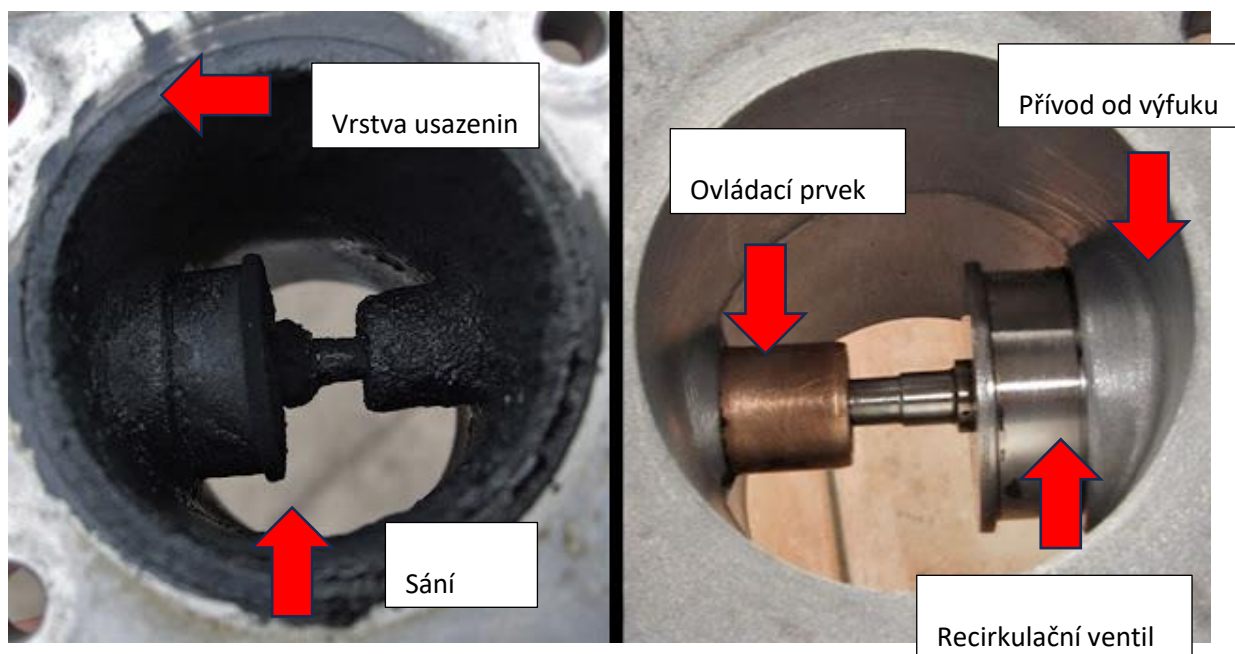
Po demontáži ventilu a po domluvě se zákazníkem byla zvolena metoda čištění z důvodu, že rozsah neodpovídal výměně ventilu. Ventil byl umístěn na pracovní desku. Pro čištění byl zvolen čistící sprej. Podle pokynů výrobce by měl být ventil pokryt jeho vrstvou. Sprej by měl být používán pouze v dobře větrané místnosti, daleko od horkých předmětů či otevřeného plamene. Technik by na sobě měl mít ochranné pomůcky jako brýle, rukavice a respirátor. Po době, kterou uvádí výrobce, byl ventil očištěn použitím jemné, hladké látky, která by neměla zanechávat nitky či jiné nečistoty.

Poté byly zbylé nečistoty očištěny kartáčem. Následně byl ventil očištěn stlačeným vzduchem. Abychom předešli dalším zbytečným nečistotám, byla stejně očištěna i dosedací plocha ventilu. Následovalo dodatečné sušení součástek a zároveň i preventivní výměna těsnění.

Poté byla mechanicky přezkoušena funkce ventilu, zda něco neblokuje ventil proti pohybu. Ventil by se měl bez potíží otevírat a uzavírat. Následně byl ventil umístěn na původní místo. Byly připojeny hadičky chladící kapaliny a konektor a záporný pól akumulátoru. Po zapnutí motoru kontrolka motoru MIL zhasla. Na závěr proběhlo smazání paměti závad.



Fotografie 15: Čistící sprej na EGR ventil



Obrázek 15: Před a po čištění ventilu ¹⁷

¹⁷ Čištění EGR. Online. Dostupné z: <https://www.autoservis-garant.cz/cisteni-sani-motoru/>. [cit. 2024-02-05].

4 Měření emisí vznětových motorů

Měření emisí se provádí na k tomu určených certifikovaných místech. Provádí se vždy před STK, poté má výsledek platnost 30 dní, pokud se vozidlo do té doby nedostaví na STK, tak výsledek propadne a měření se musí provést znovu. Měření má přesně daný metodický postup, který stanovuje ministerstvo dopravy. U vznětových motorů se posuzuje **tzv. kouřivost**, tedy množství pevných částic (sazí) ve výfukových plynech. Vznětové motory po dosažení plného výkonu pracují těsně pod hranou kouření, kdy už nadále půjde z výfuku černý kouř, který je produktem nedokonalého spalování. Ten vzniká buď nedostatkem vzduchu nebo při přebytku paliva při spalování. Kouřivost se měří pomocí opacimetru, který měří kolik infračerveného záření, které opacimetr vydává, se pohltí ve výfukových plynech.



Fotografie 16: Opacimetr 1



Fotografie 17: Opacimetr 2

Výsledkem je opacita, která určuje schopnost, jakou prostředí umí pohlcovat světlo. **Ta se uvádí v:**

— Součinitel absorpce K [m^{-1}]

— V procentech [%]

Tabulka 3: Vztah mezi koeficientem absorpce a procenty¹⁸

K [1/m]	0	0,25	0,52	0,83	1,19	1,61	2,13	2,8	3,74	5,35	∞
[%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Míru opacity, kterou vozidlo nesmí přesáhnout určuje norma EURO, jež je norma Evropské unie. Limity platí mezinárodně pro auta, která jsou uvedena na evropský trh. První norma, nazvaná EURO I, byla oznámena v roce 1992. Zatím poslední je norma EURO VI, z roku 2014, ale chystá se norma EURO VII, která má vyjít v platnost v roce 2025. Momentálně je maximální povolená kouřivost $0,25\text{m}^{-1}$.

Tabulka 4: Přehled norem kouřivosti¹⁹

Norma	Max. přípustná hodnota kouřivosti [1/m]
1	4
2	3
3	2,5
4	1,5
5	0,7
6	0,25

4.1 Metodický postup měření emisí

Měření bylo provedeno na vozidle Škoda Octavia 1.6 TDI, modelový rok 2020. Pokud by vozidlo neprošlo jedním z následujících bodů, bylo by měření ukončeno s výsledkem jako nevyhovující.

- Vizuální kontrola a vyčtení paměti závad a Readiness kódů
- Identifikace vozidla
- Kontrola při volnoběhu a přeběhových otáčkách
- Měření kouřivosti

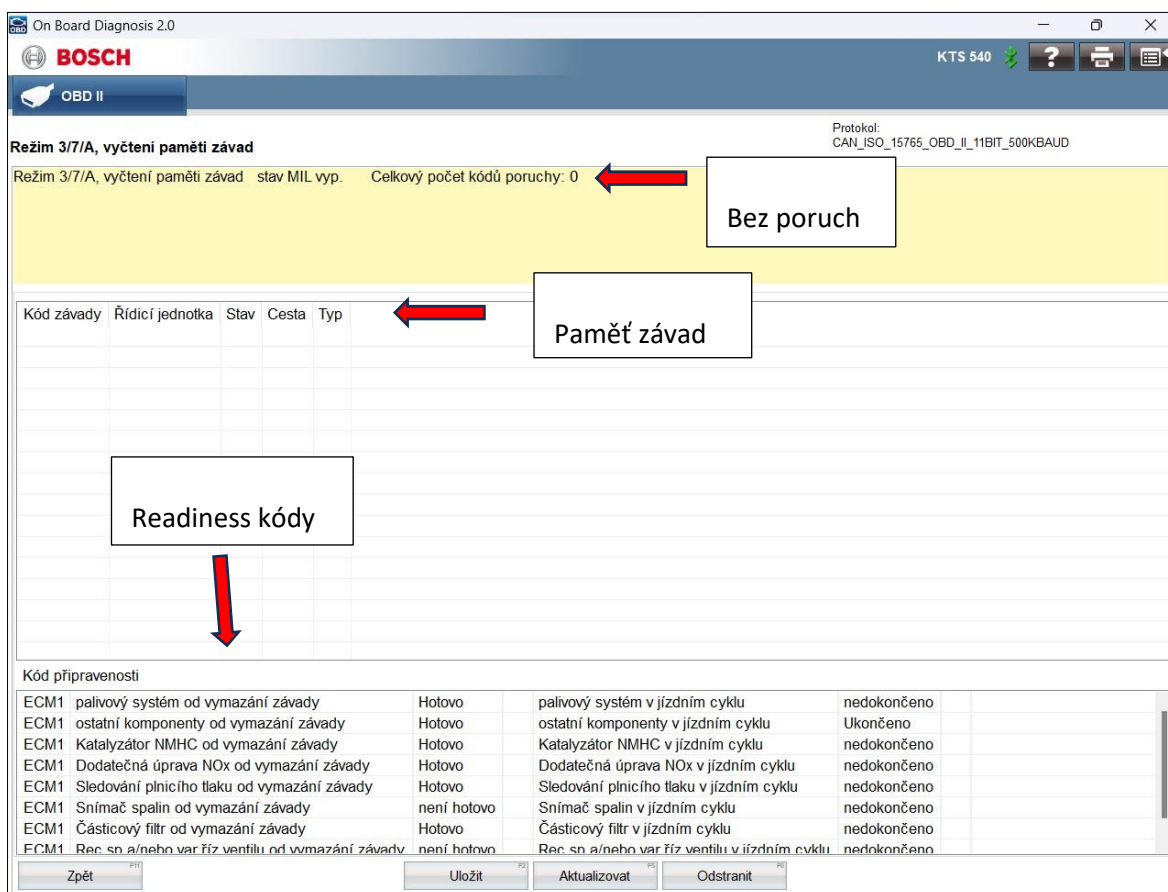
¹⁸ VÉMOLA, Aleš. Diagnostika automobilů 2. Brno: Littera, 2006.

¹⁹ Limity kouřivosti. PDF. Dostupné z: https://www.mdcz.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-dopravy/Vestniky-dopravy-2020/Vestnik-dopravy-13-2020/Priloha-k-Instrukci-c-7-2020-Metodicky-postup-mereni-emisi-vozidel-12_2020.pdf.aspx. [cit. 2024-02-05].

4.1.1 Vizuální kontrola a vyčtení paměti závad a Readiness kódů

Vizuální kontrola se provádí u komponentů, které ovlivňují tvorbu emisí. Nejčastěji těsnost a úplnost výfukové soustavy, čistý vzduchový filtr v sání a různé úniky a množství provozních hmot a kapalin. Poté se provede kontrola Readiness kódů, **tzv. kód připravenosti**, přes OBD konektor. Ty kontrolují funkčnost komponentů, které ovlivňují výsledné emise vozidla. Status se uvádí ve stavu 0–v pořádku, připraven a 1 – testem neprošel nebo test nebyl proveden. Následovně se vyčetla paměť závad,

Taktéž přes OBD konektor, od řídicí jednotky motoru. Nesmí být přítomny závady, které ovlivňují emise (fotografie 18).



Fotografie 18: Vyčtení paměti závad

4.1.2 Identifikace vozidla

Pro provedení měření jsou nutné potřebné doklady, bez nichž by to nešlo provést:

- Technický průkaz vozidla
- Osvědčení o registraci vozidla
- Doklad o homologaci přídatných prvků

Poté se technik musí přihlásit na portálu Informační systém technických prohlídek. Následně se auto vyhledá pomocí čísla ORV (osvědčení o registraci vozidla, podle nové normy od 1.1. 2024, předtím se zadávala buď státní poznávací značka nebo VIN (Vehicle Identification Number). Pokud je vozidlo poprvé na měření emisí, vyčtou se z databáze údaje o vozidle a zkontroluje se, zda jsou shodné. Pokud je vozidlo poprvé na měření, je nutno vyplnit požadované údaje (**viz fotografie 19**).

Fotografie 19: Údaje o vozidle

Ministerstvo dopravy České republiky | Verze: 6.24.0.1 | Server: ISTEP-PROD-APL4 | Doména: Stanice

Prohlídka SME | Historie vozidla

1. Do sekce MD Informace byla vložena

Stanice SME
Nápověda
Dokumentace
Cvičné testy
Uživatel

Odhlásit

Vyhledání vozidla

Kód země - mezinárodní rozlišovací značka: Česko - CZ *

Číslo ORV: Vyhledat

Administrativní oprava
ORV nevydáno

Fotografie 20: Vyhledávání vozu

Poté se musí vytisknout záznamník závad vozidla, kam se případné závady vyplní. Zákazník ho neobdrží, archivuje se pro případné kontroly.

ZÁZNAMNÍK ZÁVAD VOZIDLA - stanoviště měření emisí

Datum prohlídky: 24 . 1. 2024

Druh prohlídky: Pravidelná

Rozsah: -

Registrační údaje vozidla

Druh vozidla:	OSOBNÍ AUTOMOBIL	Stát registrace:	
Kategorie:	M1	Registrační značka:	
Provedení:	-	Číslo ORV:	UAZ526360
Tovární značka:	ŠKODA	Datum první registrace:	28 . 1. 2020
Obchodní označení:	OCTAVIA (5E)	Typ motoru:	DFF

VIN vozidla: T M B J J 9 N E 3 L 0 1 2 6 5 6 2	Souhlasí s doklady	ANO	NE
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25			

Typ motoru: D F F	Souhlasí s doklady	ANO	NE
--------------------------	--------------------	-----	----

Stav počítáče ujeté vzdálenosti (km):

ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:

LEHKÉ (A) []	VÁŽNÉ (B) []	NEBEZPEČNÉ (C) []

Poznámky:

Technická způsobilost do:		Kontrolní nálepka vylepena:		ANO	NE
Prohlídku provedl kontrolní technik	číslo osvědčení:	Podpis:	Razítko odpovědné osoby 		
Zapisovatel svým podpisem stvrzuje, že obsah záznamníku závad souhlasí s protokolem o technické prohlídce	číslo obsluhy AIS:	Podpis:			

Fotografie 21: Záznamník závad vozidla

Na druhé straně je na záznamníku nově i technický popis vozidla, nutný pro emisní zkoušku. Není tedy potřeba již nadále předkládat Osvědčení o registraci vozidla 2. část.

Vozidlo K Číslo typového schválení 11124-353-09 1 Druh vozidla OSOBNÍ AUTOMOBIL 2 Druh vozidla - pokračování AC KOMBI J Kategorie vozidla M1 D.1 Tovární značka ŠKODA D.2 Typ vozidla 5E 3 Varianta ACDFFAX0 4 Verze NFM6FM62Q* D.3 Obchodní označení OCTAVIA E VIN [REDACTED] 5 Výrobce vozidla ŠKODA AUTO A.S., MLADÁ BOLESLAV, ČR	R Barva ČERNÁ Rozměry 11 Celková délka (mm) 4667 12 Celková šířka (mm) 1814 13 Celková výška (mm) 1455 M Rozvor (mm) 2667 14 Rozchod (mm) (řízená/jiná) 1533 Hmotnosti G Provozní hmotnost (kg) 1395 F.1/F.2 Největší technicky přípustná/povolená hmotnost (kg): 1950 / 1950 N Největší technicky přípustná/povolená hmotnost na nápravu (kg): 1000 / 1000 ; 980 / 980 ; - / - ; - / - O.1 Největší technicky přípustná/povolená hmotnost přípojného vozidla [kg] – brzděného 1600 / 1600 O.2 Největší technicky přípustná/povolená hmotnost přípojného vozidla [kg] – nebrzděného 690 / 690 15 Největší technicky přípustná / povolená hmotnost jízdní soupravy [kg] 3550 / 3550 16 Spojovací zařízení - druh - Kola a pneumatiky na nápravě rozměry /montáž (zdvojená "2") L Počet náprava – z toho poháněných 2 / -1 PŘEDNÍ N.1 na nápravě 1 rozměry / montáž 205/55 R16 91V / 6.5JX16 ET46 N.2 na nápravě 2 rozměry / montáž 205/55 R16 91V / 6.5JX16 ET46 N.3 na nápravě 3 rozměry / montáž - / - N.4 na nápravě 4 rozměry / montáž - / - Hluk U.1/U.2 Vnější hluk vozidla (dB(A)) – stojícího při otáčkách (min ⁻¹) 71 / 2375 U.3 za jízdy (dB(A)) 72 T Nejvyšší rychlost (km.h ⁻¹) 216 Q Poměr výkon / hmotnost (kW.kg ⁻¹) - 17 Předpis, spotřeba paliva (l.100 km ⁻¹) 2018/1832DG Účel určení silničního vozidla -
Motor 6 Výrobce motoru VOLKSWAGEN AG 7 Typ motoru DFF P.3 Palivo NM P.1 Zdvihový objem 1968 P.2/P.4 Max. výkon (kW) / při otáčkách (min ⁻¹) 110 / 3500 V.6 Korigovaný součinitel absorpce (m ⁻¹) 0,5 V.7 CO ₂ 114 V.8 Spotřeba paliva (g.km ⁻¹) / (l.100 km ⁻¹) 5,4 / 3,7 / 4,3 V.9 Emisní limit č. (EU/EHK) - / 2018/1832DG	
Karoserie 8 Výrobce karoserie - 9 Druh (typ) - 10 Výrobní číslo (další stupeň) - S Počet míst celkem 5 S.1/S.2 Počet míst k sezení / stání 5 / -	
Další záznamy -	

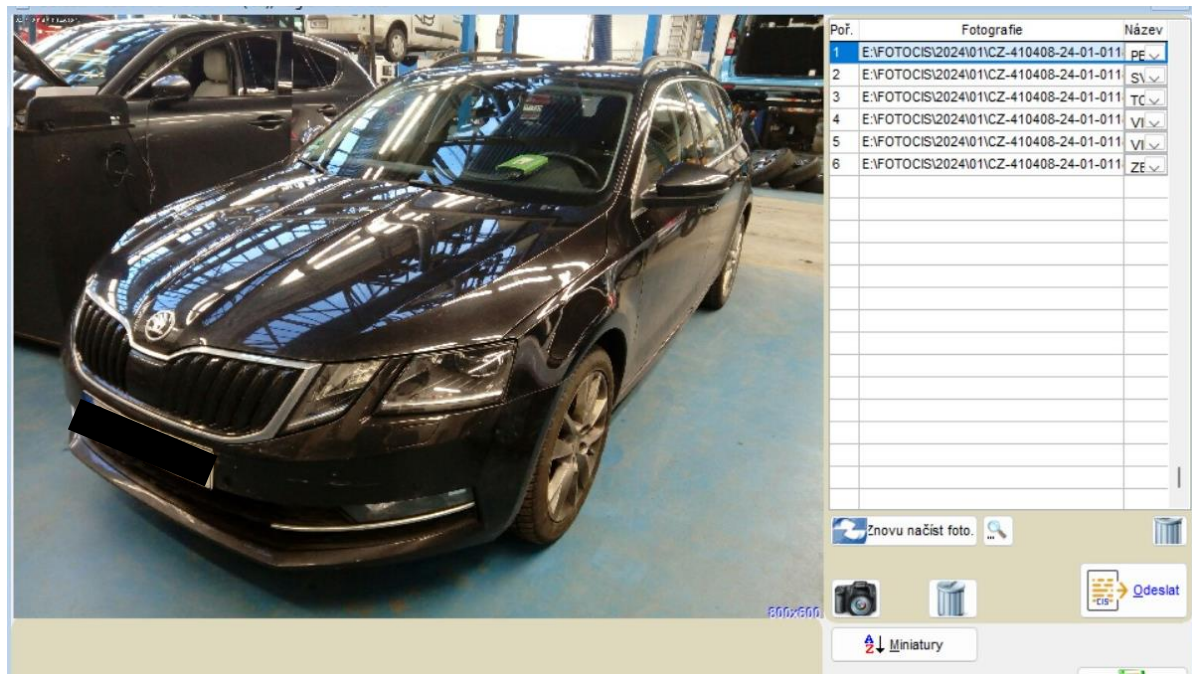
Fotografie 22: Zadní strana záznamníku závad

Následně je nutno vozidlo zdokumentovat z několika pohledů. To nám umožní QR kód na obrazovce, po jehož načtení v mobilním telefonu, nás přenese do aplikace.

Vozidlo se fotí z několika pohledů, na které nás navádí aplikace:

- Předobok
- Zadobok
- Tachometr
- VIN na předním skle
- Pomocný VIN
- VIN karoserie

Při následné fotodokumentaci musí být zhasnuta světla, zavřená okna a nesmí se tam nacházet žádné osoby nebo SPZ jiných vozidel, kvůli GDPR.



Fotografie 23: Fotodokumentace vozidla

4.1.3 Příprava před měřením

Ještě, než započne samotné měření, je potřeba nastavit program ETC Bosch. Je potřeba znovu identifikovat vozidlo, zadat příslušnou emisní normu, zkontrolovat údaje a zadat stav tachometru. Poté je nutné zadat, které uvádí výrobce, pro kouřivost, teplotu motoru, přeběhové (maximální) a volnoběžné otáčky.

Meření emisí > Vznětový řízený s OBD > Požadované hodnoty			04:50
 Zadat požadované hodnoty a potvrdit pomocí <F12>. Zadat dolní hranici teploty motoru (40 - 120°C).			
Příprava motoru	Teplota motoru	[°C] min.	75
Volnoběh	Otáčky	[1/min] min.	730 max. 930
Přeběh	Otáčky	[1/min] min.	2300 max. 2700
	Doba měř. otáček	[s] min.	5
Měření	Meřicí mód		B (t = 0,9 – 1,1 s)
	Odběr. výfuk. sonda		1 (Ø 10 mm)
	Refer. hod. kouřivosti		Výrobce (V)
	Kouřivost	[1/m] max.	0,5
	Kouřivost EURO 5/6/VI	[1/m] max.	0,25
	Rozptyl kouřivosti	[1/m] max.	0,25
	Podíl doby měř. (tx)	[s] min.	0,5
Čištění	Otáčky	[1/min] min.	2300
	Čistící akcelarace		max. 3

ESC



Přerušit

F1



Nápověda

F2



Vypnit

F3



Smazat

F4

F5



DXF
EURO
5/6/VI

F6



Diagnostika

F7



Test otáček

F8

F9

F10

F11



Zpět

F12

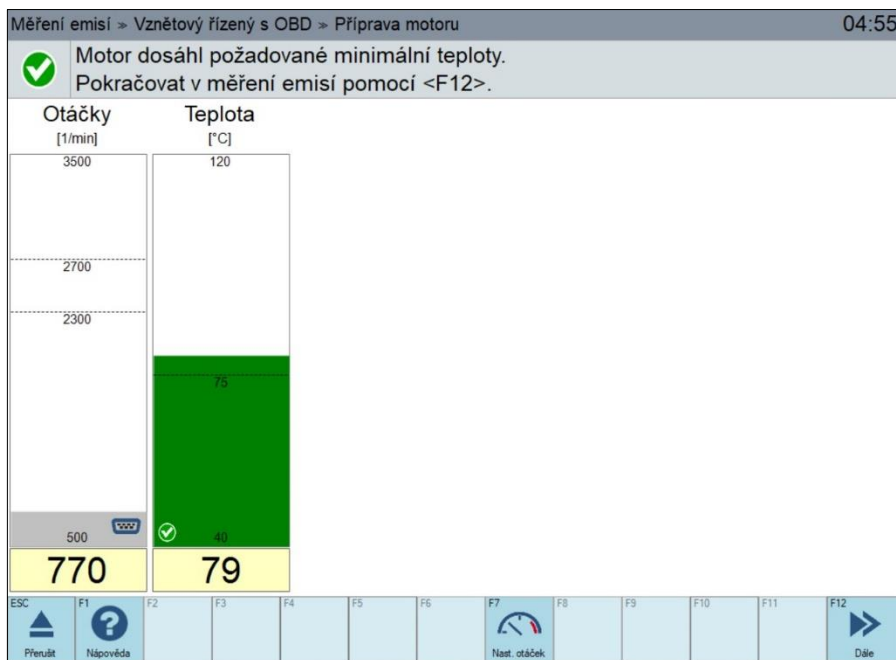


Dále

Fotografie 24: Příprava měření

4.1.4 Kontrola při volnoběhu a přeběhových otáčkách

Měření je prováděno periodicky a na každý krok je maximálně 5 minut, aby se minimalizovaly podvody při měření. Nejprve je nutno zkontrolovat, zda měřené je schopno dosáhnout nastavených otáček. Je tedy kontrolován tedy rozsah otáček při volnoběhu a rozsah přeběhových otáček. Ještě před začátkem měření je nutné motor zahřát na provozní teplotu, v popisovaném případě je spodní hranice 75°C.



Fotografie 25: Test rozsahu otáček a teploty

Následně se musí znovu na autě zkontrolovat palivová soustava, společně s díly ovlivňující tvorbu emisí. V dalším kroku se kontroluje, zda kontrolka motoru MIL svítí při simulované závadě a zda je zhasnutá jak při vypnutí, tak při zapnutí motoru.

Měření emisí > Vznětový řízený s OBD > Vizuální kontrola

✓ Zkušební krok vyhověl. Dále pomocí <F12>.

Vizuální kontrola

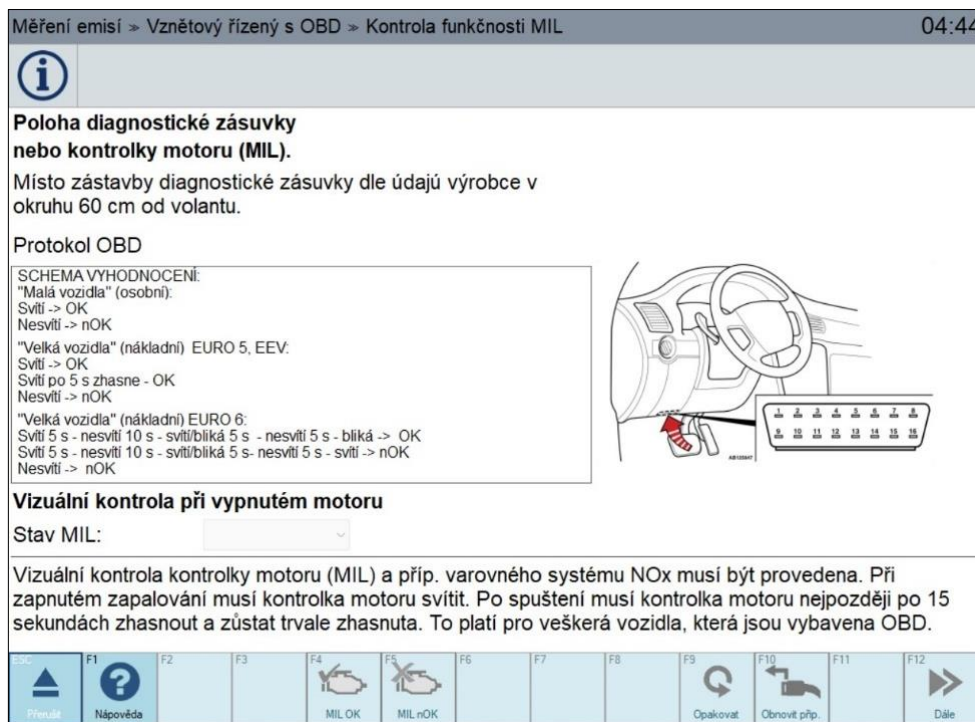
Přezkoušení skupin a dílů ovlivňujících tvorbu emisí škodlivin na přítomnost, úplnost, těsnost a poškození.

Zahrnuje kontrolu: palivové soustavy, systémů sání, odvětrání klikové skříně, odvětrání palivové nádrže, výfukového systému, stavu elektroinstalace, u vznětových motorů případně stavu SCR katalyzátoru a hladiny močoviny.

Je vizuální kontrola OK (bez závad nebo závady typu A)? Ano

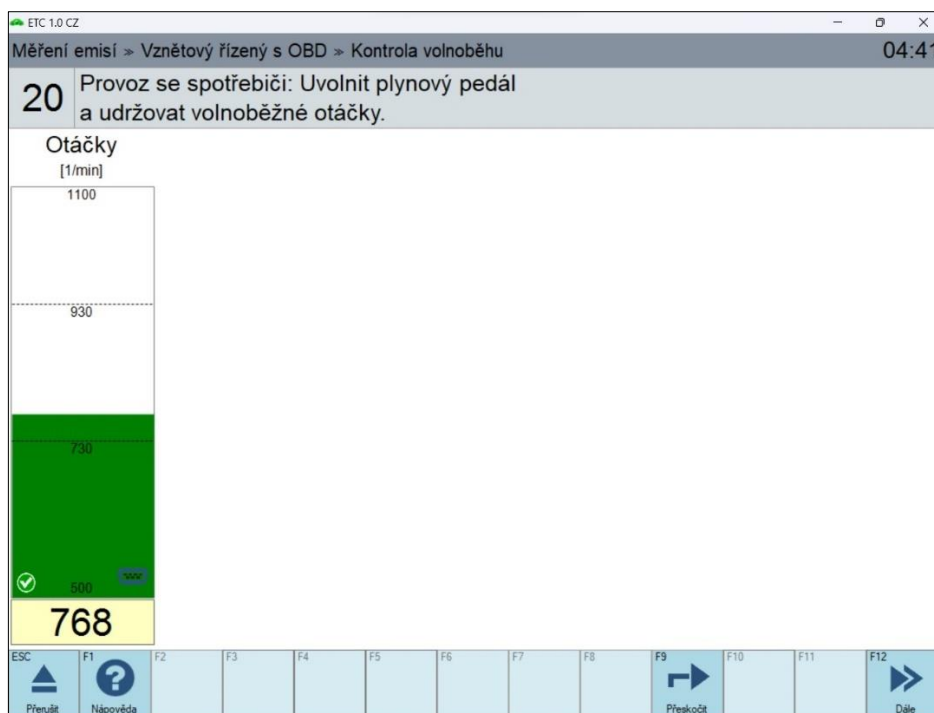
ESC Přerušit F1 ? Návod F2 F3 F4 ✓ Ano F5 ✗ Ne F6 ✗ Ne F7 F8 F9 F10 F11 F12 Dále

Fotografie 26: Vizuální kontrola



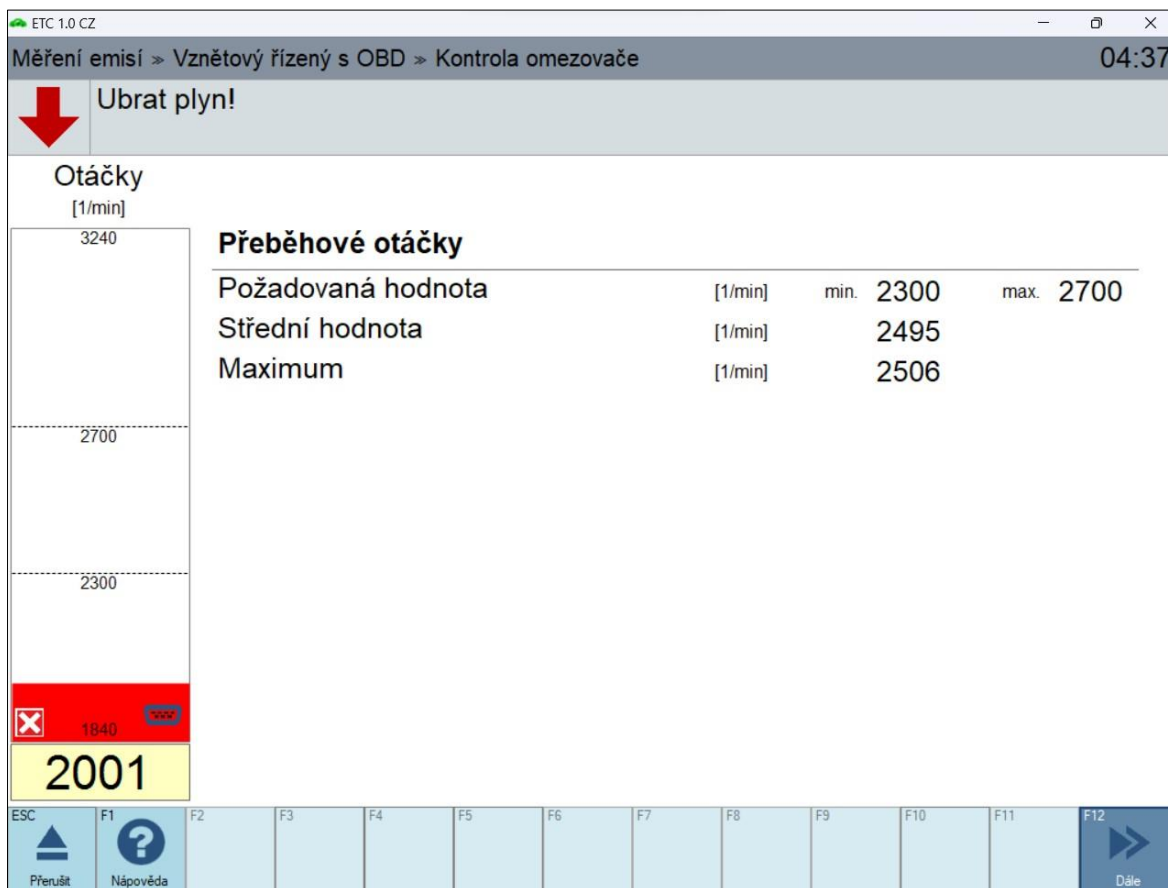
Fotografie 27: Test kontrolky MIL

Poté se provede test regulace otáček při volnoběhu, které se musí udržet v předem daném rozmezí. Test se provádí při vypnutých a zapnutých spotřebičích, aby se otestovalo, zda to zvládne řídicí jednotka regulovat v různých jízdních režimech.



Fotografie 28: Kontrola volnoběhu

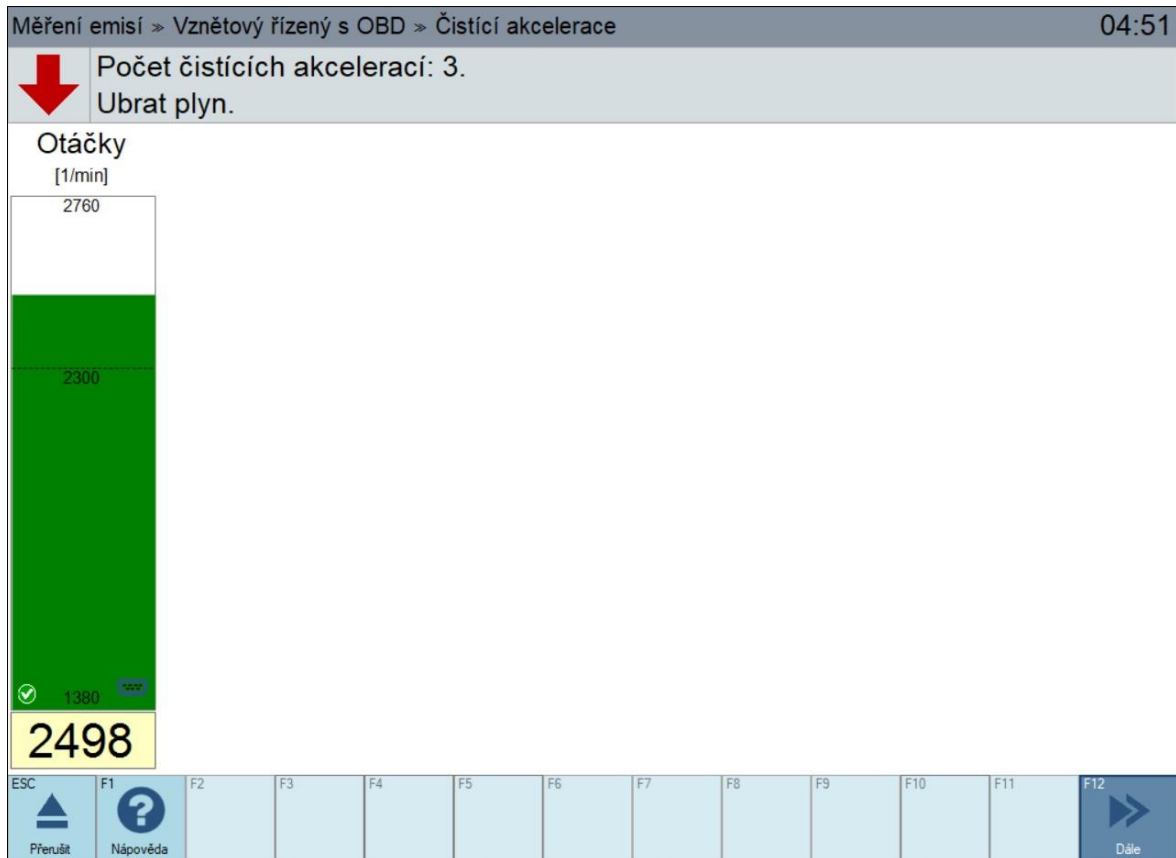
Obdobný postup se opakuje i pro kontrolu přeběhových otáček. Akcelerátor se sešlápne do maxima a otáčky se musí držet po dobu, která se nám ukazuje na obrazovce programu. Poté program vyhodnotí, zda se otáčky udržely v rozmezí.



Fotografie 29: Test přeběhových otáček

4.1.5 Měření kouřivosti

Před samotným měřením se musí provést **tzv. čistící akcelerační**. Akcelerátor se na pár sekund sešlápne do maxima. Provádí se kvůli vyčištění výfuku od sazí, aby následně nebylo měření zkresleno. Zpravidla se provádějí maximálně 3x. Před umístěním opacimetru do výfuku, se musí sonda nechat chvíli ohřát. Poté se vloží sonda do koncovky výfuku. Měření probíhá v přeběhových otáčkách a provádí se pomocí metody **tzv. volné akcelerační**. Poté přístroj vyhodnotí, zda auto vyhovělo, či nikoliv.

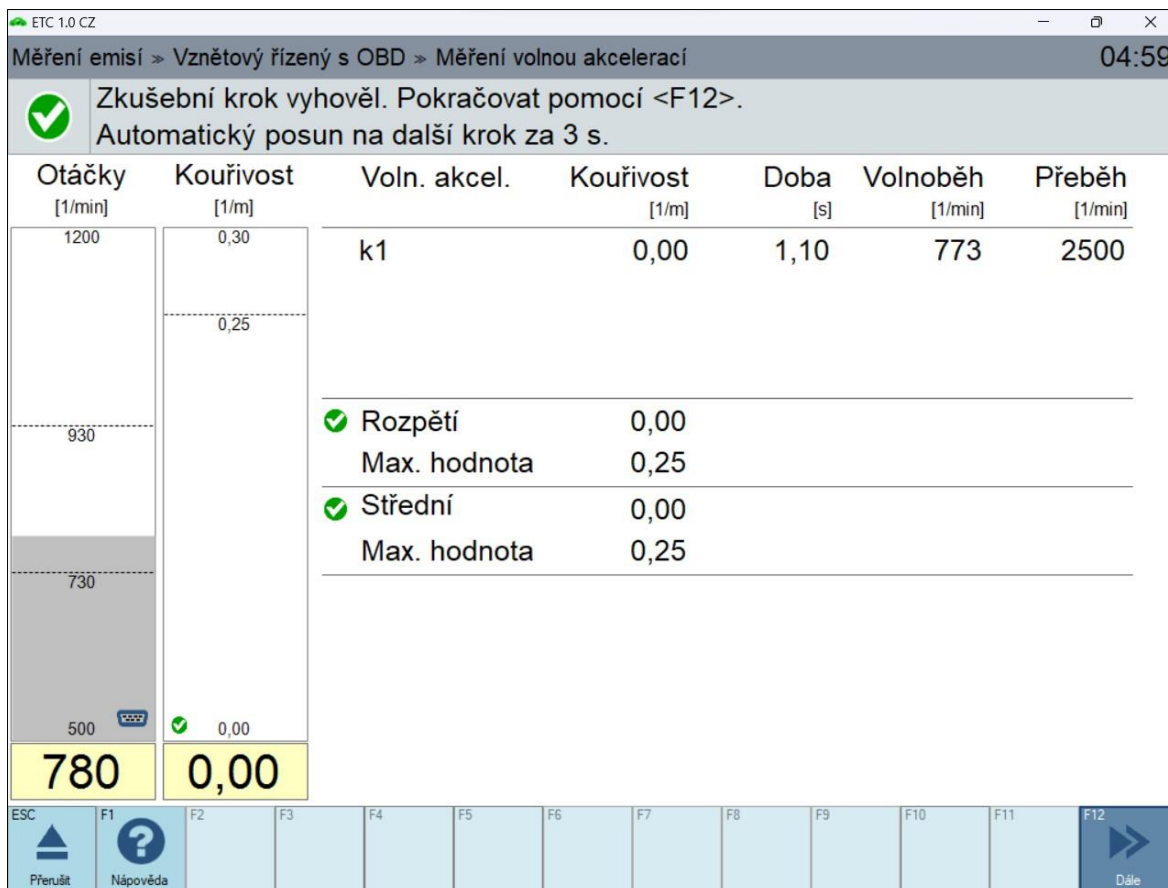


Fotografie 30: Čistící akcelerace

4.1.6 Metoda volné akcelerace

Na obrázku můžeme vidět výsledky jednotlivých akcelerací. Postup je následující:

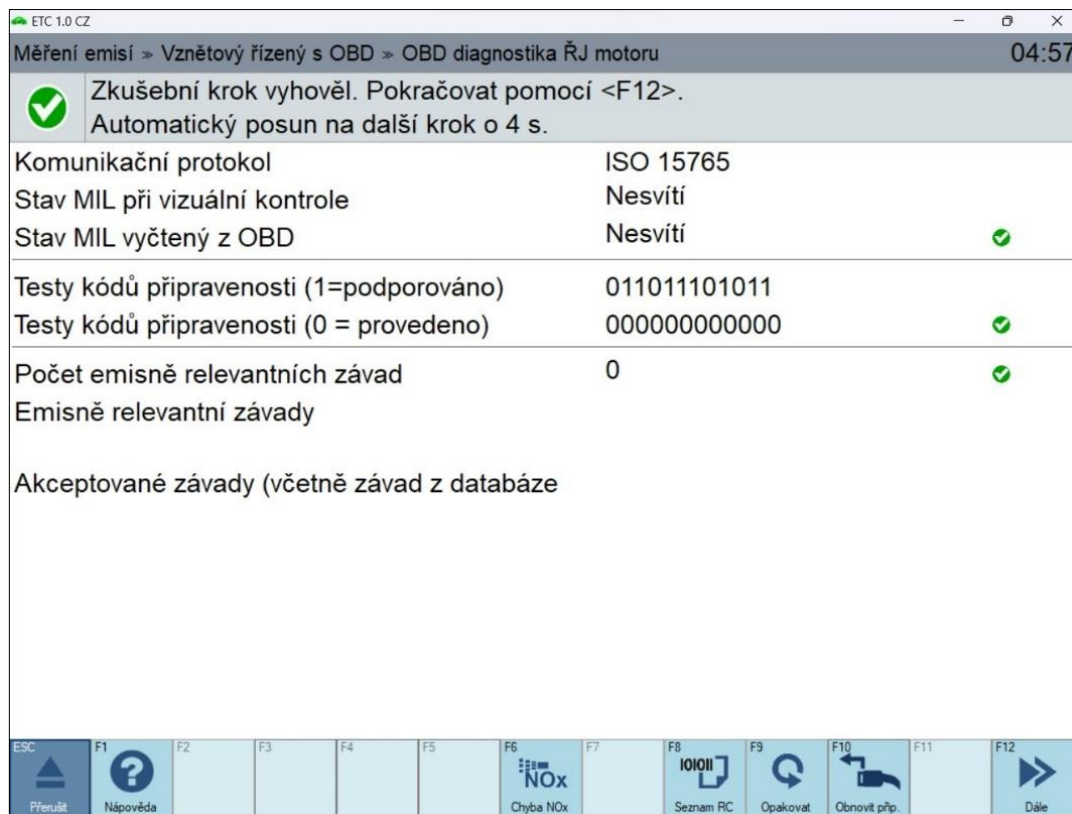
- Ve volnoběžném stavu se akcelerátor sešlápne do maxima, dokud nezačne pracovat regulátor v maximálních otáčkách
- Po dosažení se pedál po 3 sekundách uvolní, poté se měří kouřivost
- Postup se opakuje nejméně pětkrát, první slouží jako čistící akcelerace
- Výsledek je aritmetický průměr posledních 4 hodnot, v absolutních jednotkách $[m^{-1}]$



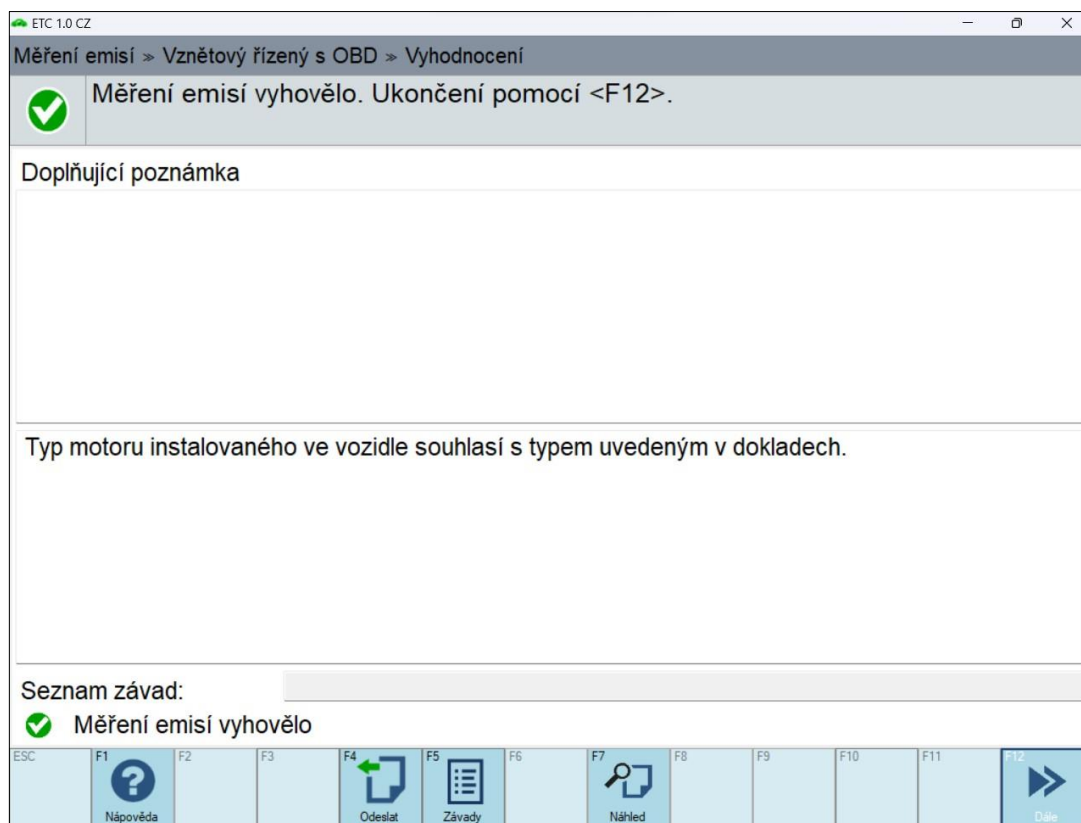
Fotografie 31: Volná akcelerace

4.1.7 Výsledek měření emisí

Po dokončeném měření kouřivosti systém znovu překontroluje paměť závad. Výsledkem měření emisí je protokol hodnot, které byly naměřeny. Dále je tam stanice, datum a číslo technika, který měření prováděl.



Fotografie 32: Finální vyčtení paměti závad



Fotografie 33: Závěr měření emisí

SME č. 41.04.08 Tel.: 731536228 E-mail: hamrsmid.milan@autopalace.cz	Název provozovatele: Auto Palace Spořilov s.r.o. Sídlo firmy: Na Chodovci 2457, Praha, 14100 Adresa provozovny: Na Chodovci 2457/1, Praha 14100	IČO: 48591149 DIČ: CZ48591149 ID: 17073234
--	--	--

PROTOKOL
o měření emisí vozidla se vznětovým motorem s řízeným systémem s OBD

D.1 Tovární značka: D.2 Obchodní označení (typ): E. VIN (č. karoserie): 7. Typ motoru: Výrobní č. motoru *): Stav počítáče ujeté vzdálenosti (km):	1. Druh vozidla: J. Kategorie vozidla: A. Registrační značka: B. Datum první registrace: Typ emisního systému: Druh paliva:
---	--

OCTAVIA (5E)
 .
 DFF
 58493

OSOBNÍ AUTOMOBIL
 M1
 .
 28.01.2020
 Řízený s OBD
 NM

KONTROLA:

Výsledek vizuální kontroly:	vyhovuje
Výsledek kontroly readiness kódů:	nastavené
Výsledek kontroly závad řídicí jednotky motoru:	MIL: nesvítl
Vyhodnocení stavu řídicí jednotky:	bez závad
Otáčky [min ⁻¹]	Předepsané
Volnoběžné	773
Přeběhové	2500
Korigovaný součinitel absorpce [m ⁻¹]	0,5
Hodnota kouřivosti naměřená [m ⁻¹]	0
Rozpětí hodnot kouřivosti čtyř po sobě jdoucích měření [m ⁻¹]	dovolené
	naměřené
	max 0,25
	0

Použitý kouřoměr (výrobce, typ): Bosch, BEA 950, KTS540, 1.0, / BEA070 V1.19 CFFE0424
 Naměřené hodnoty jsou přímým on-line záznamem měření kouřoměru.

Poznámky: Typ motoru instalovaného ve vozidle souhlasí s typem uvedeným v dokladech.

Vozidlo z hlediska měření emisí vyhovuje
 Vylepena ochranná nálepka č.
 Měření emisí provedl kontrolní technik, osvědčení č.: KTE01255

Datum provedení měření emisí: 24.01.2024
 Protokol vystaven dne: 24.01.2024

 *) Pouze, je-li uvedeno v TP vozidla

Za správnost:

 Podpis

Fotografie 34: Protokol o měření emisí 1

Datum a čas měření:
24.01.2024 09:12:51

Č. protokolu: [REDACTED]

VIN: [REDACTED]

ZÁVADY ZJIŠTĚNÉ NA VOZIDLE:

LEHKÉ (A) (počet závad) 0

VÁŽNÉ (B) (počet závad) 0

NEBEZPEČNÉ (C) (počet závad) 0

Komunikační protokol: ISO 15765

Identifikační řetězec:
CALID: 04L027S, 7322BEBD, NOX00907 CVN: 48566FF6 VIN: [REDACTED]

Stav Readiness (údaje mimo J1939):

	Comp	Fuel	Misf	EGR/VVT	DPF	EGS	A/C	Boost	Reserve	NOx	NMHC
Podporované	✓	✓	x	✓	✓	✓	x	✓	x	✓	✓
Otestované	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Výpis DTC: ---. Celkem 0 závad.

Vzdálenost ujetá při aktivní DTC: 0 km Stav MIL: nesvítí

Palivo: NM

Platné měření	n_vol [min ⁻¹]	n_ref [min ⁻¹]	t_acc [s]	k [m ⁻¹]	TPS [%]
1	773	2500	1,1	0	33,7
Průměr posledního platného měření	773	2500	1,1	0	33,7
Limit	730 - 930	2300 - 2700	max 5	max #0,5	---

Fotografie 35: Protokol o měření emisí 2

Závěr

Cílem této práce bylo v teoretické části popsat účel jednotlivých komponent emisního systému a vývoj emisních norem a v praktické části uvést příklad diagnostické závady, společně s řešením a následně popsat do detailu průběh měření emisí.

Téma jsem si zvolil z důvodu neustále rostoucího podílu moderních technologií v této oblasti. Díky práci jsem měl příležitost si prohloubit znalosti z diagnostických postupů a údržby systému společně s měřením emisí. Na druhou stránku jsem chtěl sám sebe přesvědčit, že i vznětové motory na budoucím trhu mobility mohou mít částečně využití.

Závěrem bych rád poděkoval svému vedoucímu panu Ing. Petru Králíčkovi za poskytnuté odborné konzultace a věnovaný čas, při vypracovávání této odborné práce.

Zdroje

Literatura

- Dílenské příručky a manuály značky Ford
- VÉMOLA, Aleš. Diagnostika automobilů 1. Brno: Littera, 2006.
- VÉMOLA, Aleš. Diagnostika automobilů 2. Brno: Littera, 2006.

Webové stránky

- Autoride - Dieselové motory. Online. Dostupné z: <https://autoride.cz/oznaceni-dieselovych-motoru-tdi-hdi-jtd-znas-vsechny>. [cit. 2024-01-30].
- Cebia - vznětový motor. Online. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/rady-a-tipy/vznetovy-motor-je-s-nami-uz-125-let-vite-jak-funguje>. [cit. 2024-01-30].
- Cetanové číslo. Online. Dostupné z: <https://www.aaaauto.cz/slovník/39553/cetanove-cislo.html>. [cit. 2024-02-08].
- Diesel engine. Online. Dostupné z: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Diesel_engine. [cit. 2024-02-08].
- Dieselnet - Diesel emissions. Online. Dostupné z: <https://dieselnet.com/tech/emissions.php>. [cit. 2024-01-30].
- DPF popis. PDF. Dostupné z: <https://dpf.corahb.net/dotazy.html>. [cit. 2024-02-08].
- DPF. Online. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/rady-a-tipy/jak-funguje-filtr-pevných-castic-dpf>. [cit. 2024-02-08].
- EGR oprava. PDF. Dostupné z: <https://www.autodoc.cz/info/egr-ventil-funkce-priznaky-poruchy-cena-vymeny>. [cit. 2024-02-08].
- EGR oprava. PDF. Dostupné z: <https://www.mroauto.cz/cs/blog/clanek/cistení-egr-ventilu-klicový-postup-pro-obnovení-jeho-funkce-a-vykonu-motoru>. [cit. 2024-02-08].
- EGR valve. PDF. Dostupné z: <https://pmmonline.co.uk/technical/how-do-egr-valves-work/>. [cit. 2024-02-08].
- EGR závady. PDF. Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/rady-a-tipy/egr-ventil-k-cemu-slouzi-a-proc-casto-zlobi>. [cit. 2024-02-08].
- Emise dopravy. Online. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/news_20221108-Pokrok-Fit-for-55-Prisnejsi-emise-pro-dopravu-budovy-odpady-a-zemedelstvi-mimo-EU-ETS-schvaleny. [cit. 2024-02-08].

- Evropské emise. Online. Dostupné z: <https://www.europarl.europa.eu/news/cs/headlines/society/20191129STO67756/emise-z-letecke-a-lodni-dopravy-fakta-a-cisla-infografika>. [cit. 2024-02-08].
- Intechopen - Diesel emissions. Online. Dostupné z: <https://www.intechopen.com/chapters/67011>. [cit. 2024-01-30].
- Katalyzátor. PDF. Dostupné z: <https://audiklub.cz/techwiki/katalyzator>. [cit. 2024-02-08].
- Metodický postup měření emisí. PDF. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Ministerstvo/Vestniky-dopravy/Vestniky-dopravy-2020/Vestnik-dopravy-13-2020/Priloha-k-Instrukci-c-7-2020-Metodicky-postup-mereni-emisi-vozidel-12_2020.pdf.aspx. [cit. 2024-02-08].
- Normy Euro. Online. Dostupné z: <https://www.rac.co.uk/drive/advice/emissions/euro-emissions-standards/>. [cit. 2024-02-08].
- Oprava EGR. Online. Dostupné z: <https://www.nissanclub.cz/forum-tema/d40-odpojeni-egr-311107?kols=3>. [cit. 2024-02-08].
- Oxidation catalyst [online]. [cit. 2024-02-08]. Dostupné z: <https://www.linkedin.com/pulse/diesel-oxidation-catalyst-particulate-filter-catalytic-vijay-tharad>
- Oxidation catalyst. Online. Dostupné z: <https://www.nettinc.com/information/emissions-faq/what-is-a-diesel-oxidation-catalyst>. [cit. 2024-02-08].
- SCR systém. Online. Dostupné z: <https://www.auto.cz/selektivni-katalyticka-redukce-scr-vse-co-jste-chteli-vedet-o-adblue-108222>. [cit. 2024-02-08].
- Springer Link – Pollutant emissions[online]. [cit. 2024-01-30]. Dostupné z: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-014-0793-9>
- Wikipedie - Common rail. Online. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Common_rail. [cit. 2024-01-30].

Fotografie

- Vlastní tvorba