

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

**Vliv aditiv v motorové naftě na produkci emisí vznětového
motoru**

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

Autor práce: Bc. Richard Hába

PRAHA 2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Richard Hába

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vliv aditiv v motorové naftě na produkci emisí vznětového motoru

Název anglicky

Effects of additives in diesel fuel on the production of diesel engine's emissions

Cíle práce

Cílem práce je posoudit vliv aditiv v motorové naftě na produkci emisí vznětového motoru.

Metodika

1. Úvod
2. Cíl práce
3. Metodika práce – návrh postupů získávání dat
4. Přehled řešené problematiky – vznětový motor, aditiva, měření emisí,
5. Vlastní zpracování
6. Výsledky a diskuze
7. Závěr
8. Seznam použitých zdrojů
9. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

aditiva, emise, vznětový motor

Doporučené zdroje informací

HEYWOOD, John B. Internal combustion engine fundamentals. New York: McGraw-Hill, c1988. ISBN 007028637X.

HROMÁDKO, J. *Spalovací motory : komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.

REMEK, B. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STROJNÍ FAKULTA. *Experimentální měření v dopravní technice*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03057-1.

VLK, F. *Dynamika motorových vozidel : jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, říditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000. ISBN 80-238-5273-6.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – TF

Vedoucí práce

Ing. Jakub Mařík, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 26. 1. 2018

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 1. 2018

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 10. 2018

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma: „Vliv aditiv v motorové naftě na produkci emisí vznětového motoru“ vypracoval sám a použil k vypracování pouze zdroje uvedené v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím uveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek obhajoby práce. Jsem si vědom, že diplomová práce pak bude uveřejněna v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná. Jsem si vědom, že na diplomovou se vztahuje zákon č.121/2000 Sb., o autorských právech, právech souvisejících s autorskými právy a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne 31.3.2019

.....

Poděkování

Rád bych zde poděkoval všem, kteří se podíleli na tvorbě této diplomové práce. Předně chci poděkovat mému vedoucímu této práce Ing. Jakubovi Maříkovi, Ph.D. za rady, ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval. Dále bych velmi rád poděkoval panu Davidu Macounovi a Ing. Martinu Pechoutovi, Ph.D. za neocenitelnou pomoc při zpracování naměřených dat. Poděkování také patří Ing. Martinu Kotkovi, Ph.D. za pomoc při převodu nekorektně uloženého datového souboru emisního analyzátoru VMK z binárního kódu do textové podoby.

Chtěl bych rovněž poděkovat své rodině a kamarádům za podporu při psaní této DP.

Abstrakt: Aditivací motorové nafty, lze upravit její některé parametry. Aditivace může probíhat u výrobce paliva, u jeho distributora, nebo sám zákazník si může natankované palivo doaditivovat. Cílem této diplomové práce je posoudit, jestli aditiva mohou mít vliv na emise vznětového motoru. V rámci diplomové práce bylo provedeno 9 homologačních emisních cyklů WLTC z homologačního postupu WLTP vycházející z nejnovější emisní normy Euro 6d. Pro každé z paliv byla provedena tři měření. Na závěr byly porovnány průměrné naměřené hodnoty emisí v grafech a celkové průměrné emise za jízdní cykly. Nad rámec zadání diplomové práce byly rovněž provedeny i testy výkonu a točivého momentu s cílem posouzení vlivu aditivace na tyto parametry. Rešerše je pak věnována jednotlivým emisním složkám, kde jsem uvedl jejich vlastnosti a jejich vliv na lidské zdraví. Zabýval jsem se emisními systémy a konstrukčními řešeními, které ovlivňují emise. Popsal jsem fáze spalovacího procesu vznětového motoru pro pochopení, co se děje s motorovou naftou během spalování. Věnoval jsem se motorové naftě, parametrům, které mají vliv na emise, normě pro toto palivo a aditivům. Na konci rešerše jsem uvedl jednotlivá emisní nařízení a předpisy.

Klíčová slova: emise vznětového motoru, emisní systémy, emisní normy a nařízení, motorová nafta, aditiva, aditivace

Effect's of additives in diesel fuel on the production of diesel engine's emissions

Abstract: Some of the diesel parameters can be modified by additivation. Additivation can be done by the manufacturer of the fuel, by its distributor or the customer himself can the fuel additivate. The purpose of this thesis is to explore whether the additives can have an influence on emissions of diesel engine. In this thesis were undertaken 9 homologational emission cycles WLTC from homologational process WLTP based on the newest emission standard Euro 6d. For each of the fuels were done 3 measurements. In the conclusion were compared the average measured values of emissions in a graph with the total average emission for driving cycles. Beyond the assignment of the thesis were also done performance and torque tests with purpose of assessment addition impact on these parameters. The theoretic part of the thesis is focused on separate emission components, where I mentioned their qualities and their impact on human health. I focused on emission systems and structural solution that influence the emissions. I described the phases of combustion process of diesel engine to understand what's happening with diesel during combustion. I focused on diesel, parameters that have an influence on emissions, standard for this fuel and additives. In the end I mentioned separate emission regulation and standards.

Key Words: diesel engine emissions, emission systems, emission standards and directives, diesel, additives, additivation

Obsah

1	Úvod	1
2	Spalovací motor a jeho emise	1
2.1	Popis jednotlivých složek obsažených ve výfukových plynech	2
2.1.1	Oxid uhelnatý CO	2
2.1.2	Oxid uhličitý CO ₂	2
2.1.3	Voda H ₂ O	3
2.1.4	Kyslík O ₂	3
2.1.5	Dusík N ₂	3
2.1.5.1	Oxidy dusíku NO _x – NO, NO ₂ , N ₂ O	3
2.1.6	Nespálené uhlovodíky HC (HydroCarbon)	3
2.1.7	Pevné částice PM	4
2.1.8	Oxidy síry	6
3	Opatření ke snížení škodlivin u vznětových motorů	6
3.1	Opatření před motorem	6
3.2	Opatření u motoru	6
3.2.1	Komůrka nebo přímý vstřík?	7
3.2.2	Rozdělení dávky paliva	7
3.2.3	Zchlazení stlačeného vzduchu	8
3.2.4	Provedení vstříkovací soustavy a trysky	9
3.2.5	Recirkulace spalin	10
3.2.5.1	Vnitřní recirkulace spalin	11
3.2.5.2	Vnější recirkulace spalin	11
3.3	Opatření za motorem	12
3.3.1	Oxidační katalyzátor (DOC – Diesel Oxidation Catalyst)	14
3.3.2	Filtr pevných částic	15
3.3.3	DeNOxové katalyzátory	19
3.3.4	Selektivní katalytická redukce (SCR)	19
4	Evropské emisní normy	21
4.1	Směrnice rady 70/220/EEC	21
4.1.1	EURO normy 1-4	23

4.2	Nařízení 715/2007 (pro Euro 5 a 6)	24
4.2.1	EURO normy 5-6	24
5	Proces spalování vznětového motoru, nafta a aditiva	26
5.1	Fáze spalovacího procesu vznětového motoru	26
5.2	Motorová nafta a její parametry	26
5.3	Destilační křivka motorové nafty.....	28
5.4	Požadavky a druhy motorových naft dle ČSN EN 590+A1	29
5.5	Druhy motorových naft.....	30
5.6	Motorová nafta a aditiva.....	31
6	Praktická část.....	36
6.1	Užité vozidlo	36
6.2	Palivo a aditiva.....	37
6.3	Použité měřicí přístroje a zařízení	39
6.3.1	Velikostní klasifikátor pevných částic EEPS model 3090	39
6.3.2	Emisní analyzátor VMK	43
6.3.3	Diagnostický software VAG-COM.....	44
6.3.4	Válcová zkušebna.....	45
6.3.5	Laboratorní váha.....	47
6.4	Metodika	49
6.4.1	Jízdní cyklus WLTC	49
6.4.2	Zpracování naměřených dat.....	50
6.5	Výsledky a diskuze	54
6.5.1	Produkce oxidu uhelnatého CO.....	54
6.5.2	Produkce oxidu uhličitého CO ₂	55
6.5.3	Produkce oxidů dusíku NO	56
6.5.4	Produkce nespálených uhlovodíků HC.....	57
6.5.5	Produkce pevných částic PM.....	58
6.5.6	Porovnání spotřeba paliva	59
6.5.7	Vliv zkoušených aditiv na výkon a točivý moment	59
7	Závěr.....	62
8	Zdroje	64

9	Seznam obrázků, tabulek a grafů	68
9.1	Seznam obrázků.....	68
9.2	Seznam tabulek.....	69
9.3	Seznam grafů	70
10	Seznam příloh.....	71

1 Úvod

Použitím aditiv v motorové naftě lze upravit její některé parametry. Aditivaci lze rozdělit na tři různé okruhy – u výrobce, v distribuční etapě a individuální. Úkolem této diplomové práce je posoudit, zdali individuální aditivace má nějaký vliv na emise v motorové naftě.

V rešerši jsem pak popsal jednotlivé složky emisí a popsal jejich vliv na lidské zdraví. Uvedl jsem různá konstrukční opatření a systémy, které mají vliv na emise vznětových motorů, popsal jsem jednotlivé emisní normy a na konci rešerše jsem se věnoval fázím spalovacího procesu vznětového motoru, pro pochopení, co se během spalování s palivem děje, popsal jsem důležité parametry motorové nafty a jejich vliv na emise. Uvedl jsem požadavky na toto palivo, které předepisuje nejnovější platná norma ČSN EN 590+A1, uvedl rozdělení druhů naft dle této normy a věnoval jsem kapitolu také aditivům.

Praktická část je tedy věnována zodpovězení otázky, jestli aditiva mohou mít na emise nějaký vliv. Byly provedeny homologační emisní testy WLTC dle normy Euro 6d a nad rámec zadání DP byly provedeny testy výkonu a točivého momentu k posouzení, jestli aditiva mají na tyto parametry nějaký vliv. Popsal jsem zde, jak měření probíhalo, jaké přístroje byly použity, jejich funkci, princip a parametry. Uvedl jsem, jak získaná data z měření byla zpracována. Výsledky jsem zpracoval do grafů a zhodnotil vlastním komentářem. Na závěr jsem shrnul svá zjištění.

2 Spalovací motor a jeho emise

Při dokonalé oxidaci, když dochází ke spalování uhlovodíkových paliv se vzduchem, vznikají oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Při nedokonalé oxidaci vzniká též oxid uhelnatý (CO) a také vodík (H_2). Kyslík se objevuje ve výfukových plynech v případě, kdy v čerstvé směsi byl jeho přebytek anebo z nějakého důvodu nebyl využit. Jelikož vznětový motor pracuje pouze s chudou směsí, tedy s přebytkem vzduchu, je kyslík ve výfukových plynech přítomen vždy. [1]

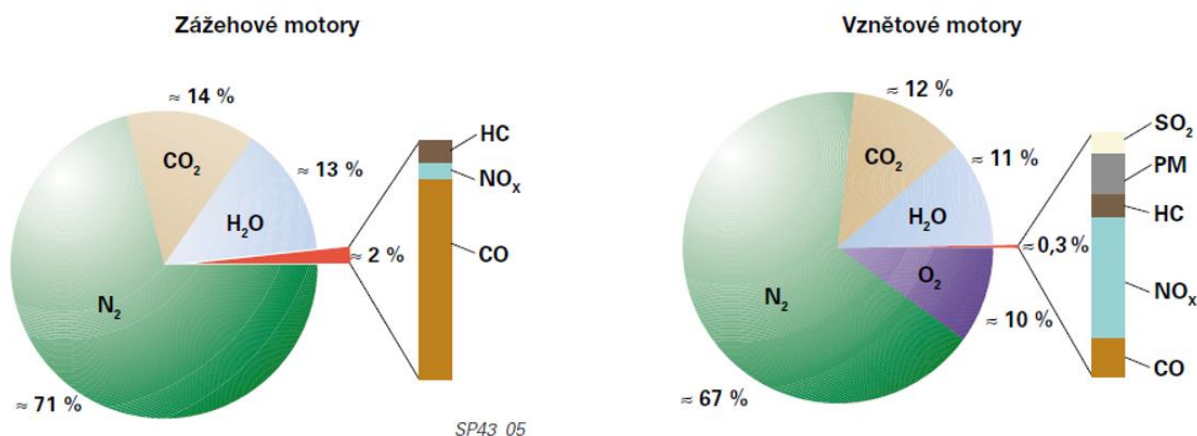
Ve výfukových plynech jsou dále obsaženy spaliny. Jejich nejvýznamnější složkou je dusík (N_2). Při vysokých teplotách vznikají oxidací dusíku oxidy dusíku (NO_x), mezi jejichž zástupce patří - oxid dusnatý (NO), oxid dusičitý (NO_2), oxid dusný (N_2O). Při nepříznivé oxidaci paliva vznikají ještě nespálené uhlovodíky (HC). U motorů se zkratovým vyplachováním se HC dostane do spalin také tím, že část čerstvé směsi unikne výfukem. [1]

Saze vznikají uvnitř kapičky kapalného paliva za úplného nepřístupu vzduchu a vysoké teploty – dochází k dekompozici. Výfukem odchází i jiné pevné částice (PM) – prach, rez,

prach, popel a vysokomolekulové produkty mazacího motorového oleje, které vzniknou vlivem tepelného poklesu. [1]

Oxidy síry se ve spalínách objevují, když je síra obsažená v palivu. [1]

Obr. 1 Složení výfukových plynů spalovacího motoru



[3]

2.1 Popis jednotlivých složek obsažených ve výfukových plynech

V této kapitole si popíšeme jednotlivé složky emisí ve výfukových plynech – vlastnosti a jejich vliv na zdraví.

2.1.1 Oxid uhelnatý CO

Jedná se o bezbarvý plyn bez zápachu, který se rychle váže na hemoglobin (200krát raději než kyslík), blokuje tedy přenos kyslíku krví a orgány jsou poškozovány vlivem nedostatku kyslíku. [2, 5]

Je produktem nedokonalé oxidace uhlíku. Hlavní příčinou vzniku je bohatá směs – tedy nedostatek kyslíku ve spalované směsi. Vznětový motor, však pracuje s chudou směsí, s velkými přebytky vzduchu, proto v porovnání se zážehovými motory je obsah této plynné složky ve výfukových plynech desetinný. Při velkých přebytcích vzduchu CO totiž ve velké míře oxiduje na CO₂. K velkému nárůstu CO dochází při vyšším zatížení motoru, kdy je nastavena maximální dodávka paliva po dosažení hranice kouře. Nejvyšší emise CO produkují motory založené na principu tvoření směsi ze stěny – a to nejvíce v oblasti nízkého zatížení, tedy volnoběhu. [1]

2.1.2 Oxid uhličitý CO₂

Je produktem dokonalé oxidace – dokonalého spalování. Jedná se o bezbarvý plyn, bez zápachu, je málo reaktivní a stabilní. Škodlivý není, pouze v případě, kdy svou koncentrací začne vytěsňovat kyslík ve vzduchu, který vdechujeme. [1]

2.1.3 Voda H₂O

Ve formě vodní páry je nasávána se vzduchem. Dále vzniká při „studeném“ spalování kondenzací, kdy motor není zahřátý. [3]

2.1.4 Kyslík O₂

Jedná se o nejedovatý, bezbarvý plyn bez zápachu a chuti. Je nezbytný k zajištění procesu spalování v motoru. [3]

2.1.5 Dusík N₂

Dusík je hlavní součást vzduchu (78%). Je to plyn nejedovatý, bezbarvý a bez zápachu. Je nehořlavý, takže se na procesu spalování nepodílí a po jeho skončení se tak vrací do ovzduší. V malé míře pak reaguje s kyslíkem za vzniku tzv. NO_x – oxidů dusíku. [3]

2.1.5.1 Oxidy dusíku NO_x – NO, NO₂, N₂O

NO – oxid dusnatý se jako CO (oxid uhelnatý) rychle váže na krevní barvivo hemoglobin a blokuje tak přenos kyslíku krví. Míra jeho produkce je závislá na stupni bohatosti směsi, tedy spalovacích teplotách, proto se vyskytuje převážně u zážehových motorů při $\lambda \approx 1$ a při $\lambda > 1$. V atmosféře rychle oxiduje na NO₂ a to zejména za přítomnosti ozónu O₃. Níže je Zeldvičovou rovnicí popsána tvorba plynu. V závislosti na teplotě reakce a koncentraci volných radikálů N, O, H mohou reakce probíhat i opačně. Je však zapotřebí dostatečně vysoká teplota a dostatek času. [1, 2]



NO₂ – Jedná se o plyn oranžové barvy, který štiplavě zapáchá. Když jej člověk vdechuje, tak se na stěnách sliznic vytváří kyselina dusičná HNO₃, na kterou dýchací systém reaguje podobně jako na začínající hoření a přivírá tak vzduch, který proudí do plic, což vyvolává kašel a pocit dušení. [1, 2]

I když jsou emise NO_x u vznětových motorů výrazně nižší než u zážehových motorů, stále patří mezi problematické škodliviny. Emise NO_x mají nejmenší komůrkové motory, jelikož pracují s vyšší mírou vrstvení směsi a také teplota hoření je zde nižší. [1]

2.1.6 Nespálené uhlovodíky HC (HydroCarbon)

Ve spalínách se vyskytují v mnoha formách. Jedná se o nespálené nebo částečně spálené palivo. Na tvorbu nespálených uhlovodíků má vliv konstrukce pístu, spalovacího prostoru a především teplotní režim motoru. K nejnižší tvorbě těchto částic dochází při součiniteli přebytku vzduchu $\lambda = 1,1 - 1,2$ – vyšší nebo nižší součinitel přebytku vzduchu λ

vede k vyšší tvorbě těchto částic. Na produkci těchto částic má rovněž vliv technický stav motoru a jeho seřízení. [1, 3]

Jsou příčinou nepříjemného zápachu – zvláště u dvoudobých motorů, kde je jejich koncentrace vyšší. [3]

Mají rozdílnou jedovatost. Jedná se o alkany a alkeny, které nejsou nebezpečné; dále metan; etan; aromáty; polycyklické aromatické uhlovodíky PAH, které bývají často karcinogenní; jedovaté aldehydy se zápachem a také částečně oxidované deriváty (např. formaldehyd). [2]

Jedná se o skleníkové plyny, které ve vysokých vrstvách atmosféry společně s NO_x, CO a CO₂ způsobují skleníkový efekt. [2]

Na sliznice působí dráždivě, podporují tvorbu ozónu O₃ za spolupůsobení oxidů dusíku, který poškozují zelené části rostlin. PAH jsou z nich nejedovatější. Rozpadem mezi vazbami uhlíku C a vodíku H při vysokých teplotách (přes 500°C) vznikají volné radikály. PAH pak vzniknou jejich následnou pyrosyntézou a pyrolýzou. [2, 3]

2.1.7 Pevné částice PM

Dle zákonů USA se jedná o pevné částice (popel, saze) nebo kapaliny obsažené ve výfukových plynech. [3]

Jádro je tvořeno pevným uhlíkem a popelem. Obsah uhlíku se blíží až 75%. Dále se v nich vyskytuje malé množství dusíku, vody, sulfátů a velmi malé množství složek, které již nelze identifikovat. [1, 2]

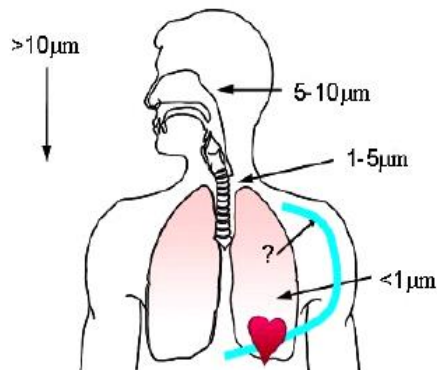
Pevné částice můžeme rozdělit dle jejich aerodynamického průměru. Aerodynamický průměr částice lze charakterizovat jako průměr koule s hustotou 1g/cm³ s ustálenou rychlostí, kterou způsobila gravitační síla v klidném ovzduší, jako má měřená částice za obvyklých podmínek – teploty, tlaku a relativní vlhkosti. Podle velikosti pak pevné částice rozdělujeme na: [8, 9]

- Hrubé částice (PM₁₀) - aerodynamický průměr ≤ 10 μm
- Jemné částice (PM_{2,5}) - aerodynamický průměr ≤ 2,5 μm
- Vysoce jemné částice - aerodynamický průměr < 0,1 μm
- Nanočástice - aerodynamický průměr < 0,05 μm

Pevná částice jako taková samotná toxická není, její nebezpečí tkví v tom, že má velký povrch a na ten se mohou vázat jiné škodliviny, které mohou být mutagenní, karcinogenní, či toxické (např. PAH). Krátkodobá expozice může způsobit neurofyziologické symptomy (např. dušnost, nucení ke kašli), podráždění průdušek, jícnu a také oka. Při dlouhodobé expozici se pak mohou objevit záněty plic, či histopatologické změny. Odhad koncentrace, která

nezpůsobuje rakovinotvorný efekt po dlouhodobé expozici – tzv. „referenční koncentrace“, je přibližně $5\mu\text{g}\cdot\text{m}^3$. Schopnost částice procházet organismem je dána její velikostí. [1, 2, 3]

Obr. 2 Schopnost částice procházet organismem je dána její velikostí:



[3]

Dle ČSN ISO 7708 lze pevné částice rozdělit do následujících skupin:

- Vdechovatelná frakce (inhalable)
 - Vdechnuta nosem a ústy
 - Závisí na směru a rychlosti pohybu vzduchu, frekvenci dýchání a jiných dalších faktorech
 - Extrathorakální frakce
 - Vdechované částice, které nepronikají za hrtan.
 - Thorakální frakce
 - Vdechované částice, které pronikají za hrtan.
 - Tracheobronchiální frakce
 - Vdechované částice, které pronikají za hrtan, ale nepronikají dále do dýchacích cest bez řasinkového epitelu
 - Respirabilní frakce (respirable)
 - Vdechované částice pronikají do dýchacích cest bez řasinkového epitelu.
- Aerosolové částice
 - Všechny částice, které jsou obklopeny vzduchem v daném objemu vzduchu

[13]

Koncentrace aerosolových částic je často nemožné měřit, jelikož přístroje měří jen v určitém rozsahu (extrathorakální konvence, thorakální konvence, tracheobronchiální konvence, respirabilní konvence), proto existují tzv. „dohodnuté křivky“, ze kterých lze ostatní částice odhadnout. [13]

Velké částice se zachytí v horních cestách dýchacích nebo jsou spolknuty. Menší částice pod 0,1 μm mohou již dosáhnout povrchu plic, kde mohou být ještě odstraněny, když se čistí plicní sklípky, nebo jsou dále unášeny do lymfatických systémů a možná ještě dále – do krve. Ultra malých rozměrů $<0,1 \mu\text{m}$ může dosahovat více než 90% částic. Nejmenší částice mohou dosahovat i 50 nm. [1, 2]

2.1.8 Oxidy síry

Podíl těchto emisí postupně klesá díky klesajícímu obsahu síry v motorové naftě. Maximální dovolený obsah síry v palivu dle normy ČSN EN 590+A1 je 10mg síry na 1kg nafty. Pokud 1kg nafty obsahoval pod 10 mg síry, dříve byla označována nafta jako „bezsrná“ (SF - Sulphur Free). Díky klesajícímu podílu obsahu síry v motorové naftě se snižuje mazací schopnosti nafty – je třeba přidávat aditiva. [1, 40, 41]

Síra v motorové naftě má však korozivní účinky, poškozují filtry pevných částic, katalyzátory a podílí se i na tvorbě síranového jádra (nosieli nejkarcinogennějších pevných částic – PAH). SO_2 je bezbarvý, štiplavě páchnoucí plyn, který napadá sliznice a potlačuje infekční odolnost. Podílí se také na tvorbě kyselých dešťů. [2, 40]

3 Opatření ke snížení škodlivin u vznětových motorů

Všechna uvedená opatření v následujících kapitolách mají za úkol redukcii škodlivých emisí, pro splnění emisních norem při zachování vysokých jízdních výkonů. [4]

3.1 Opatření před motorem

Jedná se o optimalizaci plnicí soustavy motoru k minimalizaci doby nutné k promísení paliva se vzduchem ve válci k optimálnímu průběhu spalování a to vytvořením ideálního proudění náplně ve válci – nejčastěji se jedná o tečnou rotaci. Důležitost tohoto opatření roste u atmosférických nepřepřehovaných motorů (nižší rychlost proudění vzduchu do válce) a s užitím vstřikovačů s nižším počtem vstřikovacích otvorů, které umožňují jemnější rozprášení paliva. [1]

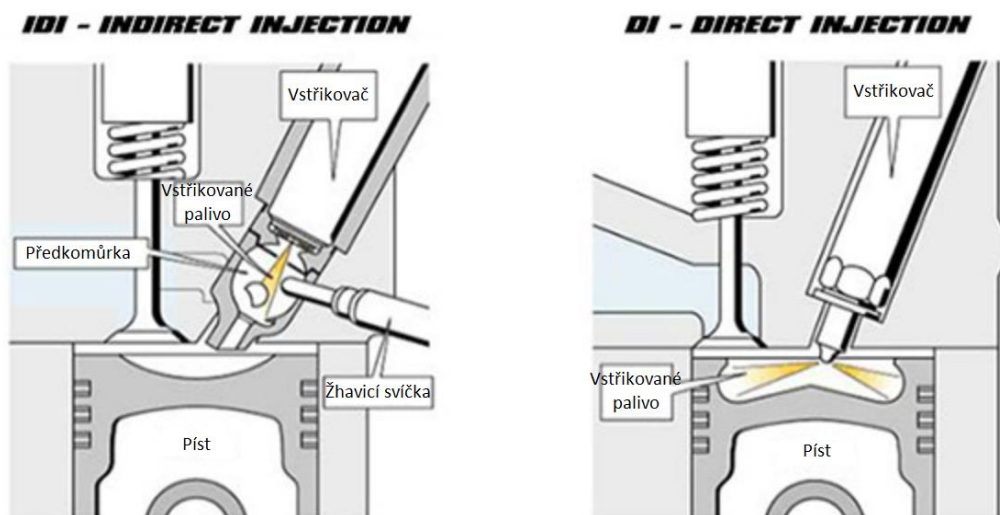
3.2 Opatření u motoru

V následujících kapitolách si popíšeme, jaká konstrukční řešení motoru ovlivňují jeho emise. Jedná se o způsob tvoření směsi, provedení vstřikovačů, systém recirkulace spalin, chlazení stlačeného vzduchu a způsob dávkování paliva.

3.2.1 Komůrka nebo přímý vstřík?

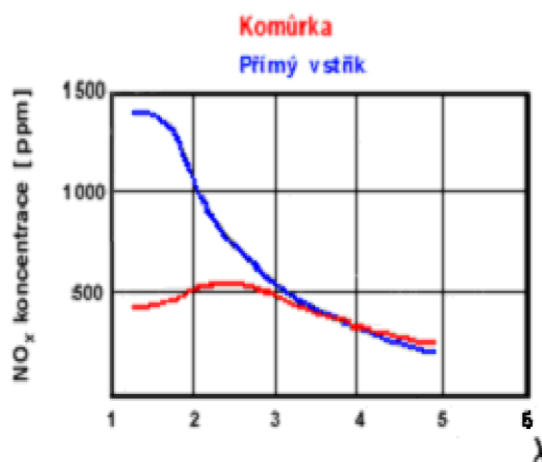
Už samotná volba způsobu tvoření směsi ovlivňuje složení emisí. Komůrkové motory totiž pracují s nižšími přebytky vzduchu než přímo-vstříkové motory. Komůrkové motory tak díky výraznějšímu vrstvení směsi a delší době hoření mají nižší emise NO_x. [1]

Obr. 3 Srovnání komůrkového motoru a motoru s přímým stříkem



[www.dieselhub.com]

Graf 1: Komůrkové motory mají nižší emise NO_x:

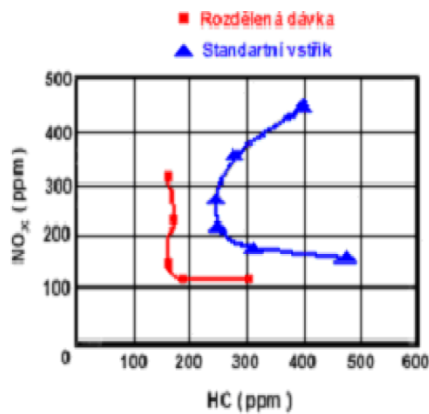


[5]

3.2.2 Rozdělení dávky paliva

Vliv na emise má také rozdělení dávky paliva (snížení emise NO_x i HC) a úhel předvstříku paliva. Je však nutné, aby palivo nebylo vstříknuto dlouho před dosažením horní úvratí, jelikož vysoké teploty při spalování mají nepříznivý vliv na emise oxidů dusíku (NO_xů). Pozdějším vstříkem lze tedy snížit emise NO_x, čehož se často užívá ke splnění emisních limitů. Roste nám však spotřeba, tedy i kouřivost a emise CO. [1, 5]

Graf 2: Rozdělením dávky paliva snížíme emise NOx



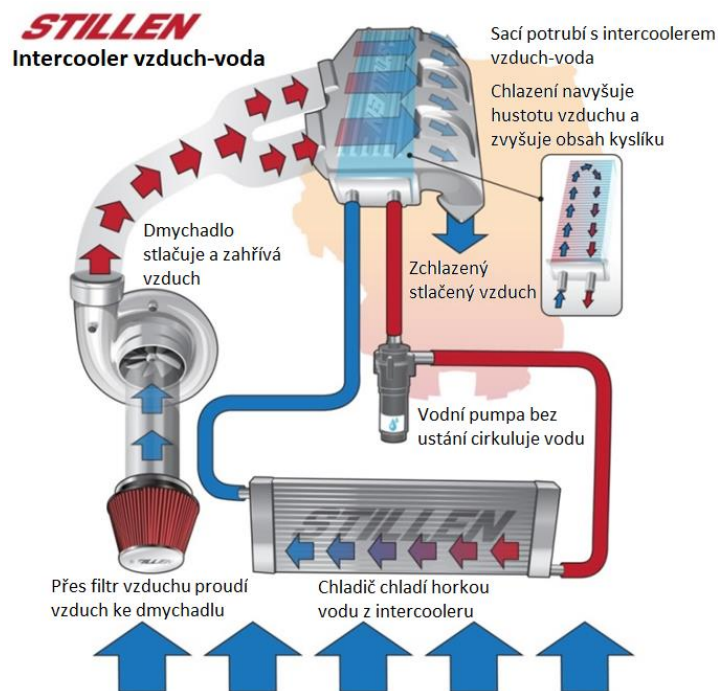
[5]

3.2.3 Zchlazení stlačeného vzduchu

Zchlazením stlačeného vzduchu u přeplňovaných motorů snížíme rovněž emise NOx díky nižším spalovacím teplotám. [1, 6]

Mezichladiče stlačeného vzduchu (intercoolery) lze rozdělit na dvě základní skupiny – vzduchové a kapalinové. Vzduchové chladiče jsou nejjednodušší, nejlevnější a nejpoužívanější. Užívají náporového vzduchu, který chladí vzduch uvnitř chladiče. Kapalinové chladiče jsou složitější a dražší. Využívají vlastního chladicího systému k chlazení vzduchu uvnitř chladiče. Chladič stlačeného vzduchu chlazený kapalinou může být umístěn prakticky kdekoliv, což umožňuje zkrácení sacího traktu. [12]

Obr. 4 Schéma chladicího systému kapalinou chlazeného intercooleru



[<http://www.enginebasics.com>]

3.2.4 Provedení vstřikovací soustavy a trysky

Snahou je zabránění dostřiku paliva po dokončení vstřikování a co nejvíce zmenšit prostor pod sedlem jehly trysky k minimalizaci odpařování paliva a snížení emisí nespálených uhlovodíků. Nejlepší je proto umístit výstřikové otvory přímo do sedla trysky (tímto opatřením lze snížit emise nespálených uhlovodíků až o 75 %). [1, 2]

Velký vliv na kouřivost má součinitel přebytku vzduchu λ a rozprášení paliva. [1]

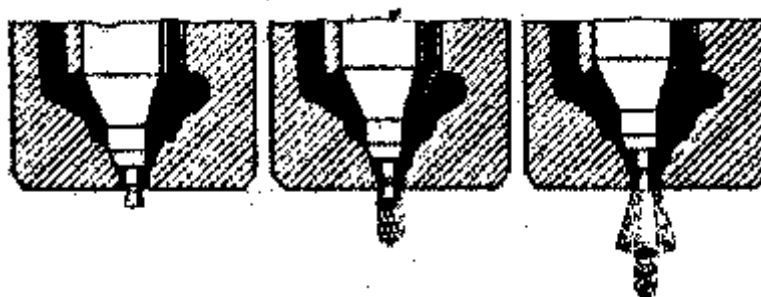
Trysky, které utváří paprsek, se obecně dělí na otevřené a uzavřené. [1]

Otevřené trysky nejsou jehlou trysky uzavírány a výstřikový otvor je otevřen. Používají se výjimečně u velkých motorů se sdruženými vstřikovači. [1]

Uzavřené trysky jsou jehlou trysky uzavírány a podle konstrukce je dělíme na čepové a otvorové. [1]

U komůrkových motorů používáme trysky čepové. Čep zasahuje do otvoru trysky a svým tvarováním ovlivňuje tvar paprsku. Čep navíc udržuje trysku čistou – bez karbonu. Tvarem čepu lze rovněž částečně ovlivnit předvstřík, kdy jehla trysky při svém zdvihu nejdříve odkryje úzkou štěrbinu, kterou protéká málo paliva. Otvírací tlak se u těchto motorů seřizuje na hodnoty 8 – 15 MPa. [1, 2]

Obr. 5 Čep u čepové trysky svým tvarem může ovlivnit předvstřík



[www.mjauto.cz]

Otvorové se používají u motorů s přímým vstřikováním paliva a dělí se podle počtu otvorů na jednotvorové a víceotvorové. Jednotvorové mají jeden otvor v ose trysky nebo bočně. Víceotvorové trysky mívají 3 až 8 otvorů často uspořádaných symetricky. Průměry otvorů (0,15 - 0,4 mm) ovlivňují dosah a tvar paprsku. Otvírací tlak se zde seřizuje na hodnoty 25 – 45 MPa k zajištění lepšího rozprášení paliva od počátku vstřiku – maximální vstřikovací tlak je však podstatně vyšší. Rozdíl mezi silou vyvíjenou pružinou a tlakem, který působí na celý průměr vedení jehly, pak rozhoduje o zavření. [1, 2]

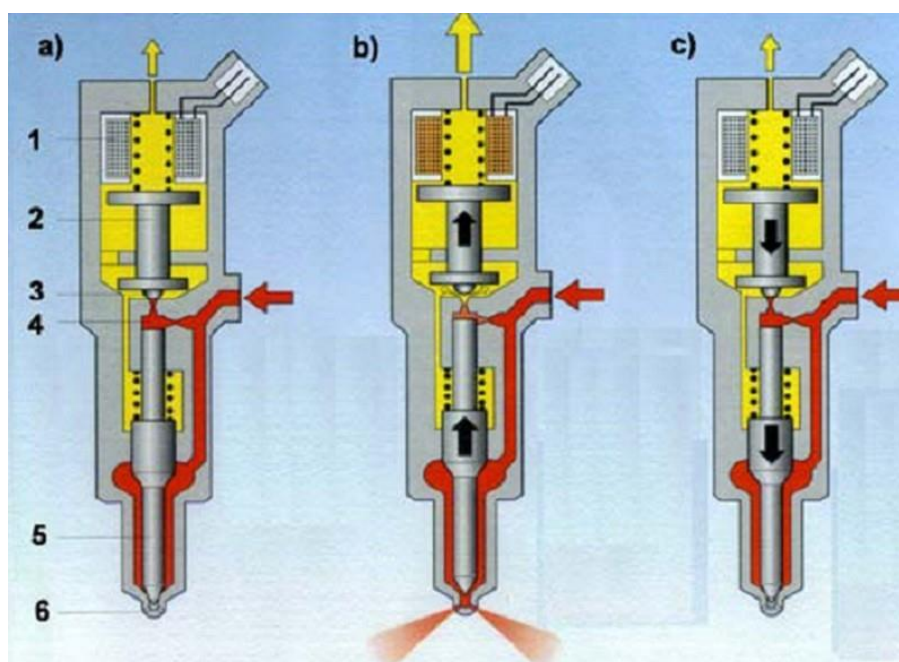
Obr. 6 Princip činnosti elektromagneticky ovládaného vstřikovače s otvorovou tryskou:

a – vstřikovač uzavřen

b – vstřikovač se otevírá

c – vstřikovač se zavírá

1 – cívka elektromagnetu, 2 – kotva, 3 – kulička ventilu, 4- řídicí prostor, 5 – jehla trysky, 6 – vstřikovací otvor



[<https://eluc.kr-olomoucky.cz>]

V našem případě, pro co nejjemnější rozprášení paliva, je nutno použít trysky víceotvorové a vyšších vstřikovacích tlaků. Problémem však je, že čím jemněji se rozpráší palivo, tím vzniknou i menší a nebezpečnější pevné částice, proto je nutné k jejich zachycení a vypalování užít filtr pevných částic. [1, 18]

3.2.5 Recirkulace spalin

Jedná se o efektivní metodu snižování oxidu dusíku u vznětových motorů, kdy část spalin je zpět vedena do sání přes EGR ventil (vnější recirkulace), nebo je zpět nasáta přes otevřený výfukový ventil pístem při pohybu do dolní úvrati z výfuku (vnitřní recirkulace). Výfukové plyny jsou prakticky bez kyslíku, inertní, snižují reakční schopnost směsi a snižují maximální teplotu hoření, při kterých vznikají právě oxidy dusíku (NO_x) – pro nemožnost užití třícestného katalyzátoru ke snížení těchto emisí se pro splnění emisních předpisů nejčastěji užívá tato metoda. U vznětových motorů se používá především vnější recirkulace. [1, 5, 7]

Nevýhodou systému je však vyšší zatížení motoru, pístu, vyšší nároky na chlazení spalovacího motoru, vyšší spotřeba paliva (většinou o 3-6% v porovnání s motory EURO 3) a vyšší míra znečištění motorového oleje. Na motorový olej jsou tak kladeny vyšší nároky a servisní interval je proto kratší. [3]

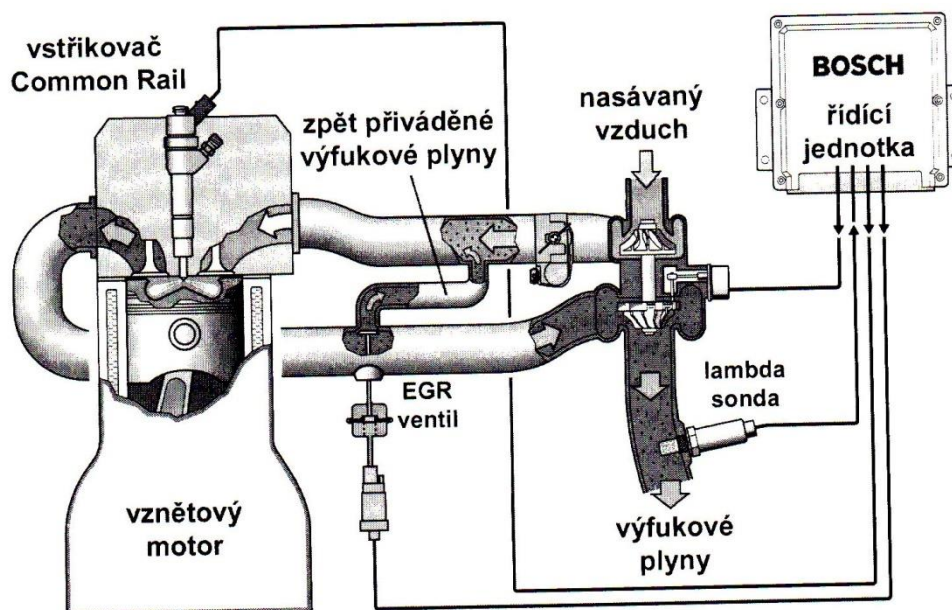
3.2.5.1 Vnitřní recirkulace spalin

Systém je závislý na překrytí ventilů – při sací fázi je otevřen sací i výfukový ventil a píst pohybem do dolní úvrati, nasaje spaliny z výfuku zpět do spalovacího prostoru. Zvýší se tak množství spálených plynů. [5]

Používá se často u benzinových motorů. [5]

3.2.5.2 Vnější recirkulace spalin

Obr. 7 Schéma systému vnější recirkulace spalin



[7]

V dnešní době jsou tímto systémem vznětové motory vybavovány standardně. Systém snižuje podíl oxidů dusíku ve výfukových plynech o více než 50%, snižuje také obsah pevných částic a redukuje obsah CO_2 ve výfukových plynech. [7]

Systém je složen z EGR ventilu, trubek, přírub, těsnění, případně i z EGR chladiče. [15]

Řízení ventilu je závislé na otáčkách motoru, množství vstřikovaného paliva a přiváděného vzduchu, teplotě motoru. Nadměrné přivádění spalin zpět do sání vede pouze k nadměrné tvorbě sazí, HC a CO. [7]

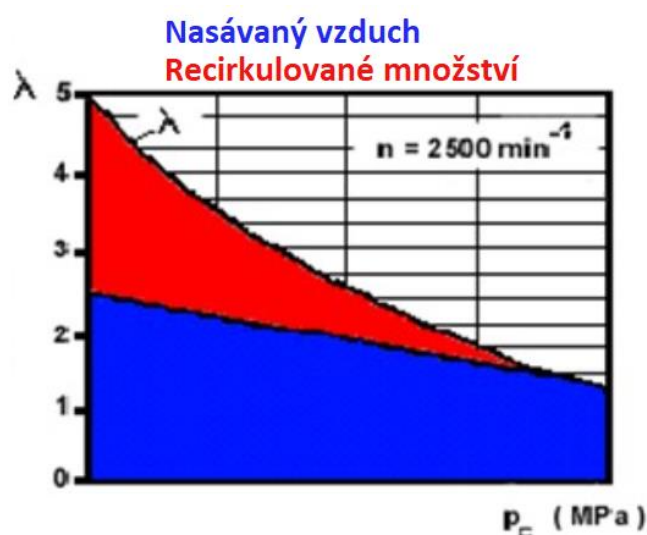
Ventil EGR může být řízen velikostí podtlaku z vakuové pumpy, hydraulicky nebo elektricky. Pro správnou funkci je nutné, aby motor byl zahřátý alespoň na 50°C . Funkce EGR je vyřazena, pokud otáčky motoru převyšují 3000 min^{-1} . Při plném zatížení je produkce NO_x nejvyšší. [5, 7, 15]

Chladič EGR snižuje teplotu recirkulovaných plynů, které se vrací zpět do sání přes EGR ventil pro snížení spalovacích teplot. Příliš vysoké teploty těchto plynů totiž snižují životnost EGR ventilu, ventilů motoru, těsnění pod hlavou. Dále chlazení umožňuje hladší průběh spalování. Studený ochlazený vzduch má navíc vyšší hustotu – více se ho vejde do válce a motor má proto vyšší výkon. Nejjednodušším provedení chladiče je jednoduchá trubka s minimálním chladícím výkonem. Pro větší, výkonnější motory je nutno použít chladičů, které jsou chlazeny chladicí kapalinou z chladicího okruhu motoru. Chladiče se vyrábějí z nerezové oceli a nachází se v nich kanálky, kterými proudí chladicí kapalina.

[16, 17]

Širokopásmová lambda sonda s vysokým pracovním rozpětím měří zbytkový kyslík ve výfukových plynech. Informace předává řídicí jednotce, která přepustí spaliny přes EGR ventil, který ovládá a dále upraví tlak plnicího vzduchu a vstřikování paliva. [5]

Graf 3: Schéma množství recirkulovaných spalin

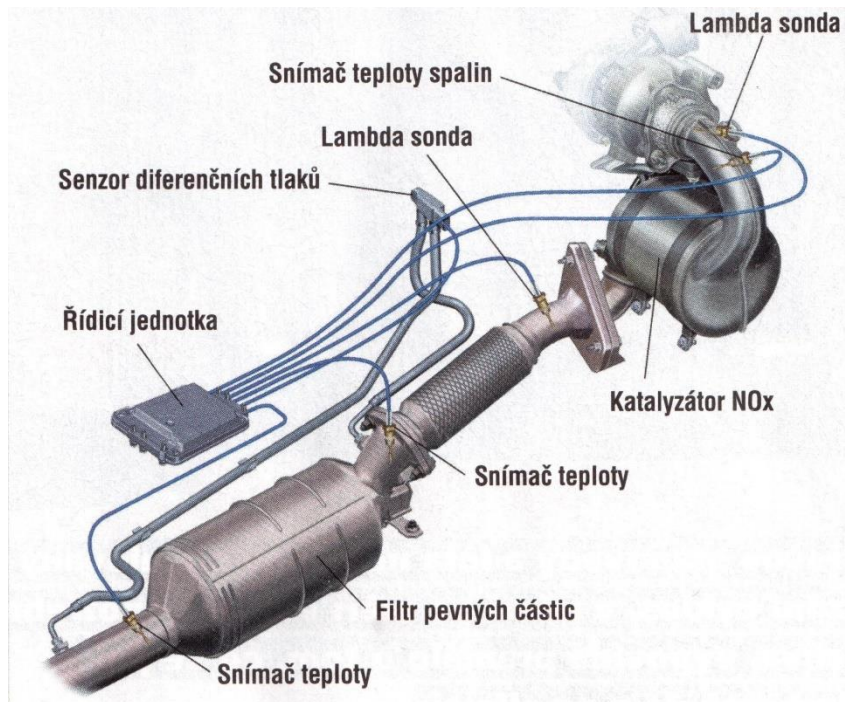


[5]

3.3 Opatření za motorem

Jde o části výfukového systému, které ovlivňují emise vznětového motoru. Jedná se o oxidační katalyzátor, který snižuje obsah nespálených uhlovodíků a emise oxidu uhelnatého CO ve výfukových plynech. Funkce filtru pevných částic (DPF, FAP) je závislá na správné funkci tohoto katalyzátoru. Filtr pevných částic má za úkol snižovat emise pevných částic. O snižování emisí NO_x se starají DeNOxové katalyzátory, systém SCR (selektivní katalytická redukce) nebo kombinace obou systémů. [1, 3, 22]

Obr. 8 Příklad výfukového systému vznětového motoru:



[www.topkb.cz]

Ve výfukovém systému, jak je vidět z obrázku, nalezneme i celou řadu snímačů – teploty, tlaku a lambda sondu.

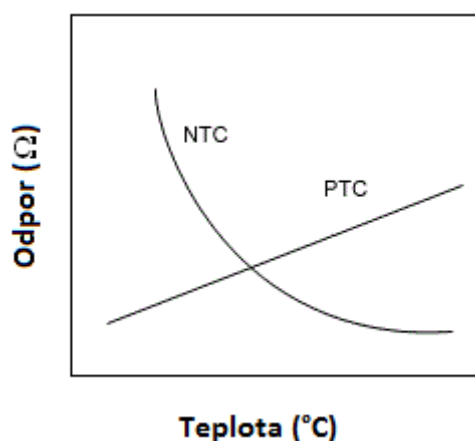
Teplotní snímač řídí proces regenerace a chrání jednotlivé komponenty před přehřátím, proto jej můžeme nalézt na několika místech ve výfukovém systému u komponentů, které se podílejí na emisích (DPF, DeNOxové a oxidační katalyzátory) a správná teplota je pro jejich správnou funkci důležitá. Pro účely diagnostiky se někdy teplotní senzor vyskytuje před i za komponentem. [26, 27]

Teplotní snímače můžeme rozdělit do dvou skupin:

- Termistory – založeny na principu, že s teplotou se mění i odpor termistoru. Ty můžeme rozdělit dále na:
 - NTC termistory - odpor klesá s teplotou nelineárně
 - PTC termistory - odpor roste s teplotou lineárně
- Termopáry – mezi 2 články z různých kovů se vytváří napětí v závislosti na teplotním gradientu

[26, 27]

Graf 4: NTC a PTC termistory – odpor v závislosti na teplotě



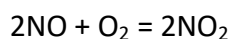
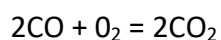
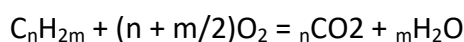
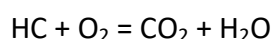
[27]

Tlakové senzory se používají pro vyhodnocení míry zaplnění filtru pevných částic DPF (FAP). Rozdělení senzorů, které dokáží detekovat míru zaplnění DPF, kontrolovat zda fungují správně, či měřit emise PM, jsem uvedl v kapitole věnující se DPF - 3.3.2.

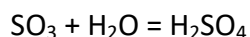
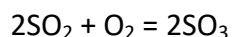
Úkolem lambda sondy, která snímá zbytkový kyslík ve výfukových plynech, je kontrola činnosti DeNOxových katalyzátorů a SCR. Již dříve jsme si uvedli, že signál z lambda sondy umístěné za sběrným výfukovým potrubím, využívá ŘJ pro ovládání EGR. [3, 28]

3.3.1 Oxidační katalyzátor (DOC – Diesel Oxidation Catalyst)

Vrstvy drahých kovů (paladia a platiny) reagují s produkty nedokonalého spalování a přebytečným kyslíkem. CO se pak přeměňuje na CO₂, HC na H₂O a CO₂, NO na NO₂ podle následujících chemických rovnic:



Síra přítomná v naftě:

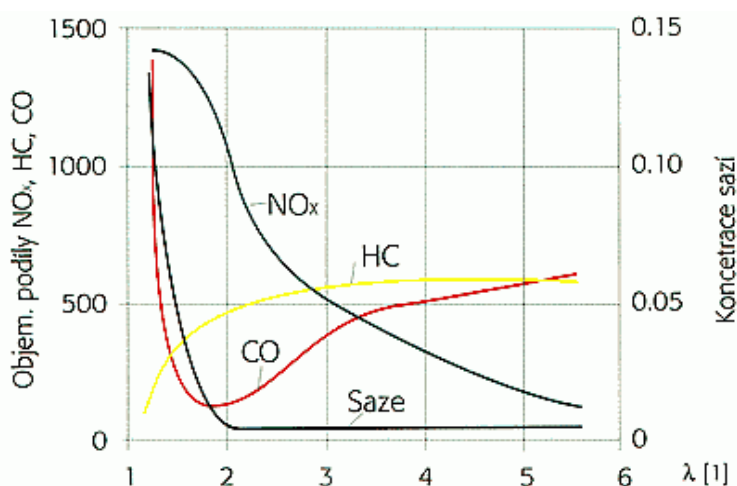


[1, 14, 29]

Přeměnou NO v NO₂ oxidační katalyzátor podporuje správnou funkci DPF a SCR, proto tento katalyzátor je optimalizován pro tvorbu NO₂. Pokud správně nebude fungovat oxidační katalyzátor, nemůže správně fungovat jak DPF tak SCR. [22, 29]

K zajištění co největší účinnosti katalyzátoru je třeba, aby kovy byly k dispozici na co možná největší ploše. Katalyzátor tvoří buď keramický monolit, nebo kovový článek s tenkými nahuštěnými kanálky (60 kanálek na 1cm² může odpovídat ploše fotbalového hřiště). [1]

Graf 5: Závislost λ na produkci emisí vznětového motoru



[3]

3.3.2 Filtr pevných částic

Filtr pevných částic používá Citroen a Peugeot od roku 2000. Nachází se za oxidačním katalyzátorem a jeho funkcí je snížení emisí pevných částic ve výfukových plynech až o 95%. Filtr je tvořen porézní keramikou z oxidu křemičitého, kde se právě částice při průchodu katalyzátorem zachycují. [1]




Pro vznětové motory jsou filtry pevných částic povinné od zavedení normy EURO 5. Moderní vznětové motory produkují totiž částice tak malé, které jsou sotva okem postřehnutelné a většina z nich proniká rovnou do plicních sklípků. Nejdou vykašlat a působí zde dlouhodobě jako karcinogeny. Na vině jsou moderní vstřikovače, které dokáží velmi jemně rozprášit palivo. Filtr pevných částic tyto částice zachycuje a vypaluje. [18]

K zajištění správné funkčnosti filtru pevných částic je zapotřebí zajistit pravidelnou regeneraci, protože čím více uhlíkových částic pokrývá filtr – tím menší je jeho účinnost a vzrůstá i jeho odpor. Odpor nezaplňeného filtru při 1000 min⁻¹ bývá cca 0,02 kPa (0,02 atmosfér) a zaplňeného filtru bývá přibližně 0,152 kPa (0,15 atmosfér) při 4500 min⁻¹. Regenerací rozumíme vypálení zachycených částic při teplotě mezi 500-600°C. Filtr musí být proto umístěn blízko motoru, aby v něm bylo dosahováno vyšších teplot k vypalování částic.

Existují také DPF (FAP) filtry, které jsou vybaveny dávkovacím systémem aditiv „EOLYS“, které pak systém dávkuje ze speciální nádržky do nádrže s palivem po každém natankování, nebo jej vstříkne rovnou do výfuku. Aditivum EOLYS pak zvyšuje oxidaci pevných částic a snižuje tak teplotu hoření těchto částic o přibližně 100°C. Při výběru těchto aditiv je však nutné dát si pozor, jelikož jich je celá řada a nelze je míchat. [1, 14, 19, 20, 21]

Tab 1 Rozdělení aditiv EOLYS:



EOLYS® DPX 42	EOLYS® 176	EOLYS® POWERFLEX
generace	generace	generace
do DAM čísla 9492 (->14. listopadu 2002)	od DAM čísla 9493 (5. listopadu 2002 l->)	od DAM čísla 12166 (1. února 2010 l->)
<ul style="list-style-type: none"> Pro vozidla 1999 l-> l 2002: - Citroën - Fiat - Lancia - Peugeot 	<ul style="list-style-type: none"> Pro vozidla 2002 l-> l 2010: - BMW (2007 - 2010) - Citroën (2002 - 2010) - Ford (2003 - 2009) - Mazda (2004 - 2009) - Peugeot (2002 - 2010) - Volvo (2004 - 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> Pro vozidla 2010 l-> : - Citroën - Peugeot
Barva hrdla nádržky: 	Barva hrdla nádržky: 	Barva hrdla nádržky: 
DPF řešení regenerace	DPF řešení regenerace	<ul style="list-style-type: none"> DPF řešení regenerace zvyšuje výkon motoru snižuje spotřebu paliva při regeneraci DPF prodlužuje interval pro regeneraci DPF

[21]

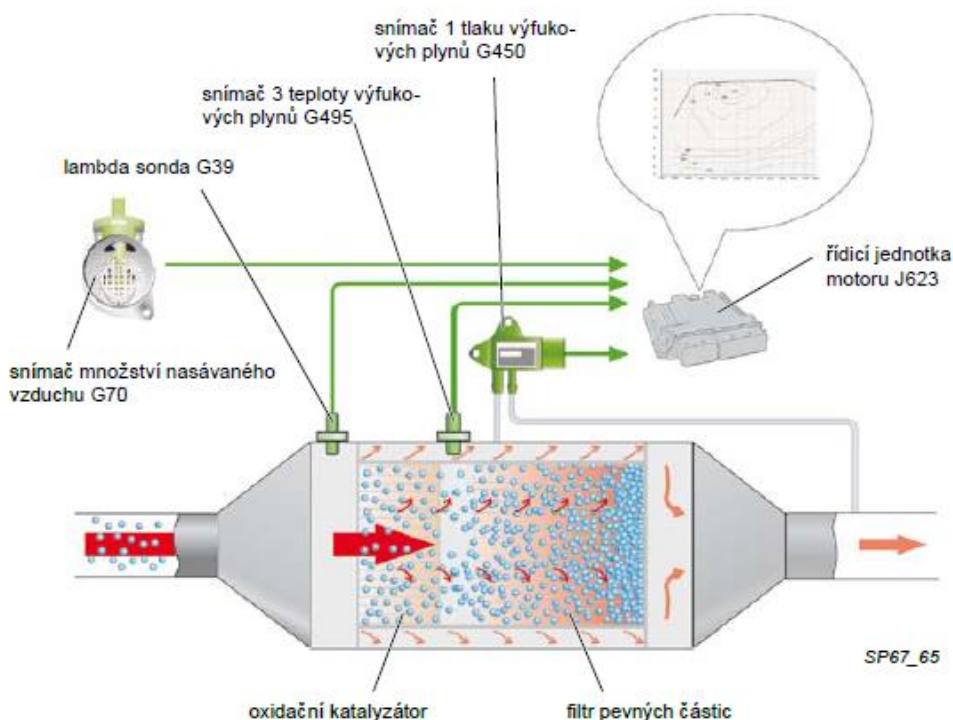
Při normálních provozních podmínkách se částice však nevypalují, pouze hromadí, protože teplota výfukových plynů je příliš nízká, a proto musí být navýšena. Celý proces musí být řízen, aby nedošlo k poškození filtru nebo jeho destrukci. Proces je řízen, řídicí jednotkou, která řídí regeneraci dle signálu z tlakových nebo radiofrekvenčních senzorů, podle kterých ŘJ pozná stupeň zaplnění filtru. Nepřesná detekce zaplnění filtru v případě nadhodnocení vede k příliš častým regeneracím, vysoké spotřebě paliva a rychlejšího

opotrebení systému. Naopak při podhodnocení vede k rychlejší degradaci filtru, poškození, či selhání. Snímače, které odhadují zaplnění filtru DPF, sledují poruchy DPF a sledují emise PM, můžeme rozdělit do následujících skupin: [14, 23]

- Tlaková
 - Dle diferenciálního tlaku na vstupu a výstupu z filtru se určí míra zaplnění filtru
- Radiofrekvenční
 - Vysílač a přijímač – dle míry pohlcení mikrovlnného signálu se určí stupeň zaplnění filtru
 - Vysílač a přijímač v jednom (umístěn na výstupu z DPF) – využívá se principu odrazu, kdy je signál vyslaný přijímačem odrazí od stěn filtru zpět
- Akumulační elektroda (odporový elektrodový senzor)
 - Porucha DPF je diagnostikovaná na základě změny elektrických vlastností elektrody, které jsou časově úměrné zaplnění filtru sazemi
- Měřič elektrického náboje
 - Slouží ke kontrole DPF a dokáže monitorovat emise
 - Elektrický náboj pevných částic je úměrný její velikosti

[23, 24]

Obr. 9 Někdy DPF (FAP) filtr tvoří s oxidačním katalyzátorem jeden celek:



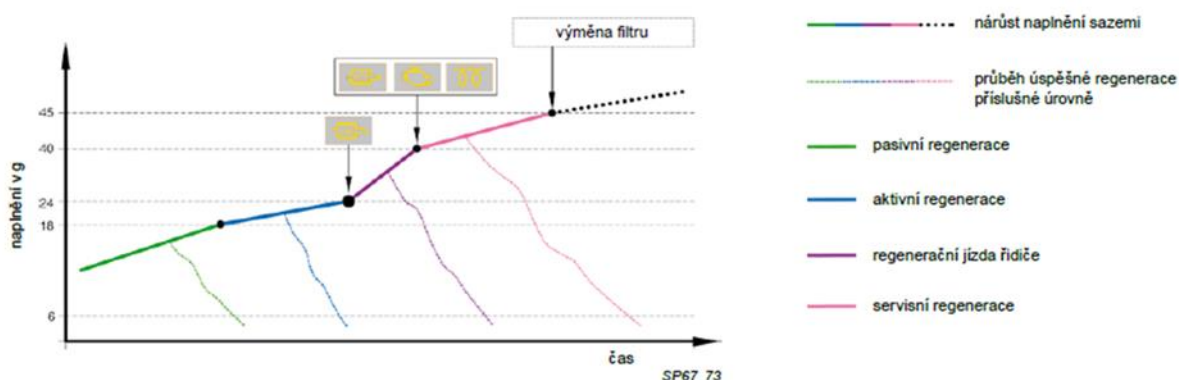
[3]

Rozlišujeme několik stupňů regenerace:

- Pasivní regenerace
 - O pasivní regeneraci hovoříme, pokud teplota výfukových plynů dosahuje hodnot 350 - 500°C z důvodu vyššího zatížení motoru po delší dobu, či pokud motor je delší dobu provozován ve vyšších otáčkách. Částice se tak vypalují samovolně. [3]
- Aktivní regenerace
 - Proběhne v případě, pokud neproběhla pasivní regenerace během 300-1000km a filtr se tak blíží zaplnění – odpor filtru roste a ke kompenzaci ztráty výkonu je zapotřebí dávkovat více paliva a změnit okamžik vstřikování, což má za následek i vyšší teploty výfukových plynů. Dávkovat palivo lze rovněž přímo před filtr pevných částic. Regenerace může být podpořena i aditivou EOLYS (filtry s aditivem), které snižují teplotu spalování pevných částic na 450°C. [1, 3, 14, 19]
- Regenerační jízda řidiče
 - Pokud neproběhla aktivní regenerace, je řidič vyzván rozsvícením kontrolky filtru k provedení jízdy, při které zatíží motor. [3]
- Servisní regenerace
 - Pokud řidič neprovede regenerační jízdu, tak se filtr pevných částic zanesou. Rozsvítí se kontrolka žhavení filtru a regeneraci lze už provést pouze pomocí diagnostických přístrojů v servisu. Může se však stát, že nezbyde nic jiného, než filtr vyhodit a vyměnit za nový. [3, 19]

Obr. 10 Několik stupňů regenerace:

Regenerační úrovně motoru 2,0 l TDI se systémem vstřikování paliva common rail



[3]

Nevýhodami DPF filtrů pak jsou vyšší náklady na údržbu. Filtry se mohou zanášet, pokud nejsou splněny podmínky regenerace a vozidlo se může tak stát nepojízdným. Je třeba používat správný olej (zamezení úniků a spalování oleje) a jsou vyšší nároky na kvalitu paliva (síra = nebezpečí poškození katalyzátoru) a sirnaté kondenzáty mohou snižovat účinnost systému recirkulace spalin tím, že zanáší potrubí. Správná funkce filtru a dlouhodobá účinnost je rovněž závislá na ostatních částech výfukového systému – hlavně na oxidačním katalyzátoru. Je třeba si dát pozor v případě filtrů s aditivačním systémem použít správné aditivum EOLYS, kterých je celá řada a nelze je míchat. [3, 19, 20, 22]

3.3.3 DeNOxové katalyzátory

Mají za úkol redukcí emisí oxidu dusíku NOxů. Jedná se opět o zásobníkový katalyzátor s obsahem BaO – oxidu baria, který zachycuje a průběžně ukládá NOx. [3, 30]

Zaplnění filtru je detekováno pomocí čidla NOx, které funguje na podobném principu jako lambda sonda. Vypalování NOxů probíhá za teplot vyšších než 550°C. Teplota výfukových plynů proto musí být navýšena, ať už pomocí přídavných hořáků nebo pomocí změny okamžiku a množství vstřikovaného paliva. [30]

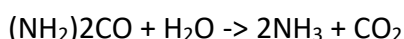
Jelikož motor pracuje s přebytkem vzduchu, není těžké zapálit dodatečně vstříknuté palivo žhavicí svíčkou ve výfuku. [30]

DeNOxové katalyzátory můžeme rozdělit na aktivní a pasivní. [31]

Aktivní katalyzátory se regenerují každou minutu obohacením směsi, kdy se navýší teplota výfukových plynů. NOx se tak rozpadnou na dusík. Využití však katalyzátory našli pouze v těžkých vozidlech vzhledem k jejich nižší účinnosti redukce NOx za vyšších teplot. Používají se proto spíše pasivní katalyzátory, které jsou levnější a výhodnější v kombinaci se systémem SCR. Katalyzátor zde zvyšuje účinnost systému během studeného startu. Když je motor studený, částice jsou zachycovány pasivním DeNOxovým katalyzátorem. Po navýšení teploty výfukových plynů dojde k jeho regeneraci. [31]

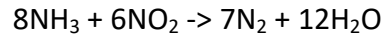
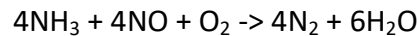
3.3.4 Selektivní katalytická redukce (SCR)

Využívá se zde redukčního činidla – AdBlue, složeného z 32,5% z vody a močoviny. AdBlue je pak vstřikováno do výfuku ve formě aerosolu se vzduchem, do proudu horkých spalin, kde se AdBlue rozloží na amoniak NH₃ (čpavek) a oxid uhličitý CO₂. Podle následující rovnice: [3]



[3]

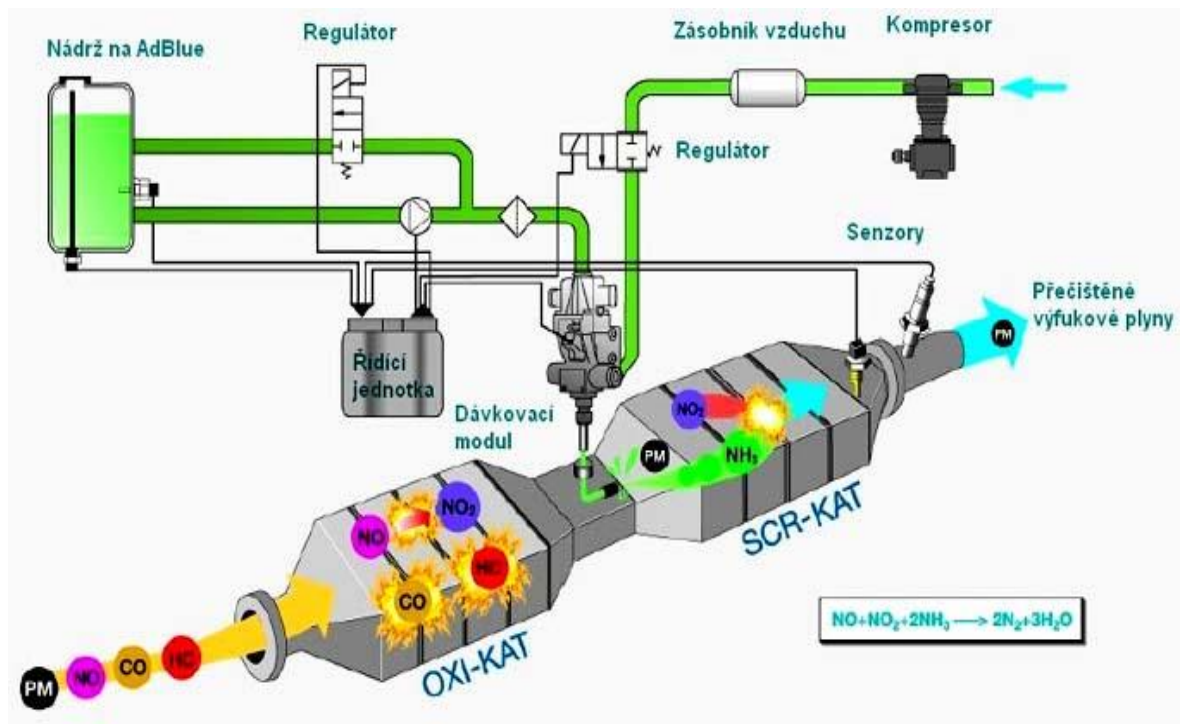
Toto se děje před vstupem do katalyzátoru. V katalyzátoru reaguje čpavek a oxidy dusíku za vzniku neškodného dusíku a vody: [1, 3]



[3]

Ke správné funkci SCR je třeba, aby správně fungoval oxidační katalyzátor. [22]

Obr. 11 Schéma systému SCR:



[3]

SCR je elegantní a bezpečné technické řešení. Nevýhodou však je, že se musí neustále doplňovat AdBlue, který tuhne při -11°C a systém musí být proto vyhříván. Dále je nutné, aby prostředek byl naprosto čistý a neobsahoval látky, které mohou zničit, či poškodit katalyzátor. Systém musí být navíc velmi přesně řízen. Při nedostatečném dávkování AdBlue se snižuje účinnost katalyzátoru a při přebytku naopak bude do ovzduší unikat jedovatý amoniak. Je třeba rovněž udržovat správnou teplotu, protože proces odstraňování NO_x je na ní citlivý. [3]

4 Evropské emisní normy

V roce 1970 vznikl první emisní předpis Směrnice rady 70/220/EEC. Ta byla postupně upravována a emisní předpisy potom upravovali jednotlivá přímá nařízení - Euro normy. [36]

V roce 2007 nahradila Směrnici rady 70/220/EEC nařízením 715/2007 vztahující se k normám Euro 5/6. [36]

4.1 Směrnice rady 70/220/EEC

První Evropské emisní předpisy pro osobní vozy byly schváleny 20. března 1970 – Směrnice rady o sblížení právních předpisů členských států týkajících se opatření 70/220/EEC. Pro vnitrostátní schválení typu vozidla, bylo nutno provést zkoušky uvedené v této směrnici a stát svá zjištění zaslal i ostatním státům a žadateli – a to pro každý typ motorového vozu. Pokud došlo ke změně konstrukce, bylo nutno provést nové zkoušky. Směrnice se vztahovala na vozy s hmotností nad 400kg a maximální konstrukční rychlostí nad 50km/h s výjimkou strojů určených pro veřejné práce a zemědělských strojů. [33, 34, 35]

Požadavky na zkoušky:

- Komplettnost emisních systémů a zařízení
- Bylo užito referenční palivo dle přílohy 1
- Dle hmotnostní kategorie se měřily emise ve třech typech zkoušek
 - 1. typ – ověření emisí v městské zástavbě po studeném startu – pro vozy pod 3,5t
 - Vozidlo mělo mít najeto alespoň 3000km
 - Měřily se emise oxidu uhelnatého a uhlovdíků
 - Měření probíhalo na dynamometru s brzdou a setrvačником 13 minut složených ze čtyř cyklů o 15 fázích – parametry zkušebního cyklu jsou uvedeny v příloze 2

Tab 2 Limity vztahující se ke zkoušce 1.typu:

Referenční hmotnost RW (kg)	Hmotnost oxidu uhelnatého (g/zkouška)	Hmotnost uhlovdíků (g/zkouška)
RW ≤ 750	100	8,0
750 < RW ≤ 850	109	8,4
850 < RW ≤ 1 020	117	8,7
1 020 < RW ≤ 1 250	134	9,4
1 250 < RW ≤ 1 470	152	10,1
1 470 < RW ≤ 1 700	169	10,8
1 700 < RW ≤ 1 930	186	11,4
1 930 < RW ≤ 2 150	203	12,1
2 150 < RW	220	12,8

[35]

- 2. typ – emise oxidu uhelnatého při volnoběžných otáčkách – pro všechny vozy s pohotovostní hmotností nad 400kg a maximální konstrukční rychlostí vyšší než 50km/h s výjimkou strojů určených pro veřejné práce a zemědělských strojů.
 - Podíl oxidu uhelnatého ve výfukových plynech nesměly přesahovat objemový obsah 4,5%
- 3. typ – ověření emisí z klikové skříně – pro všechny vozy s pohotovostní hmotností nad 400kg a maximální konstrukční rychlostí vyšší než 50km/h s výjimkou strojů určených pro veřejné práce, zemědělských strojů, vozů s dvoudobým motorem s kompresí v klikové skříně a motorů flat-twin, které by při zkoušce mohli být nevratně poškozeny.
 - Hmotnost uhlovodíků, které nebyly recirkulovány, motorem nesměla překročit 0,15% hmotnosti paliva spotřebovaného motorem.
 - Postup zkoušky:
 - Seřízení volnoběhu podle doporučení výrobce. Pokud výrobce doporučení nevydal, tak se volnoběh seřídí tak, aby v sacím traktu vznikl co možná největší podtlak.

[35]

Vozidlo odebrané ze série pak nesmělo přesáhnout hodnoty dle následující tabulky:

Tab 3 Limity pro sériové vozy:

Referenční hmotnost RW (kg)	Hmotnost oxidu uhelnatého L_1 (g/zkouška)	Hmotnost uhlovodíků L_2 (g/zkouška)
$RW \leq 750$	120	10,4
$750 < RW \leq 850$	131	10,9
$850 < RW \leq 1\ 020$	140	11,3
$1\ 020 < RW \leq 1\ 250$	161	12,2
$1\ 250 < RW \leq 1\ 470$	182	13,1
$1\ 470 < RW \leq 1\ 700$	203	14,0
$1\ 700 < RW \leq 1\ 930$	223	14,8
$1\ 930 < RW \leq 2\ 150$	244	15,7
$2\ 150 < RW$	264	16,6

[35]

Pokud naměřená hodnota přesáhla stanovenou mez, mohl výrobce vozu požádat o opakované měření na vzorku vozů odebrané ze série, včetně dříve zkoušeného vozu. Vozidla byla pak považována za vyhovující, jestliže byla splněna následující podmínka:

$$\bar{x} + k \cdot S \leq L \text{ kde}$$

\bar{x}aritmetický průměr výsledků měření

kstatistický faktor závislý na n

Lmezí hodnota z tabulky

Tab 4 Stanovení k dle n :

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0,973	0,613	0,489	0,421	0,376	0,342	0,317	0,296	0,279
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k	0,265	0,253	0,242	0,233	0,224	0,216	0,210	0,203	0,198

$$\text{Jestliže } n \geq 20, k = \frac{0,860}{\sqrt{n}}$$

[35]

Směrnice byla postupně upravována. Emisní standardy upravovali nové EURO normy a v roce 2007 byla tato směrnice nahrazena nařízením 715/2007 pro Euro 5/6. O nařízení 715/2007 a Euro předpisech si řekneme v následujících kapitolách. [36]

4.1.1 EURO normy 1-4

V roce 1992 přišla v platnost první emisní EURO norma – „Euro 1“. Norma nařizovala užití katalyzátorů na zážehových motorech k redukci emisí oxidu uhelnatého (CO). [33]

V roce 1997 Euro 2 dále redukovala emise CO, nespálených uhlovodíků a emise NOx v případě spalovacích i vznětových motorů. Pro tuto normu byli pro oba druhy motorů nastavené nově odlišné limity. [33]

Euro 3 z roku 2001 zrušila zkoušku pro studený start a pro vznětové motory byly upraveny limity CO, NOx a pevných částic. Pro zážehové motory byly rovněž upraveny emisní limity NOx a nově se zavedly limity HC. [33]

Nástupce - Euro 4 se zaměřila na vznětové motory, především pro redukci emisí pevných částic a emisí NOx. Proto některé vozy splňující tuto normu měli namontované filtry pevných částic. [33]

4.2 Nařízení 715/2007 (pro Euro 5 a 6)

Nové nařízení nahrazovalo základní ustanovení týkající se emisí vozidel a spotřeby paliva, protože první předpisy vznikly před více než 35 lety a byly uvedeny, aktualizovány ve více než 24 směrnicích. Nařízení nastavovalo nové emisní limity Euro 5 a 6, které měly za úkol snížit emise pevných částic, prekursorů ozonu (oxidy a dusíky) – hlavně emise oxidů dusíku vznětového motoru. Upozorňovalo na nutnost vzniku jednotného standartu OBD a stanovovalo živostnost zařízení pro regulaci znečišťujících látek. Nařízení upozorňovalo, že je třeba limity průběžně aktualizovat vzhledem ke vzniku nových palivových směsí. [37]

Nařízení chtělo podpořit nástup vozidel s alternativními pohony, poukazovalo na zvážení, případně nahrazení současných zkušebních cyklů, které by více odpovídaly realitě na základě změny specifikací vozidel a chování řidičů. [37]

Co se týče řízení emisí velmi jemných částic (PM 0,1 μm a menší) nařízení upozorňovalo na důležitost, co nejrychlejšího přijetí standartu Euro 6 pro snížení počtu těchto částic a zavedení nového laboratorního vybavení pro zkušebny, které by dokázalo měřit menší částice. [37]

Automobil musí splnit emisní limity podle nařízení. Po uplynutí 5. let nebo najetí 100 000 km se kontrolují požadavky pro posouzení shodnosti v provozu. Po 160 000 km kontrola zařízení regulujících emise. Výrobce pak poskytne kupujícímu hodnoty emisí CO₂ a spotřeby paliva. [37]

4.2.1 EURO normy 5-6

Euro 5 zpřísnilo emisní limity pevných částic pro vznětové motory natolik, že bylo nutné motory vybavit filtry pevných částic. Norma také zavedla nově i hmotnostní limity částic v září 2011 pro nově schvalované vozy a od prosince 2013 pro všechny nové vozy. Došlo ke snížení limitů NO_x o 28% v porovnání s Euro 4. Euro 5 jako první z norem nastavila limity emisí pevných částic i pro zážehové motory s přímým vstřikováním. [33]

Euro 6 zavedla další snížení NO_x u vznětových motorů o dalších 67% v porovnání s Euro 5, což si vynutilo EGR systém v kombinaci s částicovými filtry, které byly zavedeny už pro normu Euro 5. Vozidla mohla být vybavena také DeNO_xovými katalyzátory a SCR systémy. Pro vznětové a zážehové motory byly zavedeny podobné standardy. [33]

Modifikace Euro 6d dále zavádí WLTP – nový emisní homologační cyklus složený z RDE (Real Driving Emissions – měření emisí za provozu) a laboratorního cyklu WLTC, který nahradil zkušební cyklus NEDC známý také jako MVEG-B z roku 2000, který vycházel z testů z 80. let - byl tedy zastaralý a neodrážel skutečné podmínky provozu. [33, 38]

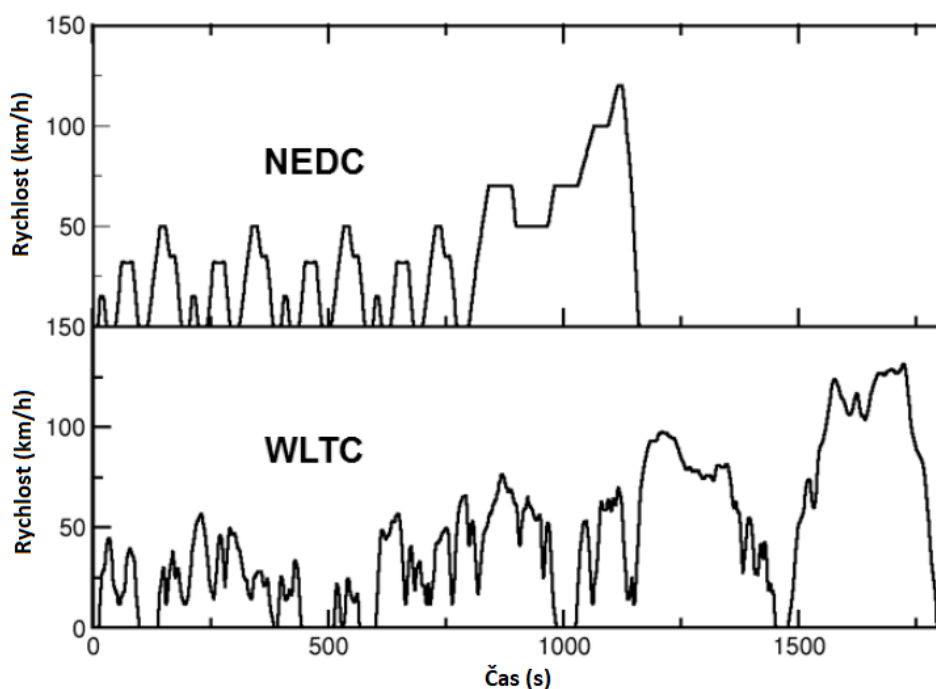
Tab 5 Limitní hodnoty Euro norem pro osobní automobily :

Standard	Datum	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Vznětové motory						
Euro 1	07.1992	2.72	—	0.97	—	0.14
Euro 2	01.1996	1.00	—	0.70	—	0.08
Euro 3	01.2000	0.64	—	0.56	0.50	0.05
Euro 4	01.2005	0.50	—	0.30	0.25	0.025
Euro 5	09.2009	0.50	—	0.23	0.18	0.005
Euro 6	09.2014	0.50	—	0.17	0.08	0.005
Zážehové motory						
Euro 1	07.1992	2.72	—	0.97	—	—
Euro 2	01.1996	2.20	—	0.50	—	—
Euro 3	01.2000	2.30	0.20	—	0.15	—
Euro 4	01.2005	1.00	0.10	—	0.08	—
Euro 5	09.2009	1.00	0.10	—	0.06	0.005
Euro 6	09.2014	1.00	0.10	—	0.06	0.005

*Limitní hodnoty emisí jsou v tabulce uvedeny v jednotkách g/km

[32]

Graf 6: Homologační emisní test WLTC nahradil NEDC:



[47]

5 Proces spalování vznětového motoru, nafta a aditiva

V následujících kapitolách si řekneme o základních parametrech motorové nafty – cetanovém čísle, hustotě a jaké mají vlivy na produkci emisí. Popíšeme si fáze spalovacího procesu vznětového motoru, abychom rozuměli co se děje ve válci s naftou. Popíšeme si požadavky na motorovou naftu dle ČSN EN 590+A1 a řekneme si o rozdělení motorových naft dle této normy.

5.1 Fáze spalovacího procesu vznětového motoru

Jak je známo vznětový motor pracuje s chudou směsí, přebytkem vzduchu. Výkon je zde řízen kvalitativně dle dodávky paliva. Při plném zatížení se blíží hranici kouře, to je při $\lambda=1,4$. Při volnoběhu pak bývá $\lambda=3,4$, pokud je směs mimořádně chudá. Nyní si popíšeme fáze spalovacího procesu, které lze rozdělit na fyzikální, chemickou, a plamenovou oxidaci. [40]

První je fáze fyzikální, kdy vzduch je stlačován pístem na tlak 3 – 5,5 MPa. Ve spalovacím prostoru vzniká teplota 700-900°C. Vstříknutím paliva do válce se okamžitě odpaří a vzniká endotermická reakce. Čím je palivo jemněji rozprášeno, tím je i rychleji odpařeno z důvodu většího povrchu. Díky rychlejšímu odpaření se i rychleji vznítí. [40]

Druhou fází je fáze chemická, kdy se odpařené palivo smísí se stlačeným, horkým vzduchem. Dochází ke dvěma endotermickým reakcím za jednu milisekundu - destrukční fázi (bleskového mikrokrakování) a na ní navazující oxidační chemické reakci. Prodlevou vznětu je nazýván rozdíl mezi první a druhou fází. Pokud je palivo vstříknuto příliš brzo (velký předvstřík), trvá déle, než se vznítí směs, protože stlačovaný vzduch je zpočátku poměrně studený. Když je prodleva příliš dlouhá, projevuje se klepáním, tzv. tvrdým chodem. [40]

Fáze plamenové oxidace je poslední fází, kdy dojde k exotermické reakci - vznícení a hoření směsi v celém prostoru najednou. Reakcí se uvolní veškerá tepelná energie paliva, která „uživí“ předchozí dvě reakce a rozhybe celý mechanismus motoru. [40]

Způsob vstřikování paliva a tvar spalovacího prostoru mají rozhodující vliv na chod motoru. [40]

5.2 Motorová nafta a její parametry

Nafta je směs kapalných uhlovodíků (n-alkanů, isoalkanů, alkenů, naftalenu, aromátů) s 10 až 22 uhlíky v řetězci. Čím větší délka řetězce, tím je vyšší cetanové číslo nafty, proto nejvyšší cetanové číslo mají n-alkany (parafíny), nejmenší mají aromáty. Cetanové číslo je důležitým, dříve opomíjeným parametrem motorové nafty. Staré pomaloběžně vznětové motory, nebyly na cetanovém čísle tak závislé. Vše se změnilo s příchodem moderních rychloběžných motorů. Cetanové číslo vyjadřuje míru reaktivity motorové nafty - schopnost k jejímu vzněcování. Čím je cetanové číslo vyšší, tím je nižší doba zpoždění zážehu, spalování nafty probíhá rovnoměrně a motor se projevuje hladším chodem. Cetanové číslo však na

emise vznětového motoru má malý vliv. Projevuje se pouze při studených startech, kdy neprohoří celá dávka paliva a z výfuku jde bílý kouř – zvýšené emise CO a HC. Požadavky na cetanové číslo se s novými emisními normami zvyšuje. Výkon motoru cetanovým číslem není ovlivněn. [40]

Hodnota cetanové čísla je zjišťována na zkušebním motoru, u kterého lze nastavit kompresní poměr. Zjistí se nejmenší kompresní poměr, při kterém začne docházet k výpadkům vznícení směsi. Měření se provádí při předepsaných laboratorních podmínkách. Výsledná hodnota se porovná s výsledky naměřenými s čistým cetanem (n-hexadekanem C₁₆H₃₄), který má cetanové číslo 100 a methylnaftalem, který má naopak hodnotu cetanového čísla nulovou. Podle toho se určí cetanové číslo vzorku – vlastně se určuje % zastoupení cetanu v měřeném palivu. Cetanové číslo lze rovněž zjistit přepočtem z cetanového indexu (Dieselového indexu), který se vypočte z výsledků laboratorních zkoušek destilace a hustoty. Minimální hodnota cetanového čísla je 40 pro studený start. Pro snadný studený start je 50 a více. [40]

Palivo s nižším cetanovým číslem má zpravidla vyšší hustotu a tím i vyšší výhřevnost, která s typem uhlovodíků souvisí. Hustotu určuje především obsah aromátů. Dle normy se hodnota hustoty motorové nafty pohybuje od 820 do 845 kg/m³ – voda se shromažďuje na dně nádrže z důvodů vyšší hustoty. Z hustoty lze odhadovat přibližné složení nafty, jaké složky zde převládají – vysoká hustota = znečištění výševroucími složkami (např. topnými oleji), naopak nízká hustota = znečištění nízkovroucími složkami (např. benzínem). Hustota se měří ponornými hustoměry nebo elektronicky. [40, 41]

Hustota má vliv na výkon motoru. Čerpadla zde pracují objemově, a čím vyšší je hustota paliva, tím vyšší hmotnostní množství se dostane do válce, což se pozitivně projevuje na měrné spotřebě paliva. Dále má hustota nafty vliv na poškození motoru, protože nafta s nízkou viskozitou má i nižší mazivost. Pohyblivé části palivové soustavy se tak více opotřebovávají. Hustota má rovněž vliv i na cetanové číslo, tedy i emise. Viskózní nafta se špatně rozprašuje a špatně spaluje – ohoří pouze obal kapičky paliva, to má za následek vyšší emise sazí, nespálených uhlovodíků a oxidu uhelnatého, což lze poznat při plné akceleraci, kdy jde z výfuku černý kouř. [40]

Dalším důležitým parametrem motorové nafty je bod vzplanutí, jehož hodnota se pohybuje mezi 58 a 75°C. Nafta je proto hořlavinou 3. třídy. Benzín má bod vzplanutí hluboko pod 0°C, takže i 1 % objemových procent benzínu v motorové naftě výrazně snižuje její bod vzplanutí a stává se z ní hořlavina 2. nebo dokonce 1. třídy. Zimní nafty mívají bod vzplanutí nižší než letní. [40]

Maximální obsah síry je dán normou ČSN EN 590+A1, který je 10mg/kg nafty. Tyto nafty se dříve označovaly jako bezsírné, SF (Sulphur Free). Síra v palivu způsobuje korozi, poškozují katalyzátory a má nepříznivý vliv na emise (tvorba síranového jádra). Snižování

obsahu síry má za následek i snižování mazací schopnosti nafty, což se kompenzuje přidáním aditiv. [40, 41]

5.3 Destilační křivka motorové nafty

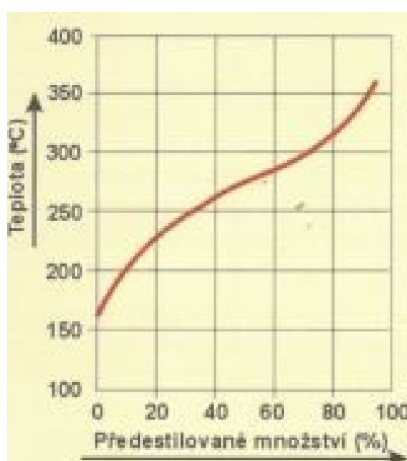
Destilační křivka slouží k posuzování jakosti nafty. Zpracováním destilační křivky získáme přibližný odhad složení nafty a jejich převládajících složek. [40]

Začátek destilace není předepisován a je řízen požadavkem na bod vzplanutí. [40]

Při padesátiprocentním bodu T_{50} , někdy označovaném jako „teplota středního bodu varu“, se predestiluje 50% paliva. U letních motorových naft bývá teplota při padesátiprocentní bodu 275 – 290°C. Neměla by přesáhnout 300°C, což by indikovalo vysoký obsah výševroucích, těžších složek. [40]

Při konci destilační křivky T_{95} (95% predestilováno) by neměla teplota překročit 370°C. [40]

Graf 7: Destilační křivka motorové nafty:



[42]

Čím vyšší je obsah níževroucích složek, tím lépe se nafta rozprašuje, lépe tak vytvoří větší celkový povrch, který se lépe odpaří a smísí s horkým, pístem stlačeným vzduchem. Příliš vysoký obsah těchto složek však vede k příliš rychlému vypařování a nepravidelnému chodu. Výševroucí složky chladí stěny válců, pomalu a postupně se odpařují, mažou pohyblivé části palivové soustavy, na kterých vytváří mazací vrstvičky. Naopak příliš vysoký obsah výševroucích složek vede ke špatnému odpařování paliva. Kapičky paliva pak ohoří jen na povrchu a z důvodu nedostatku kyslíku pro hoření, uvnitř již neprohoří, což vede ke zvýšené tvorbě pevných částic. Takové nafty mají vyšší sklony k tvorbě úsad. Karbonizačním zbytkem je nazývána tendence nafty tvořit takové úsady. Kolem přehřátých trysek se utváří povlaky, kdy tenká vrstva paliva je vystavena vysoké teplotě, postupně ucpávají výstřikové otvory trysky je znemožněno dokonalé rozprášení paliva a tvorba kužele. Maximální

množství karbonizačního zbytku dané normou je 0,3% na 10% podílu předestilované nafty. Vysoká produkce pevných částic vede navíc k rychlejší degradaci oleje. Když není olej včas vyměněn, karbon v oleji způsobuje tzv. „bore-polishing“, kdy olej abrazivně poškozují vývrty válců a pístovou skupinu. Vysoké tendence k tvorbě karbonu mívají motorové nafty s vysokým obsahem aromátů a olefinů. [40]

5.4 Požadavky a druhy motorových naft dle ČSN EN 590+A1

Tab 6 Obecné požadavky na motorovou naftu dle normy ČSN EN 590+A1 (65 6506)

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty	
		min.	max.
Cetanové číslo		51	-
Cetanový index		46	-
Hustota při 15°C	kg/m ³	820	845
Polycyklické aromatické uhlovodíky	% (m/m)	-	8
Obsah síry	mg/kg	-	10
Obsah manganu	mg/l	-	2
Bod vzplanutí	°C	nad 55	-
Karbonizační zbytek (vztaženo na 10% destilačního zbytku)	% (m/m)	-	0,3
Obsah popela	% (m/m)	-	0,01
Obsah vody	% (m/m)	-	0,02
Celkový obsah nečistot	mg/kg	-	24
Korozivní působení na měď (3h při 50°C)	stupeň koroze	třída 1	
Obsah methylesterů mastných kyselin (FAME)	% (V/V)	-	7
Oxidační stabilita	g/m ³	-	25
	h	20	-
Mazivost, průměr otěrové plochy při 60°C	μm	-	460
Viskozita při 40°C	mm ² /s	2	4,5
Destilační zkouška			
při 250°C předestiluje	% (V/V)		<65
při 350°C předestiluje	% (V/V)	85	
95% (V/V) předestiluje při	°C		360

[41]

Pro motorovou naftu dle normy ČSN EN 590+A1 je dovoleno přidávání barviv a značkovacích látek. Jsou dovoleny přísady pro navýšení výkonu a doporučuje se použití přípravků, které nemají škodlivé vedlejší účinky, aby nedošlo ke zhoršení jízdních vlastností a šlo dlouhodobě regulovat emise. [41]

Pokud motorová nafta obsahuje trikarbonyl(methylcyklopentandienyl)mangan (MMT), je nutné výdejní stojan označit dle normy EN 16942 a opatřit stojan štítkem „Obsahuje kovové přísady“ v národním jazyce a obsah MMT musí být v souladu s normou EN 590+A1. [41]

Dále motorová nafta může obsahovat do 7% objemového množství FAME (Fatty Acid Methyl Ester = methylesterů mastných kyselin). Obsah FAME je rovněž podmíněn požadavkům závislých na klimatických podmínkách. Co se týče aditiv na zlepšení tekutosti po přidání FAME je třeba, aby aditivum bylo kompatibilní s naftou i FAME. Dodavatel FAME by tedy měl zajistit i dodávku správného aditiva k zajištění správných vlastností při nízkých teplotách. [41]

Norma důrazně doporučuje přidávání aditiv pro zvýšení oxidační stability při výrobě a před skladováním FAME. Přísady však mohou způsobovat úsady, proto je třeba vybírat aditiva opatrně, zvláště u naft pro arktické klima. Norma neudává mezní hodnoty FAME pro bionafty, které neobsahují (ropné) uhlovodíky. Je totiž náročné tuto mez nastavit a lze užít jakéhokoliv poměru v případě, že výsledné palivo splňuje požadavky normy. [41]

5.5 Druhy motorových naft

Nafty můžeme rozdělit na několik skupin dle normy ČSN EN 590+A1, podle jejich chladových parametrů CFPP (Cold Filter Plugging Point), teplotě ucpání studeného palivového čističe vrstvou parafínů. Používání různých těchto tříd se tedy řídí klimatickými podmínkami. [40, 41]

Tab 7 Rozdělení naft pro mírné klima dle normy ČSN EN 590+A1 (65 6506)

Vlastnost	Jednotka	Mezní hodnoty					
		Třída A	Třída B	Třída C	Třída D	Třída E	Třída F
CFPP	°C, max.	5	0	-5	-10	-15	-20

[41]

Pro mírné klima se používá:

- Skupina B od 15.4. do 30.9.
- Skupina D od 1.10. do 15.11.
 - (Při přechodu z B na D od 1.10. do 15.10. lze prodávat směs obou naft – pokud však CFPP odpovídá minimálně skupině B tj. 0°C)
- Skupina F od 16.11. do 28.2.
 - (Při přechodu z D na F od 16.11. do 30.11. lze prodávat směs obou naft – pokud však CFPP odpovídá alespoň skupině D tj. -10°C)
- Skupina D se pak prodává od 1.3. do 14.4.

Tab 8 Rozdělení naft pro arktické klima dle normy ČSN EN 590+A1 (65 6506) a požadavky pro tyto nafty:

Vlastnost	Jednotky	Mezní hodnoty				
		Třída 0	Třída 1	Třída 2	Třída 3	Třída 4
CFPP	°C, max.	-20	-26	-32	-38	-44
TVP	°C, max.	-10	-16	-22	-28	-34
Hustota při 15°C	kg/m ³ , min.	800,0	800,0	800,0	800,0	800,0
	kg/m ³ , max.	845,0	845,0	840,0	840,0	840,0
Viskozita při 40°C	mm ² /s, min.	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2
	mm ² /s, max.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Cetanové číslo EU	minimum	51,0	51,0	51,0	51,0	51,0
Cetanové číslo	minimum	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0
Cetanový index	minimum	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0
Destilační zkouška	% (V/V), max.	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
	% (V/V), min.	95,0	95,0	95,0	95,0	95,0

[41]

5.6 Motorová nafta a aditiva

Používají se pro zlepšení některých užitných vlastností motorové nafty. Aditiva můžeme rozdělit do několika skupin: [43, 40]

- Modifikátory krystalické struktury parafínů
 - Používají se pro zlepšení chladových parametrů v zimním období.
 - V motorové naftě n-alkany, s bodem varu nad teplotou 250°C tuhnou při teplotách pod 0°C a alkany s bodem varu nad 350°C tuhnou často při teplotách nad 30°C. Tyto uhlovodíky během tuhnutí se vylučují z motorové nafty ve formě parafinických plochých krystalků, které se s klesající teplotou nahromadí v palivovém filtru a ucpou ho.
 - Příspěvky sice neovlivňují TVP (Teplotu Vylučování Parafínů), ale snižují teplotu CFPP (Cold Filter Plugging Point) – teplotu, při které nahromaděné krystalky ucpou palivový filtr. Ovlivňují také bod tuhnutí motorové nafty.
 - Přidávají se buď petrolejové frakce, které ovlivňují konec destilační křivky, nebo aditiva, která ovlivňují krystalickou strukturu parafínů. Jejich účinnost je závislá na uhlovodíkovém složení paliva.
- Odmrazovače a odledňovače
 - Pro potřeby skladování nafty, kdy v zimě volná forma vody by v palivu zmrzla a působila by problémy při odčerpávání paliva.
 - Používají se například alkoholy pro vytvoření homogenní směsi nafta-voda-alkohol. Například přípravky na bázi isopropylalkoholu.

- Mazivostní přísady
 - Díky trendu snižování obsahu síry v motorové naftě klesá mazivost nafty. Petrolejové frakce mají nepříznivé účinky na mazivost, proto je nutné naftu doaditivovávat, aby nedošlo k poškození pohyblivých částí palivové soustavy.
 - Aditiva buď působí na principu inhibice (snížení aktivity) peroxidových radikálů nebo působí jako silné polární sloučeniny. Z tohoto důvodu se zkouší u motorových naft peroxidové číslo.
 - Jako aditiva se používají estery karboxylových a mastných kyselin.
 - Dle ČSN EN 590+A1 je požadavek na nejnižší úroveň mazivosti – dle průměru otěrové stopy max. 460 μ m při teplotě 60°C
- Přísady pro zvýšení cetanového čísla
 - Pokud má motorová nafta vyšší podíl aromátů, má i nízké cetanové číslo.
 - Cetanové číslo lze navýšit dearomatizací, což je náročný a zdlouhavý proces.
 - Aditivace je jednodušší cestou.
 - Uplatňují se zde určité dusíkaté sloučeniny, které uvolňují snadno volné radikály a urychlují tak oxidaci paliva, která předchází vznícení, tedy zkrátí dobu vznětu.
 - Používají se nitráty a peroxidy např.: 2,2-dinitropropan; tetranitromhetan; tetralinhydroperoxid; kumenhydroperoxid; n-butylnitrát; 2-ethylhexylnitrát (dodecyl-nitrát). Peroxidy jsou však nestálé, proto se tolik nepoužívají. Jsou však s nitráty kompatibilní.
 - 2-ethylhexylnitrát se používá nejčastěji z důvodu nízké ceny
- Zlepšovače hoření
 - Zmenšují velikosti pevných částic produkovaných motorem tím, že se zmenší povrchové napětí paliva a palivo poté lépe prohoří.
 - V dnešní době se od těchto aditiv opouští z důvodů zavádění moderních vstřikovacích systémů, které dokáží vyvinout vyšší vstřikovací tlaky a lépe tak rozpráší palivo (common rail, PD).
- Detergenty a dispersanty (dispeganty)
 - Detergenty jsou čisticí látky, které mají dipól molekuly nabitý opačně, než má nečistota, která k ní následně přisedne. Na povrchu součásti sloučeniny vytváří ochranný film, který udržuje povrch kovových součástí čistý a zabraňuje usazování karbonových zbytků. Jedná se o amidy, aminy, amidazoly apod.
 - Dispersanty naopak působí jako rozptylovač. Působí v součinnosti detergentů, ze kterých uvolňují částice. Částice získává totožný náboj jako všechny ostatní částice, které se vzájemně začnou odpuzovat, vykonávat Brownův pohyb, tudíž se nemohou usadit.

- Antioxidanty a zlepšovače stability
 - Při dlouhodobém skladování vznikají totiž v naftě pryskyřice, zvláště pokud nafta obsahuje olefiny, diolefiny nebo polyolefiny.
 - Při výrobě nafty, kdy se používá plynový olej, vyrobená motorová nafta obsahuje vysoký podíl olefinických uhlovodíků, které se vyznačují velkým sklonem k vytváření kyslíkatých sloučenin. Sloučeniny způsobují změnu barvy, tvorbu kalů, laků a pryskyřic, které zanáší palivové filtry. Frakce obsahují navíc dusíkaté deriváty, které narušují stabilitu motorové nafty. Jako protipatření se do nafty přidávají antioxidační a stabilizující aditiva.
 - Přidávání těchto aditiv důrazně doporučuje norma ČSN EN 590+A1 při výrobě a skladování FAME.
 - Používá se např. BHT 2,6-di-terc-butyl-4-hydroxytoluen
- Protipěnovostní aditiva
 - Při plnění palivové nádrže znesnadňuje tankování pění paliva. (hlavně v případě MEŘO).
 - Ether je sice účinným odpěňovačem, ale z bezpečnostních důvodů se nepoužívá. Používají se polysiloxany a to ve formě methyl-fenyl-silikonových přípravků s kosolventem (IBA).
- Deemulgátory a odvodňovače
 - Vodní emulze na sebe vážou nečistoty, zanáší filtry, způsobují korozi a výpadky zapalování.
 - Detergentní aditiva zlepšují stabilitu disperze a jako deemulgátory jsou používány alkyloxypolyglykoly nebo arylsulfonáty.
- Inhibitory koroze
 - Polární látky, které na kovovém povrchu součástí tvoří hustý koberec, který brání přístupu korozních látek.
 - Dávkování je nízké – 5 ppm stačí na ochranu palivových trubek a nádrží.
- Antistatické přísady
 - Používají se z bezpečnostních důvodů, protože zlepšením vodivosti zamezují elektrostatickým výbojům.
 - Při tankování, manipulaci s palivem nebo v plastových nádržích by mohlo dojít k výbuchu. Statická elektřina, která vzniká při pohybu látky s nízkou tepelnou vodivostí (motorová nafta, petrolej), by zažehla výpary. Je tedy žádoucí, aby byla vodivost navýšena alespoň na hodnotu 50-0 pS/m.
 - Dříve se používaly sírné sloučeniny, nyní nitráty polymerů.

- Baktericidní přísady
 - Hubí organismy, které rozkládají palivo, nebo zabraňují reprodukci těchto organismů (bakteriostatické)
 - Dávkuje se do nafty (cyklické aminy, chinolín, imidazolín). Aditiva na bázi formaldehydu se pak dávkuje do oddělené vodní vrstvy
 - Aby nevznikly suspenze zanášející palivová čerpadla a filtry, nesmí se přidávat látky rozpustné ve vodě.
- Přísady regenerující filtry pevných částic
 - Aditiva mají schopnosti katalytické regenerace
 - Urychlují oxidační procesy a snižují teplotu vznícení sazí.
 - Základem aditiva je přídavek vhodného kovu ve formě organokovové sloučeniny.
- Barviva
 - Používají se k odlišení různých druhů paliv, popř. k označení nadstandardních paliv.
 - Dávkování:
 - Pro účely barvení: 3-5 mg aditiva / 1 litr benzínu, či nafty
 - Pro účely značkování: min 6 mg / 1 litr benzínu, či nafty
- Deodoranty
 - Neutralizují pach – např. ketony, estetické estery nebo látky s přirozenými vůněmi.
 - Od těchto aditiv se postupně ustupuje, jelikož nafta vyrobená moderními výrobními postupy (hydrogenace, Fischer Tropschova syntéza), nemá výrazné aroma.

[40, 41]

V dnešní době se však používají tzv. multifunkční „balíčky“, kdy výrobek nemá jednu funkci, ale více funkcí a upravuje více vlastností v palivu. [43]

Aditivaci lze rozdělit na tři okruhy:

- Aditivace u výrobce
 - Modifikátory krystalické struktury parafínů
 - Skladování – antioxidanty a aditiva potlačující vznik úsad
 - Mazivostní přísady
 - Zvýšení bezpečnosti - antistatické přísady
 - Přísady pro zvýšení cetanového čísla

- Aditivace v distribuční etapě
 - Nadstandartní paliva - speciálně navržená aditiva se přimíchávají do paliva, které pak prodávají pod svým názvem
 - Aditiva rozlišují pro letní a zimní období
- Individuální aditivace
 - Jednotlivá aditiva lze zakoupit v obchodech
 - Dávkuje se před tankováním a řídí se množstvím natankovaného paliva

[40]

6 Praktická část

Diplomová práce má odpovědět na otázku, zdali aditiva v motorové naftě mají nějaký vliv na tvorbu emisí. Byly provedeny homologační emisní testy WLTC dle současně platné emisní normy Euro 6d.

Bylo provedeno celkem 9 měřících cyklů WLTC, kdy 3 byly provedeny pro motorovou naftu B7 bez dodatečně přidaných aditiv, 3 pro směs motorové nafty B7 a aditiva a poslední 3 pro směs motorové nafty a jiného aditiva. Průměrné hodnoty emisí ze tří měření byly následně porovnány v grafech.

Spolu s měřením cyklů na válcové zkušebně byly provedeny nad rámec zadání diplomové práce i měření výkonu a točivého momentu k posouzení, zdali použití aditiv může ovlivnit tyto parametry.

Měření bylo provedeno na válcové zkušebně ČZU Technické fakulty v březnu 2019.

6.1 Užité vozidlo

Pro účely měření jsme použili automobil Škoda Roomster z roku 2006 se vznětovým tříválcovým přeplňovaným motorem 1.4 TDI o výkonu 59 kW. V následující tabulce jsou uvedeny parametry vozidla:

Tab 9 Parametry zkoušeného vozu 2006 Škoda Roomster 1.4 TDI 59 kW PD :

Parametry motoru	
Motor	Vznětový, přeplňovaný
Kód motoru	BNV
Přeplňování	Turbodmychadlo VGT
Palivo	Nafta
Palivový systém	PD (čerpadlo-tryska)
Emisní norma	EURO 4
Rok výroby	2006
Objem válců	1422 ccm
Počet válců, ventilů	3 v řadě, 6 ventilů
Maximální výkon	59kW/4000min-1 (80koní)
Maximální točivý moment	195Nm/2200min-1
Provozní vlastnosti vozu, převodové ústrojí	
Maximální rychlost vozu	165km/h
Zrychlení z 0 na 100kmh	14,7s
Převodovka	5s manuální
Spotřeba ve městě	6,1l/100km
Spotřeba na dálnici	4,5l/100km
Průměrná spotřeba	5,1l/100km
Emise CO2	135g/km
Hmotnosti	
Pohotovostní hmotnost	1240kg
Maximální přípustná hmotnost	1760kg

Obr. 12 Vozidlo Škoda Roomster na válcové zkušebně:



[vlastní]

Testované vozidlo mělo kód motoru BNS, které na rozdíl od BMS nebylo vybaveno filtrem pevných částic. Podle mého názoru tato varianta byla pro naše měření vhodnější, jelikož by regenerace DPF zkreslovala naše výsledky a měření bylo tak méně objektivní. Vozidlo bylo vybaveno pouze oxidačním katalyzátorem.

6.2 Palivo a aditiva

Jako palivo byla použita standardní motorová nafta B7 odpovídající normě ČSN EN 590+A1, natankovaná u čerpací stanice Benzina. Jednalo se o naftu „Effecta Diesel“ s cetanovým číslem 54 pro mírné klima skupiny D.

Ke zhodnocení vlivu aditiv na produkci emisí jsme se rozhodli použít prostředek s čistícími schopnostmi a výkonnostní aditivum.

Jako čistící aditivum jsme se rozhodli použít prostředek značky VIF, na který jsou dobré ohlasy, recenze a podle stránek výrobce byla funkčnost jejich produktů ověřena Ústavem paliv a maziv a.s., testy motoristického časopisu AutoDiesel a třemi testy časopisu Světa motorů, které výrobce zveřejnil na svých stránkách. Volba byla tedy jasná a pro větší extrém jsme se rozhodli použít zimní variantu produktu VIF Super Diesel Aditiv s modifikátorem krystalické struktury parafínů.

Aditivum je multifunkční a má celou řadu funkcí. Výrobce uvádí:

- Má protikoroziční účinky
- Prodlužuje životnost palivového systému – zvyšuje mazací schopnosti nafty, čímž chrání čerpadla a udržuje čistotu trysek
- Zvyšuje cetanové číslo o 5 jednotek - snižuje tak hlučnost motoru a spotřebu paliva.
- Potlačuje pění paliva
- Obsahuje depresant snižující bod tuhnutí a CFPP o 5°C

Jako výkonnostní aditivum se nám nabízeli různé výrobky s celou řadou funkcí – např. LIQUI MOLY Super Diesel Aditiv, který měl za úkol zvýšení cetanového čísla, zvýšení výkonu motoru, snížení klepání a zlepšení startovatelnosti. Výrobek měl zároveň chránit palivový systém před korozi a snižovat opotřebení motoru. Z názvu jsem se obával, že půjde o konkurenční výrobek podobných vlastností jako dříve vybraný VIF. Rozhodl jsem se tedy pro jiný méně univerzální výrobek. Vybral jsem výrobek, který si už podle názvu říkal o zařazení do testování „LIQUI MOLY 3722 Přísada do nafty pro zlepšení zrychlení“, prodávající se v zahraničí pod názvem „LIQUI MOLY Speed Tec Diesel“. Výrobek na stránkách e-shopu nám sliboval, že nová přísada pro zlepšení spalování zřetelně zlepšuje zrychlení motorového vozidla a zlepšuje chod motoru. Recenze sice byly negativní, jelikož zákazníci údajně žádný rozdíl nerozpoznali, ale já se rozhodl dát výrobku šanci a věřil jsem, že alespoň nepatrný nárůst výkonu třeba naměříme.

Obr. 13 Použitá aditiva::

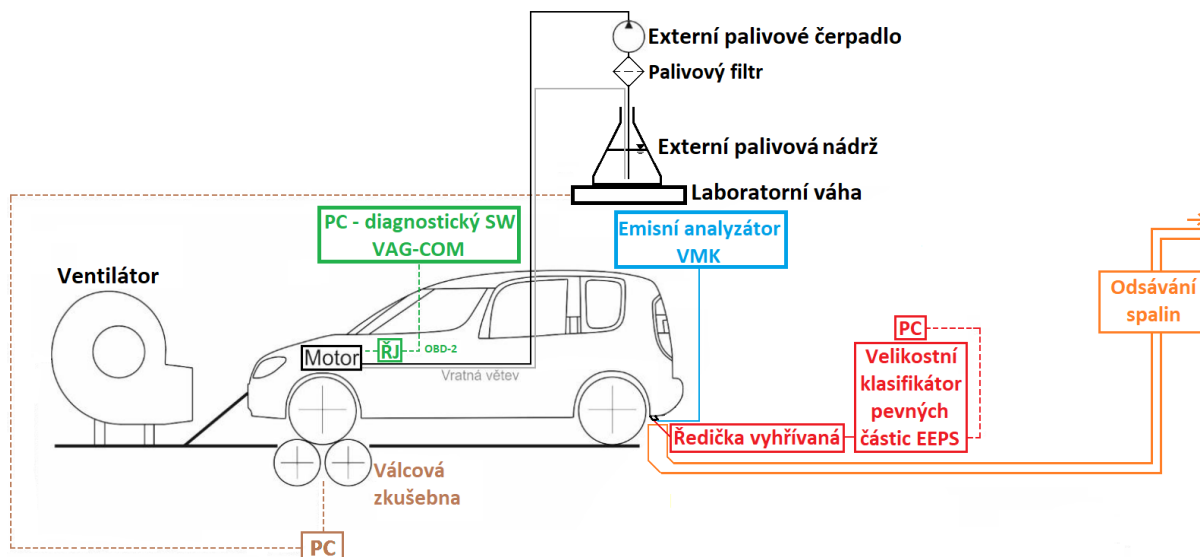


[vlastní]

6.3 Použité měřicí přístroje a zařízení

Při měření byly použity přístroje a zařízení, které jsou popsány v následujících kapitolách. Schéma stanoviště je zobrazeno na následujícím obrázku:

Obr. 14 Schéma stanoviště měření:



[vlastní]

6.3.1 Velikostní klasifikátor pevných částic EEPS model 3090 (Engine Exhaust Particle Sizer)

Pevné částice si uchovávají svůj elektrostatický náboj, a proto pak reagují s elektromagnetickým nebo elektrostatickým polem přístroje. Velikost interakce je pak závislá na velikosti nabité částice, velikosti náboje, kterým je nabitá a na intenzitě elektromagnetického nebo elektrostatického pole. [45]

Vzorek, který je odebrán z výfukového potrubí, nasaje ředící zařízení, které vzorek zředí se vzduchem, který je následně filtrován přes HEPA filtr. Ředící poměr se nastavuje podle potřeb přístroje, aby nedocházelo k šumům způsobeným nedostatkem plynu, který vstupuje do přístroje a zároveň nedocházelo k jeho zanášení. Ředící poměr je pro každý motor nastavován individuálně. Pro získání absolutních údajů se pak provádí přepočty. [45]

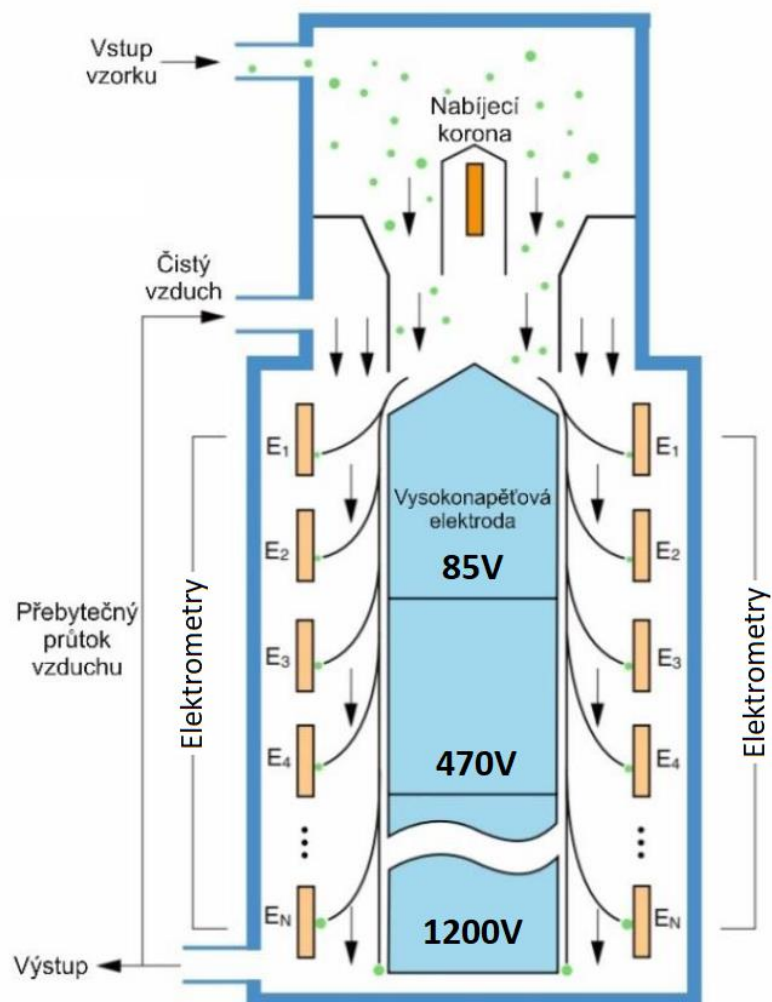
Zředěný vzorek pak putuje do přístroje, kde je nabit. Nabíjení je prováděno dvakrát a vždy s napětím o opačné polaritě. Všechny částice, které putují dále do přístroje, proto mají náboj o správné polaritě. [45]

Nabité částice v další části přístroje reagují s elektrostatickým polem, které je vytvořeno pomocí vysokonapěťových elektrod. V horní části přístroje je udržováno napětí pouhých 85 V, na které reagují nejmenší částice a jsou odpuzeny. Částice s vyšší hmotností tedy setrvačností pokračují dále do přístroje, kde postupně intenzita pole narůstá, až do hodnoty napětí 1200 V. Přístroj takto velké částice dokáže snadno detekovat. [45]

Po obvodu přístroje jsou umístěny měřiče elektrického náboje – elektrometry. Částice jsou odpuzovány elektrodami, které jsou umístěné ve středu. Putují k obvodu přístroje, kde je po obvodu umístěno 16 prstenců. Když částice narazí na prstenek, tak se vytvoří malý proud v řádech pA. Prstence jsou napojeny na elektrometry, měřiče elektrického náboje. Počítač vyhodnotí na základě velikosti náboje velikost částice a na displeji zobrazí četnost velikostí různých částic. [45]

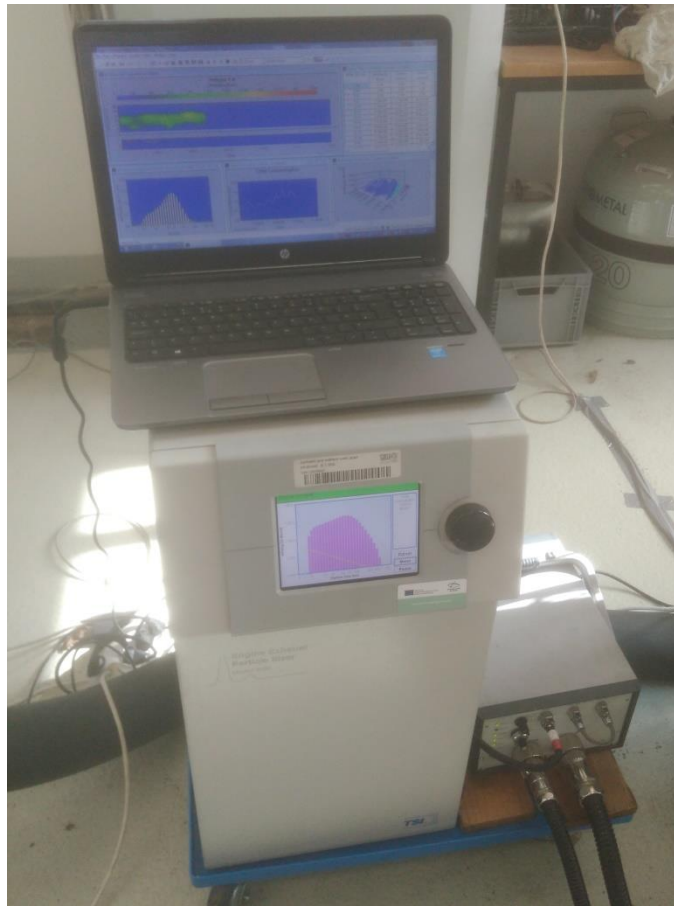
Měřicí zařízení, které má k dispozici škola (ČZU - Technická fakulta – Katedra vozidel a pozemní dopravy) je schopné detekovat částice o rozměrech 5,6 – 560 nm. [45]

Obr. 15 Analyzátor pevných částic EEPS – zjednodušené schéma



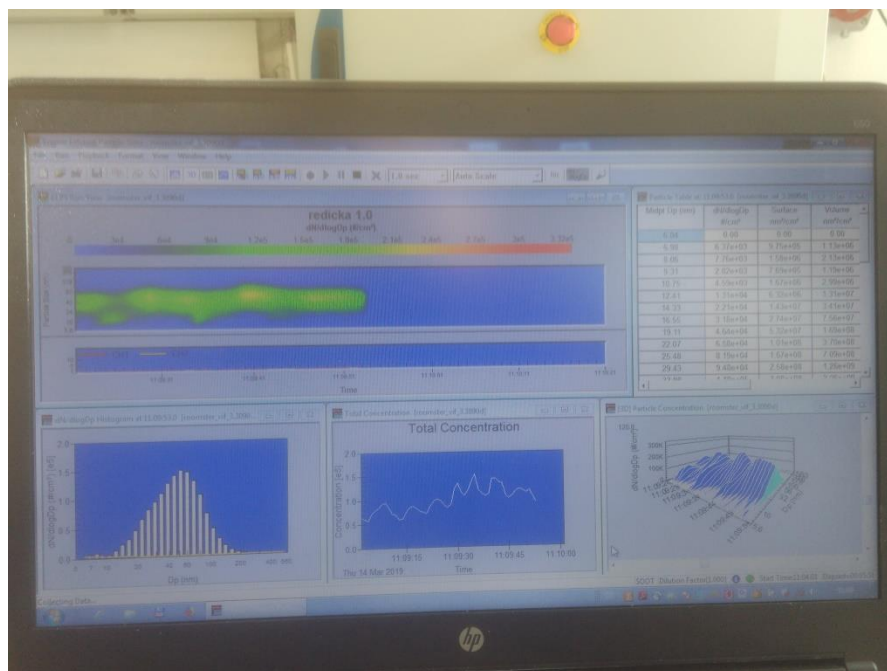
[44]

Obr. 16 Analyzátor pevných částic EEPS



[vlastní]

Obr. 17 Notebook data z EEPS zaznamenával:



[vlastní]

Obr. 18 Ředící zařízení bylo dvoudílné: řídicí modul Testo MD19-3E a jeho napojení do výfuku:



[vlastní]

Obr. 19 Ředící zařízení bylo dvoudílné: vyhřívací člen TSI Rotating Disk Thermodiluter 379020A:



[vlastní]

Obr. 20 Ředící zařízení: TSI HEPA Capsule Filter #1602051 s průtokoměrem TSI 4100 Series



[vlastní]

6.3.2 Emisní analyzátor VMK

EEPS bylo užito k měření produkce pevných částic. Pro měření ostatních emisí jsme využili analyzátor VMK, který využívá nedisperzní infra-červené metody NDIR k detekci oxidu uhelnatého CO, oxidu uhličitého CO₂, nespálených uhlovodíků HC a elektrochemického článku k detekci oxidů dusíku NO_x a kyslíku O₂.

Obr. 21 Emisní analyzátor VMK:



[vlastní]

Přístroj zaznamenal procentní zastoupení oxidu uhelnatého CO, oxidu uhličitého CO₂ a kyslíku O₂ ve výfukových plynech. Emise oxidu dusnatého NO a nespálených uhlovodíků HC byly zaznamenány v PPM. Data se zaznamenávala každou vteřinu.

Tab 10 Technické parametry VMK:

Měřená veličina	Měřicí rozsah	Rozlišení	Přesnost
CO	0 ... 10 % Vol.	0.001 % obj.	0 ... 0.67%: 0.02% absolutní, 0.67% ... 10%: 3% měřené veličiny
CO ₂	0 ... 16 % Vol.	0.01 % obj.	0 ... 10%: 0.3% absolutní, 10 ... 16%: 3% m.v.
HC	0 ... 20, 000 ppm	1 ppm	10 ppm nebo 5% m.v.
NO _x	0 ... 5 000 ppm	1 ppm	0 ... 1000 ppm: 25 ppm, 1000 ... 4000 ppm: 4% m.v.
O ₂	0 ... 22 % Vol.	0.1 % obj.	0 ... 3%: 0,1% 3 ... 21%: 3%

Obr. 22 Displej emisního analyzátoru VMK:

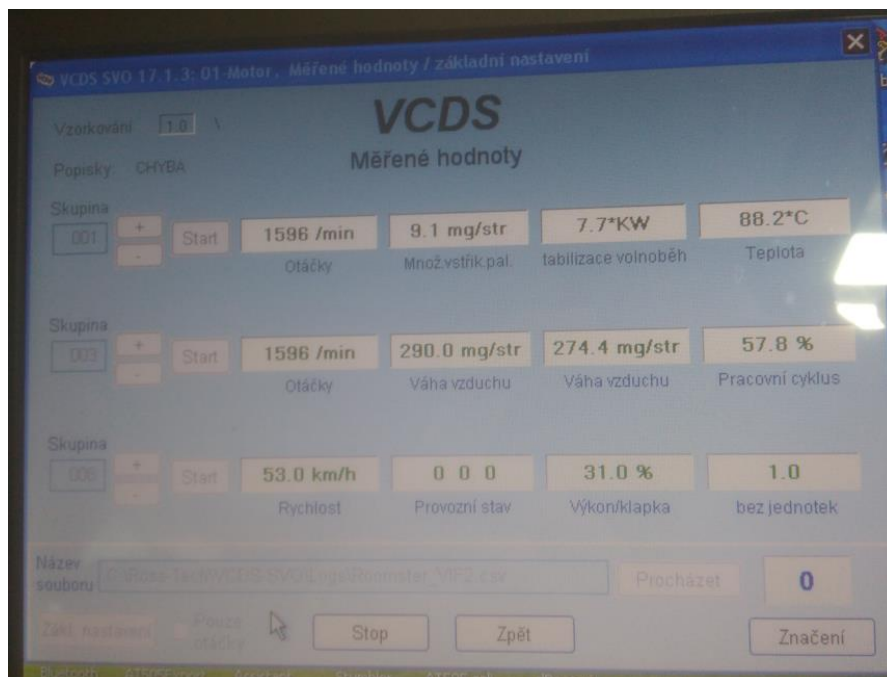


[vlastní]

6.3.3 Diagnostický software VAG-COM

Pro účely měření byl rovněž využit diagnostický nástroj VAG-COM VCDS SVO 17.1.3, který běžel na notebooku připojeném pomocí kabelu USB k diagnostické zásuvce standardu OBD. Program byl využit k zaznamenání otáček motoru (min-1) a k zaznamenání dat z váhy vzduchu – hmotnostního množství nasávaného vzduchu (mg/str - str jako stroke tzn. zdvih).

Obr. 23 Diagnostická nástroj VAG-COM VCDS SVO 17.1.3:



[vlastní]

6.3.4 Válcová zkušebna

Měření proběhlo na válcové zkušebně katedry Vozidel a pozemní dopravy ČZU. Je složena ze dvou válců o průměru 365mm a je určena pro vozidla o hmotnosti do 3,5t. Válce mají protiskluzovou povrchovou úpravu. Na jedné straně jsou válce spojeny se soustavou setrvačníků, které simulují setrvačné hmoty vozu a na druhé straně jsou válce spojeny s vířivým dynamometrem o výkonu 56kW, který zase simuluje odpor vzduchu. Zapojení vířivého dynamometru a tabulka s technickými parametry válcové zkušebny jsou na následujících obrázcích:

Obr. 24 Zapojení vířivého dynamometru:



[vlastní]

Tab 11 Parametry válcové zkušebny :

Součást	Parametr	Hodnota
Válce	Obvod	365 mm
Stejnoseměrný motogenerátor	Maximální brzdny výkon	56 kW
	Maximální brzdny moment	305 Nm
	Maximální otáčky	3000 min-1
Vířivý dynamometr	Maximální brzdny výkon	125 kW
	Maximální brzdny moment	478 Nm
	Maximální otáčky	8000 min-1
Sada setrvačnicků	Základní simulovaná hmotnost	680 kg
	Přídavné hmotnosti setrvačnicků	112,5 kg; 120 kg; 225 kg; 450 kg; 900 kg
Tenzometr	Jmenovité zatížení	2 kN
	Přesnost	0.5 % jmenovitého zatížení
	Opakovatelnost	0.05%

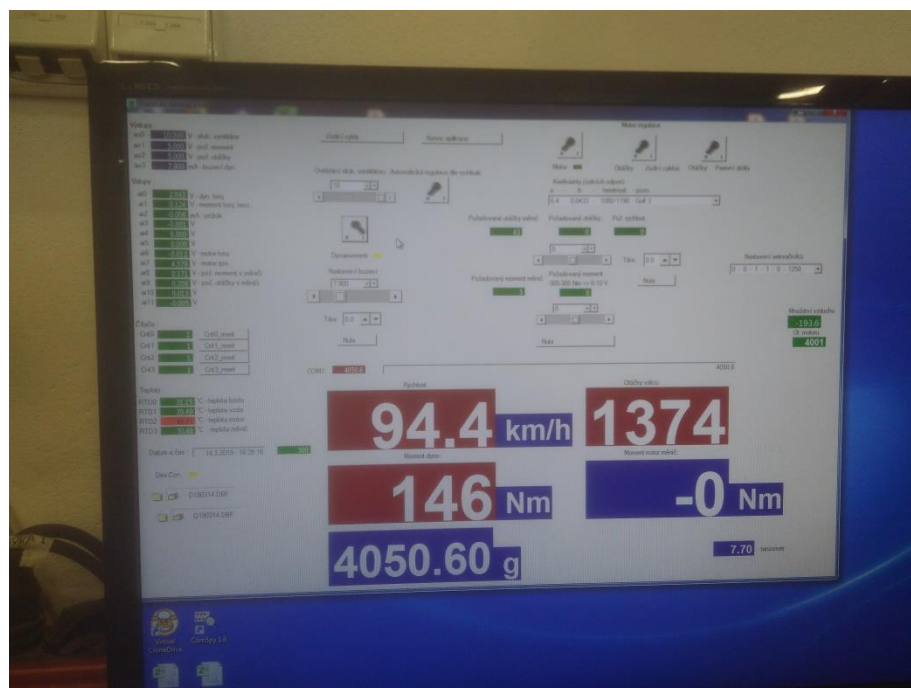
Zkušebna byla napojena k řídicímu počítači. Systém Datlab nám pak zobrazoval potřebné údaje, jako požadovanou rychlost během cyklu WLTC, umožňoval ovládání válcové zkušebny během měření výkonu, kdy jsme na válcích přidávali postupně brzdnou zátěž. Program zaznamenával všechna data. Řídicí program byl vytvořen v prostředí ControlWeb.

Obr. 25 Monitor nám ukazoval požadovanou rychlost během cyklu WLTC a data zaznamenával:



[vlastní]

Obr. 26 Ovládání válcové zkušebny během testu výkonu:



[vlastní]

Při měření výkonu jsme počkali, dokud se motor neochladil na 90°C, čerpadlo chlazení bylo tak neaktivní. Motor se potom vytočil na 3. rychlostní stupeň do maximálních otáček. Akcelerační pedál jsme drželi na podlaze a přidávali brzdou zátěž na řídicím počítači. Otáčky postupně klesaly, a jakmile se dostaly téměř k volnoběžným, měření bylo přerušeno. Pro každé palivo, jako u emisního cyklu WLTC jsme provedli 3 měření. Výsledkem byla průměrná hodnota z měření.

Ventilátor FILCAR AL-1500/C se staral o dostatečný přísun chladicího vzduchu k chladiči vozu. Na následujícím obrázku je ventilátor zobrazen, spolu s ukotvením vozu.

Obr. 27 Ventilátor FILCAR AL-1500/C zajišťoval chlazení:



[vlastní]

6.3.5 Laboratorní váha

Laboratorní váha zaznamenávala okamžitou hmotnost externí palivové nádrže a byla napojena datovým kabelem RS232 k řídicímu počítači válcové zkušebny. Počítač zaznamenával okamžitou hmotnost paliva do datového souboru. Počítačem byla zaznamenávána rychlost vozu a nebyl proto problém určit dráhu vozu ujetou během měřicího cyklu WLTC a z úbytku hmotnosti externí nádržky následně dopočítat spotřebu paliva. Váha byla určena pro měření do maximální hmotnosti 6200 g. V následující tabulce jsou uvedeny specifikace váhy.

Tab 12 Specifikace laboratorní váhy VIBRA AJ-6200CE :

Váživost	6200 g
Rozlišení	0,01 g
Opakovatelnost	0,01 g
Linearita	±0,02 g
Rozměr vážící platformy	180 x 160 mm
Datové rozhraní	RS 232, WLAN (volitelné)
Kalibrace	Externí
Hmotnostní jednotky	g, ct, oz, lb, ozt, dwt, GN tl
Rozměry	265 x 192 x 87 mm
Hmotnost	2,8 kg

[46]

Obr. 28 Laboratorní váha Vibra AJ-6200CE společnosti NETTO Electronics s.r.o.:



[vlastní]

Váha funguje na principu vibračního članku. Na následujícím obrázku je vidět spojení nádržky s vozidlem, kde palivo putovalo přes čistič a externí podávací čerpadlo do palivové soustavy vozu. Zpět putovalo přes odpadní větev do externí nádržky umístěné na váze.

Obr. 29 Spojení nádržky s vozidlem:



[vlastní]

Při výměně paliva v externí nádrži jsme dříve testované palivo vylili do kanystru, do nádržky nalili referenční palivo (naftu B7 pro mírné klima skupiny D) a počkali, dokud se systém nepročistí od námi aditivované motorové nafty. Naftu jsme pak opět vylili do kanystru, nalili do nádržky opět nové referenční palivo, propočítali dle etikety kolik ml aditiva je nutné do paliva přidat (bylo třeba počítat i s množstvím paliva, které se nacházelo stále v palivové soustavě našeho vozu), injekční stříkačkou jsme pak aditivum odebrali, aplikovali do nádržky a opět počkali, dokud palivo nepropláchlo palivový systém a vůz se na něj adaptoval, aby nedošlo ke zkreslení výsledků vlivem znečištění paliva.

6.4 Metodika

Zde jsem popsal laboratorní homologační emisní cyklus WLTP a postup při zpracování dat.

6.4.1 Jízdní cyklus WLTC

Nařízení 715/2007 vydané pro Euro 5 a 6, upozorňovalo na nutnost nového homologačního emisního cyklu, který by více odrážel podmínky skutečného provozu. Výsledkem byl WLTP, který vyšel s aktualizovanou emisní normou Euro 6d, složený z RDE (měření emisí za provozu vozidla) a laboratorního cyklu WLTC, který nahradil zkušební homologační cyklus NEDC z roku 2000 vycházející z homologačních laboratorních cyklů z 80.let. Homologační emisní cyklus WLTC byl použit pro naše měření.

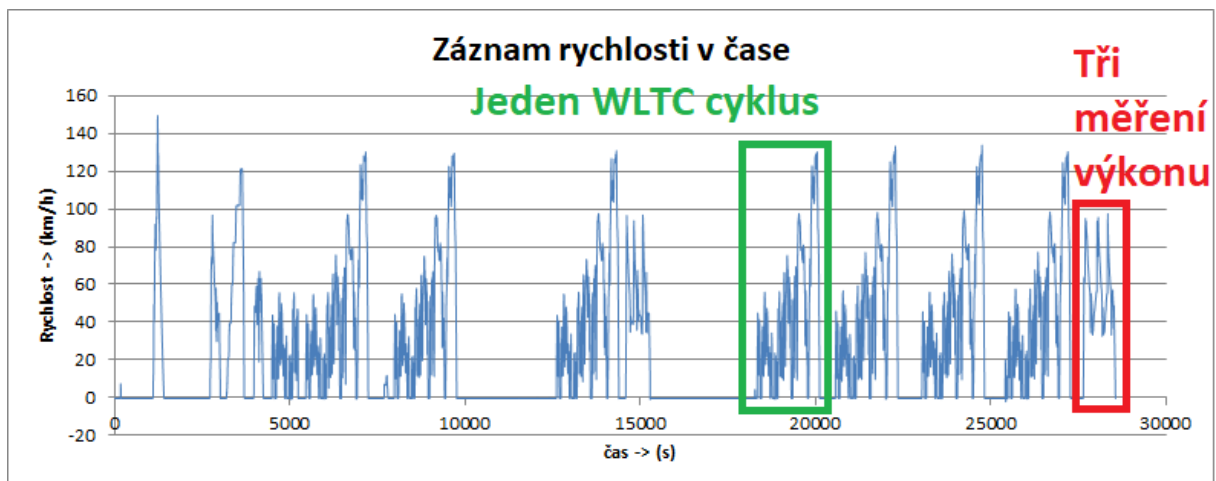
6.4.2 Zpracování naměřených dat

V této kapitole si popíšeme, jak jsme získaná data zpracovali. Použili jsme tato data:

- Data z řídicího počítače válcové zkušebny – data byla zaznamenána s frekvencí 1 Hz
 - Okamžitá rychlost (km/h)
 - Okamžitá hmotnost váhy (g)
- EEPS – množství vyprodukovaných pevných částic – data byla zaznamenána s frekvencí 1 Hz
 - Celková koncentrace pevných částic
- VMK – data byla zaznamenána s frekvencí 1 Hz
 - Procentní zastoupení CO, CO₂ a O₂ ve výfukových plynech
 - Koncentrace HC a NO v jednotkách ppm
- VAG-COM – data byla zaznamenána s různou frekvencí
 - Otáčky motoru (min⁻¹)
 - Hmotnostní množství nasávaného vzduchu (mg/str = mg/zdvih)

Data z válcové zkušebny byla měřena vždy celý den. Podle níže umístěného grafu lze snadno poznat, kdy emisní cyklus WLTC začal a kdy skončil, protože má svůj charakteristický tvar. Graf připomínající vidličku byl test výkonu, který byl 3x po sobě opakován:

Graf 8: Záznam z válcové zkušebny:



[vlastní]

Každý cyklus WLTC trvá 1800s (30min). Snažil jsem se rozdělit cykly tak, aby se vůz rozjížděl vždy po uplynutí 12 sekund od počátku cyklu. Ujetou vzdálenost během každého cyklu jsme zjistili celkem snadno. Rychlost v km/h jsme vydělili 3,6 a tím nám rychlost vyšla v jednotkách m/s. Jelikož byla okamžitá rychlost zaznamenávaná každou vteřinu, věděli jsme, jakou vzdálenost vůz ujel každou vteřinu, a stačilo jednotlivé rychlosti pouze sečíst, čímž nám vyšla celková vzdálenost, jakou vůz ujel za každý cyklus v metrech – tj. po 1800 sekundách. K výpočtům jsem používal nástroj MS Excel.

Z hmotnostního rozdílu paliva zaznamenaného na váze jsme pak dopočítali spotřebu paliva během cyklu:

$$\text{Spotřeba paliva [g/km]} = \frac{m_{na\ začátku\ cyklu} - m_{na\ konci\ cyklu}}{s}$$

$$\text{Spotřeba paliva [g/100km]} = \text{Spotřeba paliva [g/km]} \times 100$$

$$\text{Spotřeba paliva [l/100km]} = \frac{\text{Spotřeba paliva [g/100km]}}{\rho_{paliva}}$$

Abychom zjistili, kolik vůz vyprodukoval pevných částic, je třeba sesynchronizovat časový průběh rychlosti s produkcí pevných částic v závislosti na čase. Data z obou zařízení byla zaznamenávána s frekvencí 1 Hz (každou sekundu), proto nebyl problém křivky časově sladit:

Graf 9: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s produkcí pevných částic:



[vlastní]

VMK (CO %, CO2 %, O2 %, HC ppm, NO ppm) zaznamenává data jako předchozí přístroje s frekvencí 1 Hz, proto jako v předchozím případě je celkem snadné data spolu časově sesynchronizovat.

Graf 10: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s procentním zastoupení CO2 ve výfukových plynech:



[vlastní]

Pravdou ale je, že údaje z VMK nám téměř nic neříkají. Neznáme přesné množství jednotlivých složek ve výfukových plynech, které vůz vyprodukoval. Pro přepočítání procentního zastoupení jednotlivých složek zaznamenaných emisním analyzátozem VMK na hmotnostní množství, bylo třeba znát hmotnostní množství nasávaného vzduchu a otáčky, které jsme zaznamenali diagnostickým softwarem VAG-COM napojený na řídicí jednotku motoru. Menší komplikací však je, že data nejsou zaznamenána s pravidelným časovým postupem. Program však s každým záznamem zaznamenává i časovou značku a tak data lze převzorkovat pomocí lineární interpolace na časovou osu shodnou s ostatními daty, tj. po jednotlivých vteřinách (s frekvencí 1 Hz). Po převzorkování bylo možné přepočítat procentní koncentrace na hmotnostní podle následujících vztahů:

$$R = Hm. mn. nasávaného vzduchu [mg/zdvih] \times \frac{n [min^{-1}]}{60} \times \frac{1,5 [hodnota pro tříválcový motor]}{1000}$$

$$Emise\ CO\ [g/s] = \frac{R}{28,96[g/mol]} \times \frac{CO[\%]}{100} \times 28[g/mol]$$

$$Emise\ CO_2\ [g/s] = \frac{R}{28,96[g/mol]} \times \frac{CO_2[\%]}{100} \times 44[g/mol]$$

$$Emise\ NO\ [g/s] = \frac{R}{28,96[g/mol]} \times \frac{NO[ppm]}{1\ 000\ 000} \times 44[g/mol]$$

$$Emise\ HC\ [g/s] = \frac{R}{28,96[g/mol]} \times \frac{HC[ppm]}{1\ 000\ 000} \times 44[g/mol]$$

Kde:

28,96 g/mol molární hmotnost vzduchu

28 g/mol molární hmotnost CO

44 g/mol podle legislativy uvažované molární hmotnosti

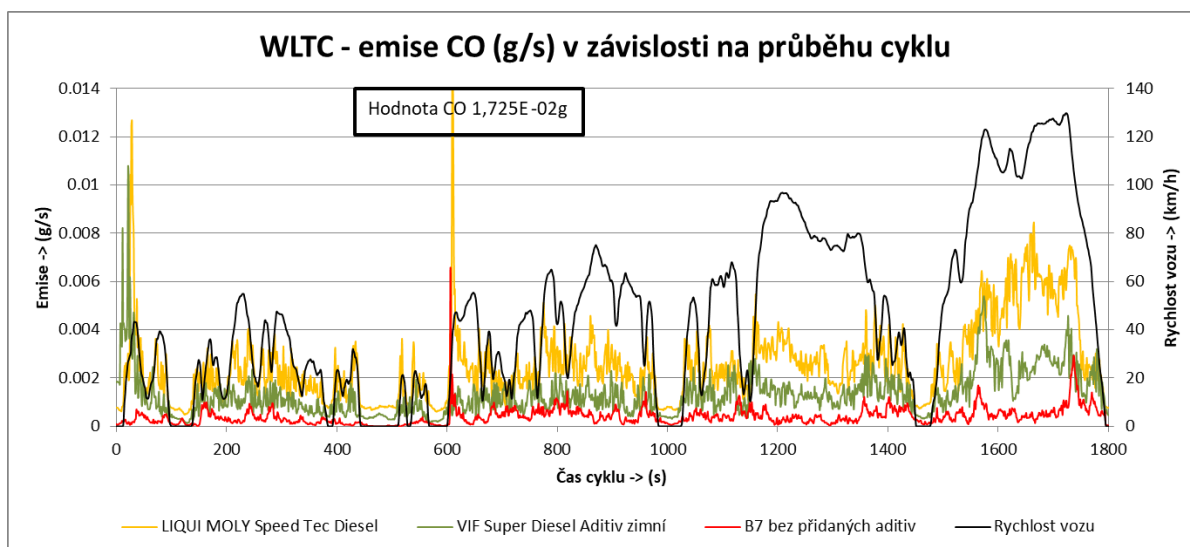
Bylo třeba si pohlídat před přepočtem záporné koncentrace a místo nich nastavit nulové. V Excelu jsme k tomuto úkonu použili funkci KDYŽ.

Pokud jsme získané hodnoty sečetli a vydělili ujetou vzdáleností, tak jsme získali emise na 1km. Data jsme poté zprůměrovali, vypočítali směrodatnou odchylku a na závěr jsme výsledky zhodnotili.

6.5 Výsledky a diskuze

6.5.1 Produkce oxidu uhelnatého CO

Graf 11: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi CO:



[vlastní]

Míra produkce oxidu uhelnatého CO roste se zatížením motoru. Při požadavku na vyšší výkon je směs obohacena a do motoru je přivedeno více paliva. Tím dojde k nedokonalému spalování v pracovním prostoru, vlivem nedostatku kyslíku pro celkové spálení celé dávky paliva a oxidace tak neproběhne úplně. Jak je vidět z grafu, nejvyšších emisí je tedy dosahováno při akceleraci a dálniční jízdě. Emise CO vznětového motoru jsou v porovnání se zážehovým motorem desetinné, jelikož motor pracuje pouze s chudou směsí. Vznětové motory pracují maximálně se směsí, která má součinitel přebytku vzduchu $\lambda=1,4$ označovaný jako hranice kouře. S vyšší mírou bohatosti směsi, tedy s nižším součinitelem přebytku vzduchu λ , začne míra produkce pevných částic neúměrně růst, což má velmi negativní vliv na životnost motorového oleje.

Tab 13 Souhrné emise CO a směrodatná odchylka měření:

CO		
Emise (g/1 km)		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.0324	0.1042	0.2004
Směrodatná odchylka		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.0184	0.0399	0.0079

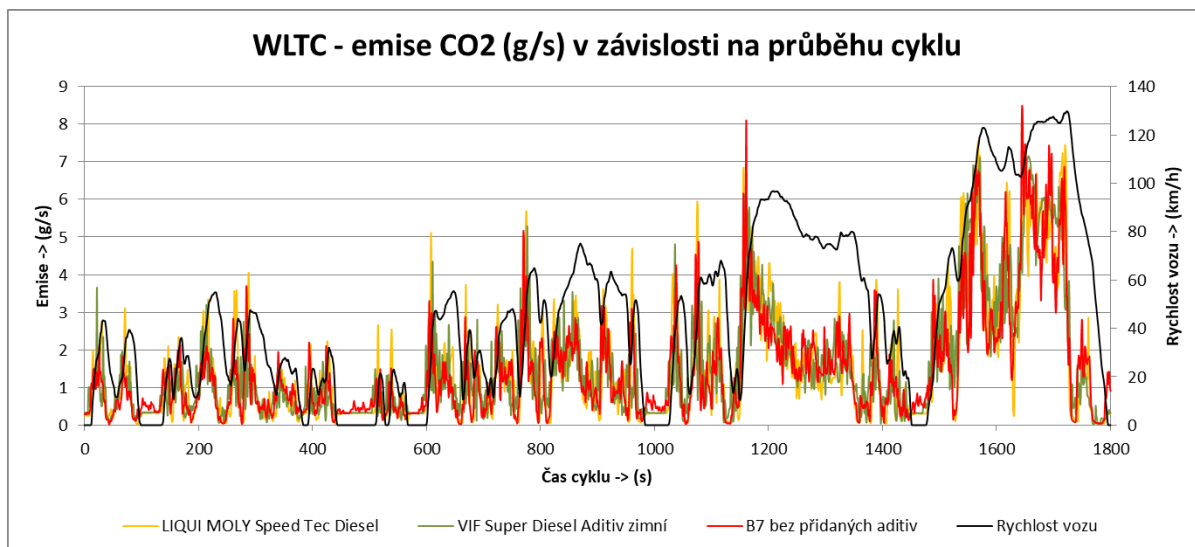
[vlastní]

Z grafu a tabulky je patrné, že aditivace má nepříznivý vliv na emise CO, tedy dokonalost hoření paliva. Nejlépe si proto vedla nafta Effecta Diesel od Benziny bez

přidaných aditiv, následovaná naftou s aditivací od VIF. Naopak nejhorších výsledků dosahovala nafta s aditivací od LIQUI MOLY. Z tabulky č. 13 je patrné, že směrodatná odchylka u paliva s aditivací od VIF dosahovala vysokých hodnot. Nelze proto jednoznačně tvrdit, že míra produkce emisí CO je 2x nižší než u LIQUI MOLY.

6.5.2 Produkce oxidu uhličitého CO₂

Graf 12: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi CO₂:



[vlastní]

Emise oxidu uhličitého CO₂ jsou naopak produktem dokonalého spalování, kdy oxidace uhlíku proběhne zcela. Z grafu opět vyplývá, že míra produkce těchto emisí je opět závislá na zatížení motoru, proto je nejvyšší při dálniční jízdě a akceleraci vozu.

Tab 14 Souhrnné emise CO₂ a směrodatná odchylka měření:

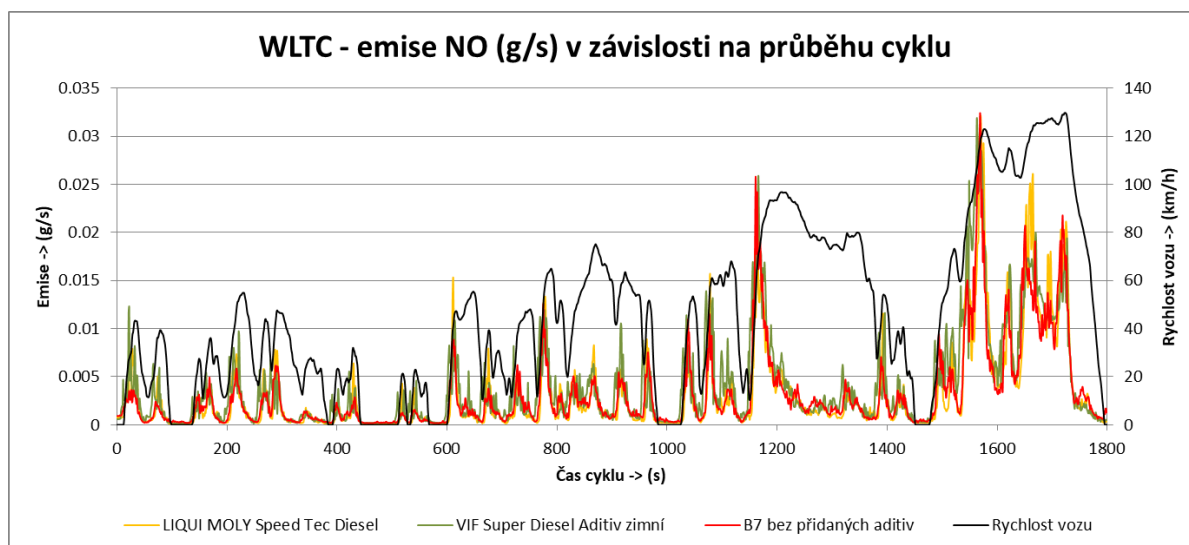
CO ₂		
Emise (g/1 km)		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
115.4457	118.8811	119.7801
Směrodatná odchylka		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
1.3796	1.6478	0.1402

[vlastní]

Z výsledků měření vyplývá, že aditivace má na produkci oxidu uhličitého CO₂ prakticky zanedbatelný vliv. Je však zajímavé, že míra produkce těchto emisí byla vyšší u dodatečně aditivovaných paliv. Jaké z aditiv má na produkci emisí vyšší vliv se říci nedá vzhledem k vyšší směrodatné odchylce u paliva s aditivací od VIF.

6.5.3 Produkce oxidů dusíku NO

Graf 13: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi NO:



[vlastní]

Oxidy dusíku vznikají při vysokých spalovacích teplotách, když je motor více zatížen. Jako v předchozích případech míra produkce těchto emisí byla nejvyšší při akceleraci a v dálničním cyklu. V emisích oxidů dusíku NO_x má obvykle nejvyšší zastoupení oxid dusnatý NO, který jsme měřili. Z grafu je patrné, že nejvyšší emise oxidu dusnatého produkoval motor s palivem upraveným aditivem LIQUI MOLY během dálničního cyklu, naopak v městských cyklech nejvyšší emise měl motor s palivem aditivovaným od VIF.

Tab 15 Souhrné emise NO a směrodatná odchylka měření:

NO		
Emise (g/1 km)		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.2517	0.3110	0.2470
Směrodatná odchylka		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.0221	0.0073	0.0322

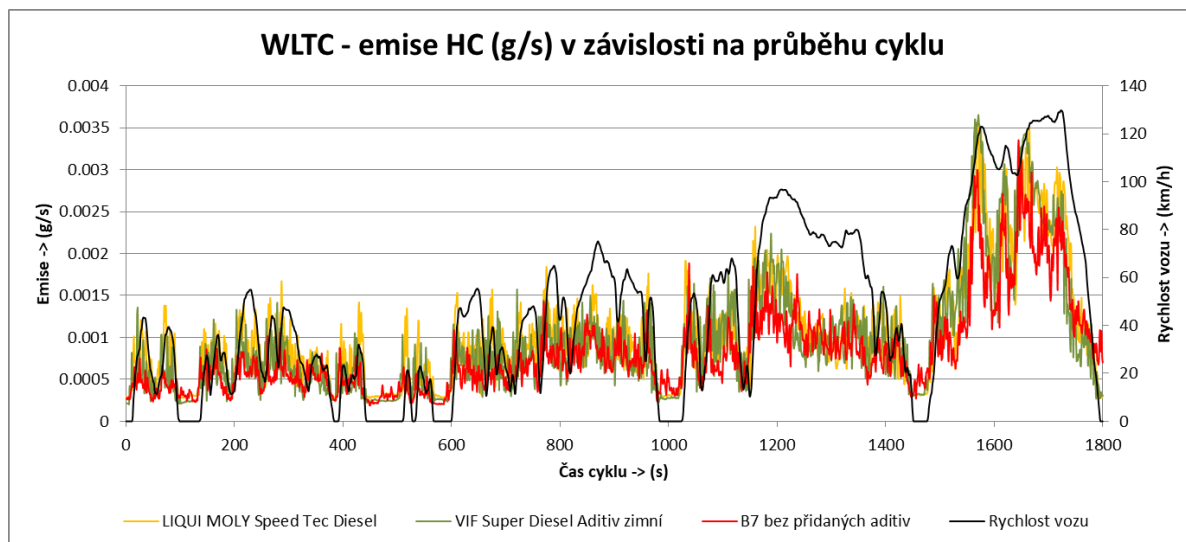
[vlastní]

Dle tabulky vyplývá, že vliv dodatečné aditivace je poměrně malý. Nejhůře si vedlo tentokrát palivo upravené pomocí aditiva od VIF. Je zde nejmenší směrodatná odchylka měření – u zbylých dvou je podstatně vyšší. Reálné hodnoty proto mohou ležet jinde a nemusí být natolik rozdílné. Je zajímavé, že emise NO u referenčního paliva byly podobné jako u nafty aditivované s LIQUI MOLY, jelikož emise CO jsme zde naměřili výrazně vyšší, předpokládali jsme, že spalovací teploty vlivem nedokonalého hoření budou výrazně nižší, což by se odrazilo na nižších emisích NO_x. To indikuje, že nedošlo k výraznému poklesu

teplot při spalování. Zvýšené emise CO byly patrně způsobeny nedokonalým hořením u stěn válce, kde spalovací teploty nedosahují dostatečně vysokých teplot, a oxidace proto neproběhne úplně. Palivo aditivované s LIQUI MOLY se sice dobře odpařovalo, ale špatně spalovalo.

6.5.4 Produkce nespálených uhlovodíků HC

Graf 14: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi HC:



[vlastní]

Emise HC nespálených uhlovodíků má mnoho forem. Může se objevovat ve formě částečně spáleného nebo nespáleného paliva. Emise HC rostou s vyšší bohatostí směsi, zatížením motoru. Proto jsou emise nespálených uhlovodíků zvýšené při akceleraci vozu a při dálniční jízdě.

Tab 16 Souhrné emise HC a směrodatná odchylka měření:

HC		
Emise (g/1 km)		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.0651	0.0750	0.0796
Směrodatná odchylka		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.0085	0.0199	0.0008

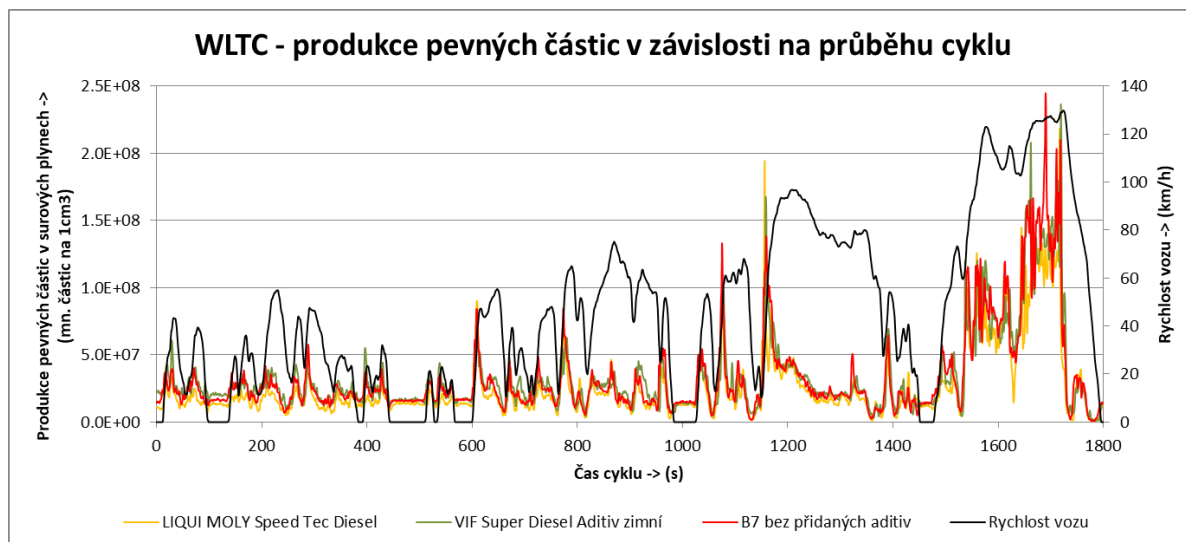
[vlastní]

Emise nespálených uhlovodíků nebyly výrazně zvýšeny aditivací. Vzhledem k předchozím výsledkům jsem zde očekával vyšší rozdíl. Emise oxidu uhelnatého CO jsme naměřili v případě aditivovaného paliva s LIQUI MOLY v porovnání s referenčním palivem poměrně vysoké, emise NO byly porovnatelné, což ukazuje na nízký nárůst spalovacích

teplot. Očekával jsem tedy, že zde bude velká míra nespáleného paliva odcházet výfukem ven.

6.5.5 Produkce pevných částic PM

Graf 15: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s produkcí pevných částic:



[vlastní]

Emise pevných částic vznikají, pokud ohoří pouze obal kapičky paliva a díky nedostatku vzduchu pro hoření jádro pak neprohoří. Na emise má vliv hustota nafty, čím je vyšší, tím je vyšší produkce částic, protože se palivo hůře rozprašuje a odpařuje. Vliv má také dávkování paliva – čím více paliva je dávkováno, tím jsou tyto emise vyšší. Emise jsou proto opět nejvyšší v dálničním cyklu a při akceleraci.

Tab 17 Souhrné emise pevných částic a směrodatná odchylka měření:

PARTICLES		
Emise (g/1 km)		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
2.60E+09	2.58E+09	2.03E+09
Směrodatná odchylka		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
2.97E+07	2.51E+08	3.89E+07

[vlastní]

U paliva aditivovaného pomocí aditiva VIF máme měření s vyšší směrodatnou odchylkou. Jelikož jsou emise pevných částic nejnižší u paliva upraveného pomocí aditiva LIQUI MOLY, usuzuji, že palivo téměř nehořelo. Potvrzují to i předchozí výsledky emisí CO, NO a HC. Emise CO poukázaly na výrazně zhoršené spalování paliva, emise NO naopak, že nedošlo k prudkému nárůstu spalovacích teplot, tedy palivo téměř nehořelo.

6.5.6 Porovnání spotřeba paliva

Tab 18 Porovnání spotřeby paliva:

Spotřeba paliva		
l/100km		
B7	B7 + VIF	LIQUI MOLY
4.35	4.43	4.48
Směrodatná odchylka		
B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
0.05	0.08	0.04

[46]

V tabulce je uvedena průměrná spotřeba během homologačních cyklů se směrodatnou odchylkou. Mírně vyšší spotřeba byla naměřena u dodatečně aditivovaných paliv v porovnání s referenčním palivem Effecta Diesel B7 skupiny D od Benziny.

Vzhledem k směrodatné odchylce měření lze tvrdit, že spotřeba paliva při použití obou aditiv byla srovnatelná.

Hodnoty emisí oxidu uhelnatého CO v případě paliva LIQUI MOLY nám prozrazovaly, že došlo k výraznému zhoršení procesu spalování tedy oxidace paliva. Emise oxidu dusnatého NO naznačovaly, že nedošlo k prudkému nárůstu teplot během spalování – palivo patrně dobře nehořelo, což potvrdili emise pevných částic PM. Emise nespálených uhlovodíků indikovaly, že nedošlo k výraznému zvýšení spotřeby paliva. Tento výsledek šlo předpokládat.

6.5.7 Vliv zkoušených aditiv na výkon a točivý moment

Tab 19 Porovnání výkonových parametrů:

	B7	B7 + VIF	B7 + LIQUI MOLY
Nejvyšší výkon	64 kW/3907 min ⁻¹	61 kW/3749 min ⁻¹	40 kW/2914 min ⁻¹
Nejvyšší točivý moment	168 Nm/2362 min ⁻¹	162 Nm/2315 min ⁻¹	154 Nm/2376 min ⁻¹

[46]

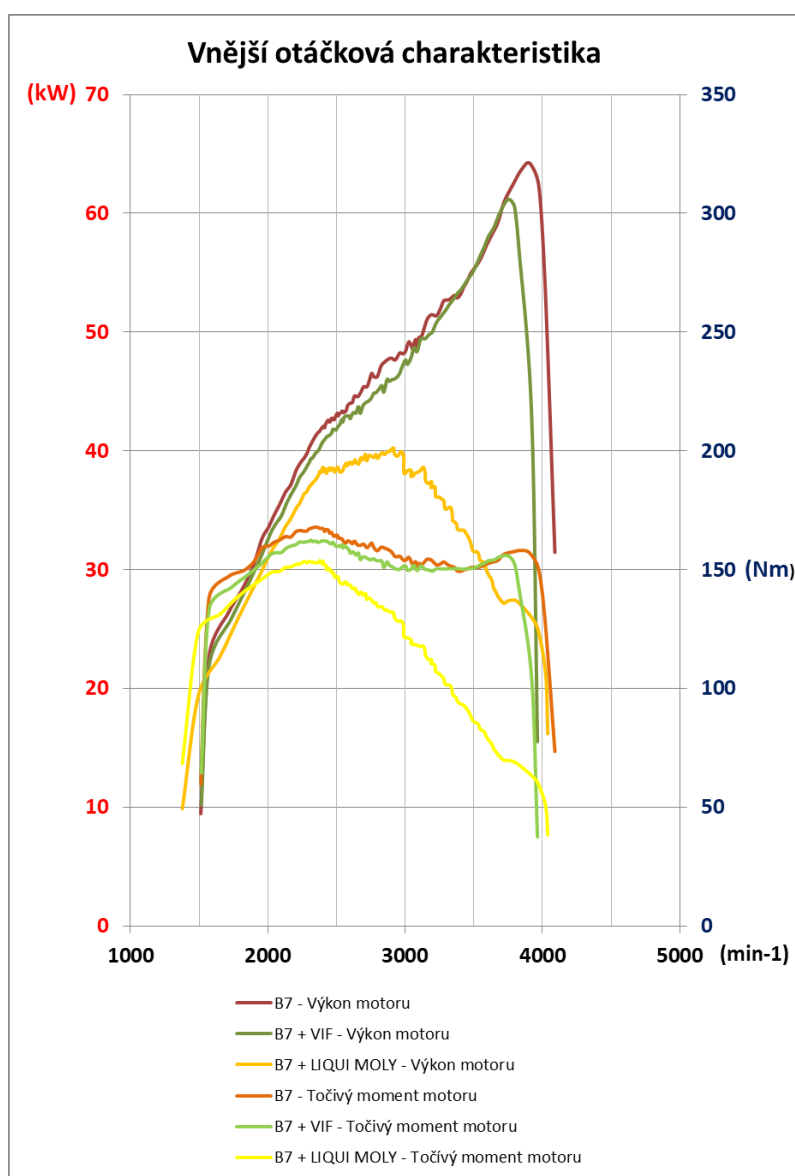
Nejlepších výkonových parametrů bylo dosaženo s námi neupravovaným palivem Effecta Diesel od Benziny.

U paliva, které jsme aditivovali pomocí přípravku VIF Super Diesel Aditiv zimní, jsme naměřili mírně zhoršené výkonové parametry motoru než při použití referenčního paliva. Výrobek sice sliboval navýšení cetanové čísla, klidnější chod motoru, ale palivo už aditivované před námi distributorem bylo. Přípravek má navíc spousty jiných funkcí. Jedná se spíše o čistící aditivum, které má navíc upravovat chladové parametry motorové nafty. Navýšení výkonu není jeho primární funkcí.

Co se týče zvyšovače výkonu LIQUI MOLY, který má zvyšovat zrychlení vozu, zde jsme naměřili neuvěřitelný propad výkonu a točivého momentu. Projevil se fakt o stejné spotřebě, ale výrazně zhoršeném spalování paliva. Když se podíváme do bezpečnostního listu, kde se nachází složení výrobku (přiloženo v příloze 4), zjistíme, že aditivum obsahuje čisticí složky. Úkolem aditiva patrně není okamžité zvýšení výkonu, ale vyčištění palivového systému a poté dosažení vyšších výkonů. Pokles okamžitého výkonu je však zajímavý. Příčinu proč k poklesu došlo, není bohužel možné zjistit a ani není předmětem této práce. Účinek aditiva tedy nemohu potvrdit ani vyvrátit.

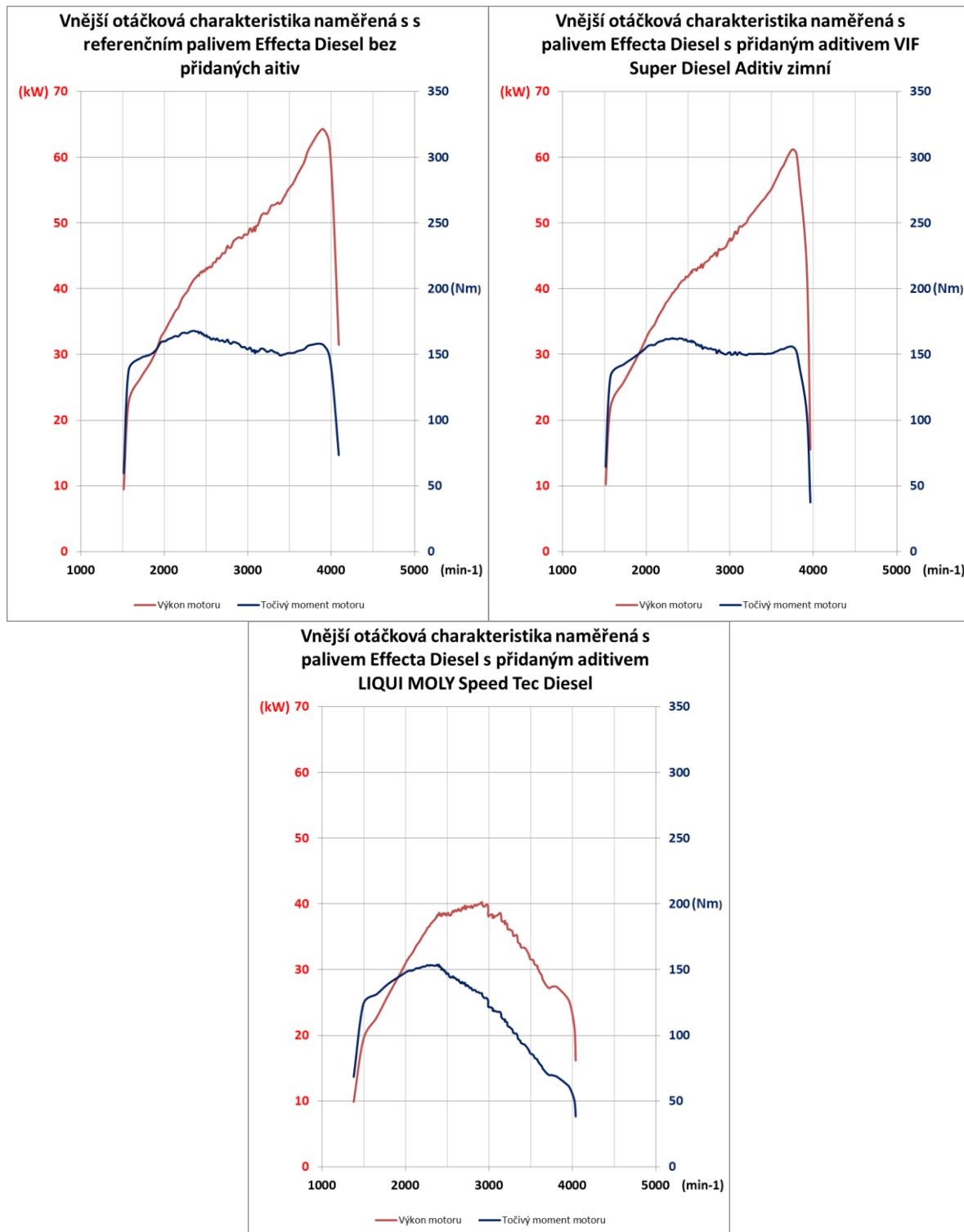
Účelem této práce bylo odpovědět na otázku, zdali aditivace na produkci emisí vznětového motoru může mít vliv. Odpovědí je ano, má vliv na emise a může mít i velký vliv na výkonové parametry motoru.

Graf 16: Vnější otáčková charakteristika:



[vlastní]

Graf 17: Vnější otáčkové charakteristiky:



[vlastní]

7 Závěr

Diplomová práce se věnuje tématu „Vliv aditiv v motorové naftě na produkci emisí vznětového motoru“. Cílem práce bylo posoudit, zdali aditivace na emise vznětového motoru má vůbec nějaký vliv.

Rešerše byla věnována problematice. Jsou zde popsány jednotlivé složky emisí, které vznikají při spalování motorové nafty vznětovým motorem, jejich vlastnosti a vliv na lidské zdraví. Byla popsána jednotlivá opatření, technická řešení a emisní systémy mající vliv na produkci emisí vznětového motoru, byla uvedena jednotlivá emisní nařízení směrnice, normy a nařízení, která nastavovala emisní limity. Část rešerše byla věnována rovněž motorové naftě. Pro pochopení, co se s palivem děje, jsem popsal jednotlivé fáze spalování vznětového motoru. Následující kapitoly byly věnovány důležitým parametrům motorové nafty mající vliv na emise vznětového motoru. Byly definovány požadavky na toto palivo dle nejnovější platné normy ČSN EN 590+A1. Dle této normy bylo uvedeno i rozdělení motorových naft dle jejich chladových parametrů. Konec rešerše je pak věnován aditivům.

V rámci diplomové práce bylo provedeno 9 homologačních emisních laboratorních testů WLTC vycházející z homologačního procesu WLTP, který je součástí nejnovější platné emisní normy Euro 6d. Každé 3 homologační cykly byly provedeny pro jedno palivo. Referenčním palivem byla motorová nafta pro mírné klima skupiny D od Benziny „Effecta Diesel“, která odpovídá normě ČSN EN 590+A1. Druhým palivem byla dodatečně aditivovaná referenční motorová nafta „Effecta Diesel“ čistícím přípravkem pro zimní období „VIF Super Diesel Aditiv zimní“. Třetím palivem pak byla „Effecta Diesel“ aditivovaná výkonnostním aditivem „LIQUI MOLY Speed Tec Diesel“ prodávající se u nás pod obchodním názvem „Přísada do nafty pro zlepšení zrychlení“. Na laboratorní váze byla umístěna externí nádrž. Váha zaznamenávala hmotnostní úbytek paliva. Díky zaznamenaným informacím o úbytku paliva v nádrži bylo poté možné dopočítat spotřebu paliva. Nad rámec zadání diplomové práce byly provedeny testy výkonu a točivého momentu s cílem posouzení vlivu aditivace na tyto parametry.

V praktické části diplomové práce byly popsány jednotlivé měřicí přístroje a zařízení, jejich funkce, princip a parametry. Byly rovněž uvedeny parametry testovaného vozidla. Nalezneme zde i postup při zpracování získaných dat.

Při použití multifunkčního čistícího přípravku od VIF pro zimní období, vyšší emise oxidu uhelnatého CO, oxidu dusnatého NO a nespálených uhlovodíků HC poukazovaly na zhoršení procesu spalování paliva a nárůst spalovacích teplot, což se odrazilo na spotřebě paliva. Na emise oxidu uhličitého CO₂ a produkci pevných částic PM mělo aditivum malý vliv. Co se týče výkonových parametrů, došlo k nepatrnému zhoršení parametrů. Primární funkcí výrobku jistě nebylo však zvyšování výkonových parametrů motoru.

Naopak přípravek na zlepšení zrychlení „LIQUI MOLY Speed Tec Diesel“ nám v testech zrychlení pouze zhoršil. Výrazně klesl výkon motoru o neuvěřitelných 14kW v porovnání při použití s referenčním palivem. Výkon ve středních otáčkách přestal růst do maxima a začal klesat. Složení výrobku naznačuje, že jsou zde zastoupeny čisticí složky. Cílem výrobku je tedy možná vyčištění palivové soustavy a poté následné, nikoliv okamžité navýšení výkonu. Proč k takovému poklesu výkonu došlo, jsme se nedozvěděli. Nemohl tak účinek výrobku být potvrzen, či vyvrácen. Nicméně cílem práce nebylo posuzování účinků aditiv, ale vyhodnocení, zdali mají vliv na emise. Přípravek měl vlivem velkého poklesu výkonu na emise skutečně vliv. Byl výrazně zhoršen proces spalování, což se projevilo na vysokém nárůstu emisí oxidu uhelnatého CO, patrně palivo velmi špatně hořelo u stěn válce, kde spalovací teploty nejsou tak vysoké. Jelikož palivo hořelo velmi špatně, nedošlo k prudkému nárůstu spalovacích teplot, což se projevilo na emisích oxidu dusnatého NO, které zůstaly v porovnání s emisemi při použití referenčního paliva podobné. Výrazně nezvýšené emise nespálených uhlovodíků HC a nižší emise pevných částic PM poukazovaly na mírný nárůst spotřeby, nikoliv výrazný – což se právě ve finále odrazilo na prudkém poklesu výkonu. Na emise CO₂ dodatečná aditivace opět neměla téměř žádný vliv.

Co se týče zjištěných informací, bylo zjištěno, že dodatečná aditivace paliva u zákazníka, má na výsledné emise vznětového motoru i výkonové parametry skutečně vliv.

8 Zdroje

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Spalovací motory: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3475-0.
- [2] MACEK, Jan. *Spalovací motory*. 2. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2012. ISBN 978-80-01-05015-6.
- [3] KOTEK, Martin. *Emise motorových vozidel*. Prezentace č. 3 předmětu Diagnostika motorových vozidel, kód předmětu: TET02E. Praha: ČZU, 2018.
- [4] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN isbn80-238-8756-4.
- [5] HROMÁDKO, Jan. *Ekologické aspekty provozu spalovacích motorů*. Prezentace č. 10 předmětu Diagnostika motorových vozidel, kód předmětu: TET01E. Praha: ČZU, 2015.
- [6] HIERETH, Hermann; PRENNINGER, Peter. *Charging the Internal Combustion Engine*. Wien : Springer-Verlag, 2007. 268 s.
- [7] KAMEŠ, Josef. *Spalovací motorová vozidla: část: Spalovací motory*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2002. ISBN isbn8021308958.
- [8] HOLLEROVÁ, Jitka. Prašnost na pracovišti [online]. 14.11.2007 [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/pracovni-prostredi/prasnost-na-pracovisti-1>
- [9] Diesel Particulate Matter: Diesel Exhaust Particle Size. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: https://www.dieselnet.com/tech/dpm_size.php
- [10] Health and Environmental Effects of Particulate Matter. EPA United States Environmental Protection Agency [online]. [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>
- [11] HOLOUBEK, Ivan. Chemie životního prostředí III: Další polutanty v atmosféře [online]. In: . Masarykova univerzita, Brno [cit. 2019-02-08]. Dostupné z: <http://www.recetox.muni.cz/res/file/prednasky/holoubek/chzp-iii/chzp-iii-atmosfera-08-dalsi-polutanty.pdf>
- [12] Performance Trends Inc: Intercooling. *Performancetrends.com*[online]. [cit. 2019-02-10]. Dostupné z: <http://performancetrends.com/Definitions/Intercooling.htm>
- [13] ČSN ISO 7708 (83 5004). *Kvalita ovzduší: Definice velikostních frakcí částic pro odběr vzorků k hodnocení zdravotních rizik*. Technická normalizační komise: TNK 117 Kvalita ovzduší: Hydroprojekt, 1988.

- [14] HEYWOOD, John B. *Internal combustion engine fundamentals*. New York: McGraw-Hill, c1988. ISBN 0-07-028637-x.
- [15] JÄÄSKELÄINEN, Hannu a Magdi K. KHAIR. Exhaust Gas Recirculation: EGR Systems & Components. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: https://www.dieselnets.com/tech/engine_egr_sys.php
- [16] A Closer Look: Diesel EGR Coolers. In: Youtube [online]. 16.02.2019 [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=0-5_g_dO2pM. Kanál uživatele Standard Brand.
- [17] Exhaust Gas Recirculation (EGR) Cooler Guide. *Exhaust Systems Guide* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <http://exhaustsystemsguide.com/egr-cooler/>
- [18] Filtry pevných částic (DPF/FAP). *Elit.cz*[online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.elit.cz/produkty/filtry-pevnych-castic-dpffap.html>
- [19] V hlavní roli: Filtr pevných částic - Část I. *Magazín GoCars.cz*[online]. 17.1.2012 [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: http://www.gocars.cz/magazin/v_hlavni_rol_i:_filtr_pevnych_castic_-_Cast_i
- [20] ADITIVA FILTRŮ PEVNÝCH ČÁSTIC. *DPFCAT systems* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.dpf-cat.cz/ADITIVA-DPF>
- [21] EOLYS. *Apm automotive* [online]. Bosal ČR, spol. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.apm.cz/wp-content/uploads/2016/06/Bosal-EOLYS.pdf>
- [22] Funkce DPF. *Cleantaxx* [online]. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: <https://www.dpf-ftg.cz/funkce-dpf>
- [23] MASOUDI, Mansour a Alexander G. SAPPOK. Sensors for Engine and Emission Control: Soot (PM) Sensors. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: https://www.dieselnets.com/tech/sensors_soot.php
- [24] SAPPOK, Alexander, Ryan MORROW, Victor W. WONG, Jon PAZAR, Isaac DOUSTAR a Ethan ZISHOLTZ. A Consortium to Optimize Lubricant and Diesel Engines for Robust Emission Aftertreatment Systems: Unraveling DPF Degradation using Chemical Tracers and Opportunities for Extending Filter Life. *ENERGY.GOV* [online]. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA: Sloan Automotive Laboratory [cit. 2019-02-15]. Dostupné z: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f8/deer10_sappok_0.pdf
- [25] Exhaust gas temperature sensor. *My-cardictionary.com* [online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: <https://www.my-cardictionary.com/exhaust-system/exhaust-gas-temperature-sensor.html>

- [26] CARSTENS, Stefan. Sensors for Engine and Emission Control: Exhaust Gas Temperature Sensors. *DieselNet.com*[online]. [cit. 2019-02-18]. Dostupné z: https://www.dieselnet.com/tech/sensors_temperature.php
- [27] KOTEK, Martin. *Senzory*. Prezentace č. 4 předmětu Diagnostika motorových vozidel, kód předmětu: TET02E. Praha: ČZU, 2018.
- [28] CARSTENS, Stefan a W. Addy MAJEWSKI. Sensors for Engine and Emission Control: NOx Sensors. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-02-20]. Dostupné z: https://www.dieselnet.com/tech/sensors_nox.php
- [29] MAJEWSKI, W. Addy. Diesel Catalysts: Diesel Oxidation Catalyst. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: https://www.dieselnet.com/tech/cat_doc.php
- [30] FERENC, Bohumil. *Spalovací motory: karburátory a vstřikování paliva*. Praha: Computer Press, 2004. Auto-moto-profi (Computer Press). ISBN 80-251-0207-6.
- [31] MAJEWSKI, W. Addy. Diesel Catalysts: NOx Adsorbers. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-02-28]. Dostupné z: https://dieselnet.com/tech/cat_nox-trap.php
- [32] PEREDA-AYO, Beñat a Juan R. GONZÁLEZ-VELASCO. NOx Storage and Reduction for Diesel Engine Exhaust Aftertreatment. *cdn.intechopen.com*[online]. INTECH: Creative Commons Attribution, 2013 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: http://cdn.intechopen.com/pdfs/44432/InTech-Nox_storage_and_reduction_for_diesel_engine_exhaust_aftertreatment.pdf
- [33] EURO EMISSIONS STANDARDS: Limits to improve air quality and health. *TheAA.com*[online]. 11 December 2017 [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <http://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>
- [34] EU: LIGHT-DUTY: EMISSIONS. *TransportPolicy.net* [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.transportpolicy.net/standard/eu-light-duty-emissions/>
- [35] EVROPSKÁ UNIE. *SMĚRNICE RADY 70/220/EHS*. In: . RADA EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ: Úřední věstník Evropské unie, 1970, 31970L0220. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:31970L0220&from=EN>
- [36] Emission Standards: EU: Cars and Light Trucks. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-03-01]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- [37] EVROPSKÁ UNIE. *NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 715/2007*. In: . EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE,; Úřední věstník Evropské unie, 2007. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007R0715&from=en>

- [38] KOTEK, Martin. *Emisní testy silničních motorových vozidel*. Prezentace č. 6 předmětu Diagnostika motorových vozidel, kód předmětu: TET02E. Praha: ČZU, 2018.
- [39] Emission Standards: Emission Standards. *DieselNet.com* [online]. [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php#stds>
- [40] HÖNIG, Vladimír. *Nafta*. Prezentace č. 3 předmětu Paliva a maziva, kód předmětu: ACT01E. Praha: ČZU, 2015.
- [41] ČSN EN 590+A1 (656506). *Motorová nafta - Motorové nafty - Technické požadavky a metody zkoušení*. Úřad pro technickou normalizaci: Česká Technická Norma, 2018.
- [42] JAN, Zdeněk a Bronislav ŽDÁNSKÝ. *Automobily 4 příslušenství*. 4. vyd. Brno: Avid spol s.r.o, 2005, 305 s. ISBN 80-903671-0-0
- [43] Aditivace motorové nafty. *Petroleum.cz*[online]. [cit. 2019-03-15]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/vyrobky/nafta-aditivace.aspx>
- [44] ENGINE EXHAUST PARTICLE SIZER™: SPECTROMETER MODEL 3090. *TSI.com* [online]. USA: TSI Incorporated, 2016, 2016 [cit. 2019-03-20]. Dostupné z:https://www.tsi.com/getmedia/a01ec52e-f39f-4312-8f9a-fded71631a69/3090_Engine_Exhaust_Particule_Sizer_A4_2980351_WEB?ext=.pdf
- [45] JINDRA, Petr. *Vliv biopaliv na emise spalovacích motorů - Teze disertační práce*. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016.
- [46] AJ Series: ViBRA AJ. *VibraCanada.com* [online]. [cit. 2019-03-26]. Dostupné z: <http://www.vibraCanada.com/products/precision/aj/index.html>
- [47] LIGTERINK, Norbert E., Pim VAN MENSCH a Rob F.A. CUELENAERE. *NEDC - WLTP comparative testing: TNO 2016 R11285* [online]. Netherlands: TNO, 2016, 2016 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&ved=2ahUKEwjJwNP6s7HhAhWFLVAKHSTBA_4Q5TV6BAGBEAg&url=https%3A%2F%2Fwww.rijksoverheid.nl%2Fbinaries%2Frijks-overheid%2Fdocumenten%2Frapporten%2F2017%2F05%2F09%2Ftno-report-nedc-wltp-comparative-testing%2Ftno-report-nedc-wltp-comparative-testing.pdf&psig=AOvVaw1sCnG8r7fjk0cEZR1KpNxA&ust=1554293978592868

9 Seznam obrázků, tabulek a grafů

9.1 Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Složení výfukových plynů spalovacího motoru.....</i>	<i>2</i>
<i>Obr. 2 Schopnost částice procházet organismem je dána její velikostí:</i>	<i>5</i>
<i>Obr. 3 Srovnání komůrkového motoru a motoru s přímým stříkem.....</i>	<i>7</i>
<i>Obr. 4 Schéma chladicího systému kapalinou chlazeného intercooleru</i>	<i>8</i>
<i>Obr. 5 Čep u čepové trysky svým tvarem může ovlivnit předvstřík</i>	<i>9</i>
<i>Obr. 6 Princip činnosti elektromagneticky ovládaného vstřikovače s otvorovou tryskou:</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 7 Schéma systému vnější recirkulace spalin</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 8 Příklad výfukového systému vznětového motoru:</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 9 Někdy DPF (FAP) filtr tvoří s oxidačním katalyzátorem jeden celek:.....</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 10 Několik stupňů regenerace:</i>	<i>18</i>
<i>Obr. 11 Schéma systému SCR:</i>	<i>20</i>
<i>Obr. 12 Vozidlo Škoda Roomster na válcové zkušebně:.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 13 Použitá aditiva::.....</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 14 Schéma stanoviště měření:</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 15 Analyzátor pevných částic EEPS – zjednodušené schéma.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 16 Analyzátor pevných částic EEPS</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 17 Notebook data z EEPS zaznamenával:.....</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 18 Ředící zařízení bylo dvoudílné: řídicí modul Testo MD19-3E:</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 19 Ředící zařízení bylo dvoudílné: vyhřívací člen TSI Rotating Disk Thermodiluter:</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 20 Ředící zařízení: TSI HEPA Capsule Filter #1602051 s průtokoměrem TSI 4100 Series .</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 21 Emisní analyzátor VMK:</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 22 Displej emisního analyzátoru VMK:.....</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 23 Diagnostická nástroj VAG-COM VCDS SVO 17.1.3:</i>	<i>44</i>
<i>Obr. 24 Zapojení vířivého dynamometru:</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 25 Monitor nám ukazoval požadovanou rychlost během cyklu WLTC:.....</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 26 Ovládání válcové zkušebny během testu výkonu:</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 27 Ventilátor FILCAR AL-1500/C zajišťoval chlazení:</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 28 Laboratorní váha Vibra AJ-6200CE společnosti NETTO Electronics s.r.o.:.....</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 29 Spojení nádržky s vozidlem:</i>	<i>49</i>

9.2 Seznam tabulek

<i>Tab 1 Rozdělení aditiv EOLYS:</i>	16
<i>Tab 2 Limity vztahující se ke zkoušce 1.typu:</i>	21
<i>Tab 3 Limity pro sériové vozy:</i>	22
<i>Tab 4 Stanovení k dle n:</i>	23
<i>Tab 5 Limitní hodnoty Euro norem pro osobní automobily :</i>	25
<i>Tab 6 Obecné požadavky na motorovou naftu dle normy ČSN EN 590+A1 (65 6506)</i>	29
<i>Tab 7 Rozdělení naft pro mírné klima dle normy ČSN EN 590+A1 (65 6506)</i>	30
<i>Tab 8 Rozdělení naft pro arktické klima dle normy ČSN EN 590+A1 (65 6506):</i>	31
<i>Tab 9 Parametry zkoušeného vozu 2006 Škoda Roomster 1.4 TDI 59 kW PD :.....</i>	36
<i>Tab 10 Technické parametry VMK:.....</i>	43
<i>Tab 11 Parametry válcové zkušebny :</i>	45
<i>Tab 12 Specifikace laboratorní váhy VIBRA AJ-6200CE :</i>	48
<i>Tab 13 Souhrné emise CO a směrodatná odchylka měření:.....</i>	54
<i>Tab 14 Souhrné emise CO2 a směrodatná odchylka měření:.....</i>	55
<i>Tab 15 Souhrné emise NO a směrodatná odchylka měření:</i>	56
<i>Tab 16 Souhrné emise HC a směrodatná odchylka měření:.....</i>	57
<i>Tab 17 Souhrné emise pevných částic a směrodatná odchylka měření:.....</i>	58
<i>Tab 18 Porovnání spotřeby paliva:</i>	59
<i>Tab 19 Porovnání výkonových parametrů:</i>	59

9.3 Seznam grafů

<i>Graf 1: Komůrkové motory mají nižší emise NOx:</i>	<i>7</i>
<i>Graf 2: Rozdělením dávky paliva snížíme emise NOx</i>	<i>8</i>
<i>Graf 2: Schéma množství recirkulovaných spalin</i>	<i>12</i>
<i>Graf 4: NTC a PTC termistory – odpor v závislosti na teplotě.....</i>	<i>14</i>
<i>Graf 5: Závislost λ na produkci emisí vznětového motoru</i>	<i>15</i>
<i>Graf 6: Homologační emisní test WLTC nahradil NEDC:</i>	<i>25</i>
<i>Graf 7: Destilační křivka motorové nafty:</i>	<i>28</i>
<i>Graf 8: Záznam z válcové zkušebny:</i>	<i>50</i>
<i>Graf 9: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s produkcí pevných částic:</i>	<i>51</i>
<i>Graf 10: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s procentním zastoupení CO₂:</i>	<i>52</i>
<i>Graf 11: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi CO:.....</i>	<i>54</i>
<i>Graf 12: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi CO₂:</i>	<i>55</i>
<i>Graf 13: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi NO:</i>	<i>56</i>
<i>Graf 14: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s emisemi HC:</i>	<i>57</i>
<i>Graf 15: Synchronizovaný časový průběh rychlosti s produkcí pevných částic:</i>	<i>58</i>
<i>Graf 16: Vnější otáčková charakteristika:</i>	<i>60</i>
<i>Graf 17: Vnější otáčkové charakteristiky:.....</i>	<i>61</i>

10 Seznam příloh

Příloha 1: Vlastnosti referenčního paliva pro zkoušky dle směrnice rady 70/220/EEC:

Vlastnosti referenčního paliva ⁽¹⁾ a metody jeho určení

	Mezní hodnoty a jednotky	Metoda
Oktanové číslo podle výzkumné metody	99 ± 1	ASTM ⁽²⁾ D 908- 67
Hustota při 15/4 °C	0,742 ± 0,007	ASTM D 1 298- 67
Tlak par podle Reida	0,6 ± 0,04 bar	ASTM D 323-58
	8,82 ± 0,59 psi	
Destilace		
Počáteční bod varu		
— bod 10 % objem.	50 ± 5 °C	ASTM D 86-67
— bod 50 % objem.	100 ± 10 °C	
— bod 90 % objem.	160 ± 10 °C	
Konečný bod varu	195 ± 10 °C	
— zbytek	max. 2 % obj.	
— ztráta	max. 1 % obj.	
Rozbor uhlovodíků:		ASTM D 1319-66 T
— olefiny	18 ± 4 % obj.	
— aromatické látky	35 ± 5 % obj.	
— nasycené látky	zůstatek	
Oxidační stabilita	min. 480 minut	ASTM D 525-55
(zbytek)	max. 4 mg/100 ml	ASTM D 381-64
Antioxidanty	min. 50 ppm	
Obsah síry	0,03 ± 0,015 % hmot.	ASTM D 1266-64
Obsah olova	0,57 ± 0,03 g/l	ASTM D 526-66
	2,587 ± 0,136 g/lG	
— druh čisticí látky („scavenger“)	automobilové palivo	
— organické olovnaté sloučeniny	neuvedeny	
Jiné aditivy	žádné	

⁽¹⁾ Při přípravě referenčního paliva se smí použít pouze běžných základních látek z evropských rafinerií, nepřipouštějí se nekonvenční frakce jako pyrolytický benzin, termicky krakované látky a motorový benzol.

⁽²⁾ Iniciály Americké společnosti pro zkoušení a materiály (American Society for Testing and Materials), 1916 Race St. Philadelphia, Pennsylvania 19103, U.S.A. Číslice za pomlčkou označují rok, v kterém byla norma přijata nebo revidována.

Jestliže byla některá z norem ASTM změněna, použijí se i nadále normy přijaté ve výše uvedených rocích, pokud nebude dohodnuto, že budou nahrazeny pozdějšími normami.

Příloha 2: Zkušební cyklus dle směrnice rady 70/220/EEC:

Zkušební cyklus na vozidlovém dynamometru

Číslo operace	Operace	Fáze	Zrychlování (m/s ²)	Rychlost (km/h)	Doba trvání		Kumulativní doba (s)	Zařazený rychlostní stupeň u ručně řazené převodovky
					Operace (s)	fáze (s)		
1	Volnoběh	1			11	11	11	6 s PM + 5 s K ₁ (°)
2	Zrychlování	2	1.04	0- 15	4	4	15	1
3	Ustálená rychlost	3		15	8	8	23	1
4	Zpomalování	4	-0.69	15-10	2	5	25	1
5	Zpomalování, spojka vypnuta		-0.92	10- 0	3		28	K ₁ (°)
6	Volnoběh	5			21	21	49	16 s PM + 5 s K ₁ (°)
7	Zrychlování	6	0.83	0-15	5	12	54	1
8	Změna rychlostního stupně				2		56	
9	Zrychlování	7	0.94	15-32	5	5	61	2
10	Ustálená rychlost	7		32	24	24	85	2
11	Zpomalování	8	-0.75	32-10	8	11	93	2
12	Zpomalování, spojka vypnuta		-0.92	10- 0	3		96	K ₂ (°)
13	Volnoběh	9			21	21	117	16 s PM + 5 s K ₁ (°)
14	Zrychlování	10	0.83	0-15	5	26	122	1
15	Změna rychlostního stupně				2		124	
16	Zrychlování	10	0.62	15-35	9	9	133	2
17	Změna rychlostního stupně	10			2	2	135	
18	Zrychlování	11	0.52	35-50	8	12	143	3
19	Ustálená rychlost				12		12	155
20	Zpomalování	12	-0.52	50-35	8	8	163	3
21	Ustálená rychlost	13		35	13	13	176	3
22	Změna rychlostního stupně	14	-0,86	32-10	2	12	178	
23	Zpomalování				7		185	2
24	Zpomalování, spojka vypnuta	14	-0.92	10- 0	3	3	188	K ₂ (°)
25	Volnoběh	15			7	7	195	7 s PM (°)

(°) PM = převodovka v neutrálu, spojka zapnuta.

K₁, K₂ = zařazen 1. nebo 2. Rychlostní stupeň, spojka vypnuta.

[35]

Příloha 3: Chemické složení a vlastnosti aditiva „VIF Super Diesel Aditiv zimní“

	BEZPEČNOSTNÍ LIST podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 (REACH) a nařízení Komise (EU) č. 453/2010		
	Super diesel aditiv zimní		
Datum vytvoření	11. září 2014	Číslo revize	
Datum revize		Číslo verze	1

ODDÍL 3: Složení/informace o složkách

3.2. Směsi

Chemická charakteristika

Směs níže uvedených látek a příměsí. Pokud nejsou uvedena registrační čísla u jednotlivých látek, tak jsou tyto látky vyráběny v množství nižším než jednu tunu a nebo v množství nižším než 100 tun a v tuto dobu nemusely být ještě registrovány.

Směs obsahuje tyto nebezpečné látky a látky se stanovenými nejvyššími přípustnými koncentracemi v pracovním ovzduší

Identifikační čísla	Název látky	Obsah v % hmotnosti směsi	Klasifikace 67/548/EHS	Klasifikace 1272/2008	Pozn.
CAS: 27247-96-7 ES: 248-363-6 Registrační číslo: 01-2119539586-27	2-ethylhexyl-nitrát	50-100	R 44, R 66 Xn; R 20/21/22 N; R 51/53	Acute Tox. 4, H302, H312, H332 Aquatic Chronic 2, H411	
ES: 919-284-0 Registrační číslo: 01-2119463588-24	aromatické uhlovodíky C 10	10-25	Xn; R 65 R 66, R 67 N; R 51/53	Asp. Tox. 1, H304 STOT SE 3, H336 Aquatic Chronic 2, H411	
Registrační číslo: 01-2119458869-15	uhlovodíky C11-C14	2,5-10	Xn; R 65 R 66	Asp. Tox. 1, H304	
Index: 601-052-00-2 CAS: 91-20-3 ES: 202-049-5	naftalen	<5	Xn; R 22 Karc. kat. 3; R 40 N; R 50/53	Acute Tox. 4, H302 Carc. 2, H351 Aquatic Acute 1, H400 Aquatic Chronic 1, H410	2
Index: 601-043-00-3 CAS: 95-63-6 ES: 202-436-9	1,2,4-trimethylbenzen	<5	R 10 Xn; R 20 Xi; R 36/37/38 N; R 51/53	Flam. Liq. 3, H226 Skin Irrit. 2, H315 Eye Irrit. 2, H319 Acute Tox. 4, H332 STOT SE 3, H335 Aquatic Chronic 2, H411	2
Index: 601-025-00-5 CAS: 108-67-8 ES: 203-604-4	1,3,5-trimethylbenzen	<5	R 10 Xi; R 37 N; R 51/53	Flam. Liq. 3, H226 STOT SE 3, H335 Aquatic Chronic 2, H411	2, 3
Index: 649-356-00-4 CAS: 64742-95-6 ES: 265-199-0	Solventní nafta (ropná), lehká aromatická	<5	R 10 Xi; R 37 Xn; R 65 R 66, R 67 N; R 51/53	Flam. Liq. 3, H226 Asp. Tox. 1, H304 STOT SE 3, H335, H336 Aquatic Chronic 2, H411	1, 2

Poznámky

- Poznámka P: Klasifikace látky jako karcinogenní nebo mutagenní není povinná, jestliže lze prokázat, že látka obsahuje méně než 0,1 % hmotnostních benzenu (číslo EINECS 200-753-7). Není-li látka klasifikována jako karcinogenní, použijí se alespoň pokyny pro bezpečné zacházení (P102-) P260-P262-P301 + P310-P331 (tabulka 3.1) nebo S-věty (2-)23-24-62 (tabulka 3.2). Tato poznámka se vztahuje pouze na některé složité látky uvedené v části 3, které vznikají při zpracování ropy.
- Látky, pro něž existují expoziční limity Společenství pro pracovní prostředí.
- Látka se specifickým koncentračním limitem

Plné znění všech standardních vět a pokynů je uvedeno v oddílu 16.

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1. Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech	
vzhled	
skupenství	kapalné při 20 °C
barva	zelená
zápach	charakteristický
prahová hodnota zápachu	údaj není k dispozici
pH	údaj není k dispozici
bod tání / bod tuhnutí	údaj není k dispozici
počáteční bod varu a rozmezí bodu varu	údaj není k dispozici
bod vzplanutí	>60 °C
rychlost odpařování	údaj není k dispozici
hořlavost (pevné látky, plyny)	údaj není k dispozici
horní/dolní mezní hodnoty hořlavosti nebo výbušnosti	
meze hořlavosti	údaj není k dispozici
meze výbušnosti	údaj není k dispozici
tlak páry	údaj není k dispozici
hustota páry	údaj není k dispozici
relativní hustota	údaj není k dispozici
rozpusťnost	
rozpusťnost ve vodě	nemisitelné
rozpusťnost v tucích	údaj není k dispozici
rozdělovací koeficient: n-oktanol/voda	údaj není k dispozici
teplota samovznícení	údaj není k dispozici
teplota rozkladu	údaj není k dispozici
viskozita	údaj není k dispozici
výbušné vlastnosti	údaj není k dispozici
oxidační vlastnosti	údaj není k dispozici
9.2. Další informace	
hustota	0,945 g/cm ³ při 15 °C
teplota vznícení	údaj není k dispozici

ODDÍL 10: Stálost a reaktivita

- | | |
|---|--|
| 10.1. Reaktivita | neuveďeno |
| 10.2. Chemická stabilita | Nestabilní při teplotách vyšších než 100 °C. |
| 10.3. Možnost nebezpečných reakcí | neuveďeno |
| 10.4. Podmínky, kterým je třeba zabránit | Vysoké teploty, jiskry a otevřený oheň. |
| 10.5. Neslučitelné materiály | Silná oxidační a redukční činidla. |
| 10.6. Nebezpečné produkty rozkladu | neuveďeno |

[bezpečnostní list produktu]

Příloha 4: Chemické složení a vlastnosti aditiva „LIQUI MOLY Speed Tec Diesel (Příspěvek do nafty pro zlepšení zrychlení)“

Bezpečnostní list podle nařízení (ES) č. 1907/2006, příloha II
 Revize / verze: 21.08.2015 / 0018
 Nahrazuje verzi z / verze: 22.04.2015 / 0017
 Platí od: 21.08.2015
 Datum tisku PDF: 24.08.2015
 Speed Tec Diesel 250 mL
 Art.: 3722



ODDÍL 3: Složení/informace o složkách

3.1 Látka

n.r.

3.2 Směs

Uhlovodíky, C10-C13, n-alkany, izoalkany, cykloalkany, aromáty (2-25%)	
Registrační číslo (REACH)	01-2119473977-17-XXXX
Index	---
EINECS, ELINCS, NLP	919-164-8 (REACH-IT List-No.)
CAS	---
Obsah v (%)	70-90
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Asp. Tox. 1, H304 Aquatic Chronic 3, H412 STOT RE 1, H372 (centrální nervový systém) (inhalaci)
Uhlovodíky, C10, aromáty, <1% naftalen	
Registrační číslo (REACH)	01-2119463583-34-XXXX
Index	---
EINECS, ELINCS, NLP	918-811-1 (REACH-IT List-No.)
CAS	(64742-94-5)
Obsah v (%)	2,5-<10
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Asp. Tox. 1, H304 STOT SE 3, H336 Aquatic Chronic 2, H411
Uhlovodíky, C11-C14, n-alkany, izoalkany, cykloalkany, aromáty (2-25%)	
Registrační číslo (REACH)	01-2119458869-15-XXXX
Index	---
EINECS, ELINCS, NLP	925-653-7 (REACH-IT List-No.)
CAS	(64742-81-0)
Obsah v (%)	2,5-<10
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Asp. Tox. 1, H304 Aquatic Chronic 3, H412
Uhlovodíky, C14-C18, n-alkany, izoalkany, cykloalkany, aromáty (2-30%)	
Registrační číslo (REACH)	---
Index	---
EINECS, ELINCS, NLP	920-360-0 (REACH-IT List-No.)
CAS	---
Obsah v (%)	1-5
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Asp. Tox. 1, H304
Uhlovodíky, C11-C14, n-alkany, izoalkany, cykloalkany, < 2% aromáty	
Registrační číslo (REACH)	01-2119456620-43-XXXX
Index	---
EINECS, ELINCS, NLP	926-141-6 (REACH-IT List-No.)
CAS	---
Obsah v (%)	1-5
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Asp. Tox. 1, H304
1,2,4-Trimethylbenzen	
Registrační číslo (REACH)	---
Index	601-043-00-3
EINECS, ELINCS, NLP	202-436-9
CAS	95-63-6
Obsah v (%)	0,1-<1
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Flam. Liq. 3, H226 Acute Tox. 4, H332 Eye Irrit. 2, H319 STOT SE 3, H335 Skin Irrit. 2, H315 Aquatic Chronic 2, H411

Kumen	Látka, pro kterou platí mezní hodnota expozice EU.
Registrační číslo (REACH)	--
Index	601-024-00-X
EINECS, ELINCS, NLP	202-704-5
CAS	98-82-8
Obsah v (%)	0,1-<1
Klasifikace podle nařízení (ES) č. 1272/2008 (CLP)	Flam. Liq. 3, H226 Asp. Tox. 1, H304 STOT SE 3, H335 Aquatic Chronic 2, H411

Text H-vět a zkratky klasifikace (GHS/CLP) viz oddíl 16.

Látky uvedené v této části jsou uvedeny se svou skutečnou, příslušnou klasifikací!

To znamená, že u látek, které jsou uvedeny v příloze VI tab. 3.1/3.2 nařízení (ES) č. 1272/2008 (nařízení CLP), byly zohledněny všechny poznámky pro zde deklarovanou klasifikaci, které jsou v těchto tabulkách uvedeny.

ODDÍL 9: Fyzikální a chemické vlastnosti

9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Skupenství:	Kapalný
Barva:	Čirý, Načervenalý
Zápach:	Charakteristický
Prahová hodnota z zápachu:	Není určeno
Hodnota pH:	n.r.
Bod tání / bod tuhnutí:	Není určeno
Počáteční bod varu a rozmezí bodu varu:	Není určeno
Bod vzplanutí:	63 °C
Rychlost odpařování:	Není určeno
Hořlavost (pevné látky, plyny):	Není určeno
Dolní mez výbušnosti:	0,7 Vol-% (Uhlovodíky, C10-C13, n-alkany, izoalkany, cykloalkany, <2% aromáty)
Horní mez výbušnosti:	6 Vol-% (Uhlovodíky, C10-C13, n-alkany, izoalkany, cykloalkany, <2% aromáty)
Tlak páry:	Není určeno
Hustota páry (vzduch = 1):	Není určeno
Hustota:	0,817 g/ml (15°C)
Sypná váha:	Není určeno
Rozpusťnost:	Není určeno
Rozpusťnost ve vodě:	Nerzpustný
Rozdělovací koeficient (n-oktanol / voda):	Není určeno
Teplota samovznícení:	Není určeno
Teplota rozkladu:	Není určeno
Viskozita:	<7 mm ² /s (40°C)
Výbušné vlastnosti:	Není určeno
Oxidační vlastnosti:	Ne

9.2 Další informace

Mísitelnost:	Není určeno
Rozpusťnost v tucích / rozpuštědla:	Není určeno
Vodivost:	Není určeno
Povrchové napětí:	Není určeno
Obsah rozpuštědla:	Není určeno

ODDÍL 10: Stálost a reaktivita

10.1 Reaktivita

Výrobek nebyl vyzkoušen.

10.2 Chemická stabilita

Při správném skladování a manipulaci stabilní.

10.3 Možnost nebezpečných reakcí

Nejsou známy nebezpečné reakce.

10.4 Podmínky, kterým je třeba zabránit

Viz také oddíl 7.

Zahřívání, otevřený plamen, zápalné zdroje

10.5 Neslučitelné materiály

Viz také oddíl 7.

Vyhýbat se kontaktu se silnými oxidačními činidly.

10.6 Nebezpečné produkty rozkladu

Viz také oddíl 5.2

Při použití v souladu s určeným účelem nedochází k rozkladu.

[bezpečnostní list produktu]