

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Analýza možných závad systému SCR na vozidlech MAN a jejich diagnostika

Bc. Lukáš Bína

Diplomová práce
2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš BÍNA**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**
Název tématu: **Analýza možných závad systému SCR na vozidlech MAN a jejich diagnostika**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracovat přehled vývoje emisních limitů a platné legislativy v oblasti vznětových motorů silničních vozidel.
2. Seznámit se s principem selektivní katalytické redukce a charakterizovat redukční prostředek AdBlue.
3. Popsat konstrukci systému MAN AdBlue?.
4. Provést analýzu závad, které mohou vzniknout na systému SCR, stanovit možnosti jejich diagnostiky a aplikovat je na konkrétním vozidle.
5. Získané poznatky vyhodnotit a zpracovat formou doporučení pro uživatele v dílenské praxi.
6. Posoudit možnosti dalšího vývoje technických prostředků vznětových motorů vedoucích ke snížení množství emisí ve výfukových plynech.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

- [1] **PFRIEMER GmbH. Manwis [počítačový program, DVD]. Ver. 1.2.2.18. München, 2006. Počítačový program pro servisní partnery MAN, 1,74 GB. Vyžaduje WINDOWS XP a vyšší. [2] RITT, Harald - WURST, Ludwig. EDC7 Common Rail: diagnostika. AE-04a. München: VASA, 2007, 80 str.**

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Milan Graja, CSc.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání diplomové práce: **26. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2010**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 14. 05. 2010

Bc. Lukáš Bína

SOUHRN

Práce se zabývá problematikou emisního chování vznětových motorů. V úvodu je zmapován vývoj emisních limitů a platné legislativy. V teoretické části je charakterizován princip systému selektivní katalytické redukce spolu s redukčním prostředkem AdBlue® a popsáno konstrukční provedení tohoto systému na vozidle. Navazující praktická část práce se zabývá analýzou závad tohoto systému a jejich diagnostikou.

KLÍČOVÁ SLOVA

Emise, oxidy dusíku, selektivní katalytická redukce, AdBlue®, diagnostika

TITLE

Analysis of possible defects SCR system on vehicles MAN and their diagnostics

ABSTRACT

This thesis is specialized about emissions of diesel motors. The introduction describes development of emission limits with current legislation. The main theme of the theoretical part is characteristic of the subsequent treatment of exhaust gases using the selective catalytic reduction (SCR). In the following part describes design solution of the SCR system in the MAN heavy-duty vehicles. The last part of this thesis is focused on analysis of defects, which may happen in this system and then solves the possibility of diagnosing these faults.

KEYWORDS

Emissions, nitrogen oxides, selective catalytic reduction, AdBlue®, diagnostics

OBSAH

Úvod	7
Hlavní škodliviny obsažené ve výfukových plynech	9
1. Vývoj emisních limitů vznětových motorů	10
1.1. Emisní předpisy EHK	10
1.2. Směrnice Evropské unie	11
1.3. Trend vývoje emisních limitů vznětových motorů	13
2. Snižování NO _x metodou selektivní katalytické redukce	16
2.1. Charakteristika oxidů dusíku	16
2.2. Metoda selektivní katalytické redukce	17
2.3. Redukční prostředek AdBlue®	19
2.3.1. Základní charakteristika AdBlue®	19
2.3.2. Zásady manipulace s AdBlue®	20
2.3.3. Distribuce AdBlue®	21
3. Konstrukce systému SCR na vozidlech MAN	23
3.1. Přídavná nádrž AdBlue®	24
3.2. Čerpací modul	26
3.3. Dávkovací modul	28
3.4. Směšovač AdBlue® a SCR katalyzátor	29
4. Analýza možných závad systému SCR na vozidlech MAN	30
4.1. Závady způsobené nekvalitním prostředkem AdBlue®	30
4.1.1. Nesprávná koncentrace prostředku AdBlue®	30
4.1.2. Kontaminace prostředku AdBlue® uhlovodíky	32
4.1.3. Vlastní rozbor vzorku AdBlue®	33
4.1.4. Doporučený postup opravy v případě znečištění systému ropnými produkty ...	36
4.2. Závady na elektrických prvcích systému SCR	37
4.2.1. Závady čerpacího modulu	39
4.2.1.1. Napájecí napětí čerpacího modulu příliš nízké nebo vysoké	39
4.2.1.2. Žádný nebo nízký tlak AdBlue® v čerpacím modulu	41
4.2.1.3. Nefunkční eliminace tlaku AdBlue®	42
4.2.1.4. Závady vnitřního vyhřívání čerpacího modulu	43
4.2.1.5. Trvale zablokované zaškrcení vzduchu	44

4.2.2.	Závady dávkovacího modulu	45
4.2.3.	Závady ventilu vyhřívání nádrže	46
4.2.4.	Závady senzorů teploty výfukových plynů	46
4.2.5.	Závada kombinovaného senzoru AdBlue® v nádrži.....	48
4.2.6.	Závady elektroinstalace	48
4.3.	Ostatní mechanické závady	49
5.	Zhodnocení výsledků analýzy závad na systému SCR	51
6.	Závěr a posouzení dalších řešení v oblasti snižování emisí vznětových motorů	54
	Seznam použité literatury	55
	Seznam obrázků.....	56
	Seznam příloh	56

ÚVOD

Technický rozvoj sebou přinesl negativní daň v podobě zhoršujícího se životního prostředí, a to na všechny občany bez rozdílu. Je nesporné, že ochrana životního prostředí a s tím související ochrana lidského zdraví, je prioritou číslo jedna. Proto jsou principy ochrany životního prostředí jedním ze základních pilířů politiky každé vyspělé společnosti.

Existuje mnoho zdrojů atmosférického znečištění a jedním z nejvýznamnějších jsou právě emise produkované dopravními prostředky. Tento fakt má přímou souvislost s prudkým růstem intenzity provozu na pozemních komunikacích, neboť závislost naší společnosti na dopravě se neustále zvyšuje. Automobilová doprava je v dnešní době zásadní jak pro přepravu osob, tak pro zásobování. Podíl vozidel se vznětovými motory zaujímá na automobilovém trhu významné místo. Využití vznětových motorů v segmentu nákladních vozidel je samozřejmostí a je to dáno především vlastnostmi, které vycházejí z koncepce tohoto motoru. Jde především o vyšší termodynamickou účinnost. Za posledních 10 let však významně stoupá i zastavba těchto motorů do vozidel osobních. Prodejní statistiky se, od roku 1997 do roku 2007, zvýšily v oblasti zastoupení naftových motorů v osobních vozech z pouhých 22,3% na 53,3%. Velkou měrou k tomu přispěla optimalizace řešení spalovacího motoru spočívající v přistoupení výrobců automobilů na systém přímého vstřikování common-rail. Tímto se vznětové motory staly velice žádané, neboť sebou přinesly efektivnější provoz automobilu a to především dostatečně vysokým točivým momentem již v nízkých otáčkách, při dosažení nízké spotřeby paliva. Na druhou stranu považuji za nutné zmínit skutečnost, že podle statistik zpracovaných Sdružením automobilového průmyslu se poptávka po osobních vozidlech se vznětovými motory v roce 2009 snížila. Jedním z důvodů a dle mého názoru stěžejním, bylo zavedení jistých opatření v některých zemích Evropy. Tato opatření měla za úkol směřovat k obnově vozového parku v důsledku ekonomické krize, což se odrazilo v prodejnosti vozů nižší třídy se zážehovými motory, které mají příznivou produkci CO₂. [8]

Nicméně velké nasazení vozidel s naftovými motory představuje pro ovzduší značnou zátěž, která má jistá specifika. Škodliviny obsažené ve výfukových plynech vznětových motorů se do jisté míry odlišují od emisí zážehových motorů. Pro tyto motory je typická poměrně velká produkce pevných látek a oxidů dusíku. Obecně lze říci, že emisní chování motoru jde v zásadě ovlivnit na třech základních místech. První možnost spočívá v úpravě vytváření směsi v sacím potrubí motoru. Druhá opatření se týkají úpravy samotného spalování v motoru a třetí možností je úprava výfukových plynů na výstupní straně motoru.

Tato práce se zabývá právě zmíněnou třetí možností a konkrétně úpravou spočívající ve vstřikování zředěného roztoku močoviny do výfukového potrubí. I přes skutečnost, že se tato technologie na těžkých užitkových vozidlech používá již několik málo let, stále není v servisní praxi příliš velké podvědomí o všech úskalích a specifikách skýtající v sobě tento systém. Z toho důvodu, bych rád podrobněji představil tento systém na vozidlech MAN.

HLAVNÍ ŠKODLIVINY OBSAŽENÉ VE VÝFUKOVÝCH PLYNECH

OXID UHELNATÝ (CO)

- vzniká spalováním uhlovodíkových paliv za nedostatečného přístupu vzduchu nebo za vysokých teplot. Ve vzduchu dochází k jeho oxidaci na CO₂. Způsobuje blokování okysličení krve v plicích, poruchy srdce, mozku, zrakové a sluchové potíže, žaludeční potíže a bolesti břicha. Smrt udušením způsobuje v koncentracích nad 750 mg/m³.

OXID UHLIČITÝ (CO₂)

- vzniká taktéž spalováním uhlovodíkových paliv. Bezbarvý plyn, slabě kyselého zápachu a je těžší než vzduch. Podílí se největší měrou na existenci skleníkového efektu na Zemi. Je nedýchatelný a nebezpečné koncentrace jsou od 3%.

OXIDY DUSÍKU (NO_x)

- vzniká při spalování směsi paliva a vzduchu oxidací vzdušného dusíku kyslíkem za vysokých teplot. Tyto směsi se aktivně podílejí na vzniku fotochemického smogu. Reakcí s vodou mohou tvořit kyselinu dusičnou. Mají dráždivé účinky a mohou vést až k těžkým zánětům průdušek nebo plic.

NESPÁLENÉ UHLOVODÍKY (HC)

- vznikají během nedokonalého spalování uhlovodíkových paliv. Jde o směs organických látek, jejichž molekuly jsou tvořeny dvěma nebo více kondenzovanými benzenovými jádry. Tyto sloučeniny mají prokazatelné mutagenní a karcinogenní účinky.

PEVNÉ ČÁSTICE (PM)

- tyto částice vznikají z uhlovodíků při nedokonalém spalování – u vznětových motorů je to především důsledek tvorby nehomogenní směsi při vstřikování paliva do spalovacího prostoru. Jsou to mikročástice o velikosti od několika nanometrů až po 0,5 mm, které setrvávají po určitou dobu v ovzduší. Jde o heterogenní směsi s pestrou škálou chemického složení. Nebezpečí závisí na tom, jaká látka je na ně vázána.



Obrázek 1: Vyobrazení molekul (CO, CO₂, NO, NO₂)

1. VÝVOJ EMISNÍCH LIMITŮ VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

V souvislosti s ochranou životního prostředí je velice důležité systematicky zavádět taková opatření, která povedou ke snížení emisí vypouštěných do okolní atmosféry. Tento trend odstartoval v USA v roce 1968 ve státě Kalifornie. Spolu s USA pocházejí nej přísnější předpisy také z Japonska a z Evropy. Tyto předpisy pak stanovují nejvyšší přípustné množství škodlivin ve výfukových plynech, které emitují automobilové motory. Ačkoli výfukové plyny představují směsi skládající se z více jak 100 látek, předpisy limitují pro výfukové emise pouze oxid uhelnatý, oxidy dusíku, sumu uhlovodíků a pevné částice. Ve srovnání se zážehovým motorem, má motor vznětový mírnější limity škodlivin. Pouze u množství oxidu uhelnatého je tomu naopak. Zásadním problémem vznětových motorů je produkce velkého množství pevných částic a také oxidů dusíku. O tom svědčí i fakt, že pevné částice nejsou u zážehových motorů limitovány.

Sestavování předpisů není v rukou samotných politiků, ale podílejí se na nich odborníci vybraní z oblasti automobilové dopravy. Jde o dlouhodobý proces, kde musí být brány v potaz technické možnosti automobilek, váha nebezpečnosti jednotlivých složek a v neposlední řadě i politické tlaky. Příliš rychlý pokles emisních hodnot by se stal neřešitelným problémem pro automobilky, které by byly nuceny neúměrně zvednout cenu svých vozů v závislosti na použitých technologiích. Proto je nová směrnice avizována vždy 3 roky dopředu a vztahuje se pouze na nově vyrobená vozidla. Automobilky se tak na tyto kroky mohou začít včas připravovat.

Samotné předpisy pak rozlišují, pro jakou kategorii vozidla jsou určeny a podle toho, jaké palivo spalují. Dělení vozidel do jednotlivých kategorií upravuje vyhláška č. 341/2002 Sb. Po vzniku Evropského společenství existují v Evropě dva paralelní legislativní systémy. Jsou to předpisy EHK a směrnice Evropské unie známé pod označením EURO.

1.1. EMISNÍ PŘEDPISY EHK

Předpisy Evropské hospodářské komory vznikají v rámci jednotlivých komisí složených ze zástupců jednotlivých zemí. Konečné schválení a vydání pak zastřešuje organizace OSN. Jednotlivé země se sami rozhodnou, zda na tyto předpisy přistoupí. Znamená to tedy, že nejsou automaticky povinné pro všechny státy, které přistoupily na EHK.

Mezi emisní směrnice vztahující se k vznětovým motorům patří:

- **EHK 15** – první směrnice týkající se emisní legislativy v ČR. Vstoupila v platnost v roce 1971 a stanovuje limity emisí pro osobní automobily. Neuvažuje emise pevných částic.
- **EHK 24** – předpis limitující emise viditelných škodlivin, tj. kouřivost. Určena pro vozidla kategorií M1 až N3 poháněná vznětovým motorem.
- **EHK 49** – stanovuje limity emisí vznětových motorů. Platí pro nákladní automobily a autobusy s hmotností převyšující hmotnost 3,5 tuny. Tento předpis vstoupil v platnost v roce 1983. Měření emisních vlastností se provádí na samostatném motoru.
- **EHK 83** – platí pro osobní a lehké nákladní vozidla s hmotností do 3,5 tuny. Vstoupila v platnost v roce 1989. Stanovuje limity emisí z motorů podle požadavku na palivo a tvoří základ pro dnes platné předpisy.
- **EHK 96** – stanovuje limity emisí vznětových motorů u traktorů.
- **EHK 101** – stanovuje limity emisí CO₂ a spotřebu paliv u vozidel M1 a N1. [7]

1.2. SMĚRNICE EVROPSKÉ UNIE

Tyto směrnice vydává Evropská unie jako ekvivalent k předpisům EHK 49 a 83. Jsou známé pod názvem EURO s příslušným označením pořadí, podle toho, jak vstupovaly v platnost. Tyto normy jsou vždy označovány římskými číslicemi. Na rozdíl od směrnic EHK jsou tyto normy pro všechny členské státy závazné.

První předpis **EURO I** (směrnice 91/441/ES a 91/542/ES) vstoupil v platnost v roce 1992 a od roku 1995 platil v ostatních státech jako druhá revize EHK 83. Tato norma byla značně benevolentní a stanovovala u osobních vozidel stejné limitní hodnoty pro vznětové i zážehové motory. Emise uhlovodíků a oxidů dusíku jsou zde vyjádřeny jako součet.

Následoval předpis **EURO II** (směrnice 94/12/ES a 91/542/ES), který vstoupil v platnost v roce 1996. Tento předpis již odděluje limity pro vznětové motory a do jisté míry je zvýhodňuje nad motory zážehovými. Limitní hodnoty pro oxidy dusíku a sumu uhlovodíků stále stanovuje jako součet. Odpovídá předpisu EHK 83 třetí a čtvrté revize.

V roce 2000 začíná platit norma **EURO III** (směrnice 98/69/ES a 99/96/ES). Příchod této normy opět přinesl přísnější limity, a to zejména u koncentrací pevných částic a oxidů dusíku. Odpovídá páté revizi předpisu EHK 83.

Norma **EURO IV** (směrnice 98/69/ES a 99/96/ES) vstoupila v platnost v roce 2005. Opět razantně snížila jednotlivé emisní limity.

V současnosti platná norma **EURO V** (směrnice 2007/715/EC) byla zavedena 1. 9. 2009. Původně měla vejít v platnost již v roce 2008, ale na nátlak výrobců automobilů bylo její zavedení o rok posunuto. Tato emisní norma významným způsobem postihuje vznětové motory a snaží se je srovnat, co do obsahu zplodin, s motory benzínovými.

Tabulka 1: Limity měrných emisí vznětových motorů osobních vozidel (M1) [10]

PŘEDPIS	DATUM	LIMITNÍ OBSAH ŠKODLIVIN [g/km]				
		CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM
Euro I	1.7.1992	2,72	--	--	0,97 (1,36*)	0,14 (0,20*)
Euro II	1.1.1996	1,00	--	--	0,70 (0,90*)	0,08 (0,10*)
Euro III	1.1.2000	0,64	--	0,50	0,56	0,05
Euro IV	1.1.2005	0,50	--	0,25	0,30	0,025
Euro V	1.9.2009	0,50	--	0,18	0,23	0,005
Euro VI	1.9.2014**	0,50		0,08	0,17	0,005

* hodnoty v závorkách platí pro vznětové motory s přímým vstřikováním
 ** předpokládaný datum zavedení

U osobních a lehkých užitkových automobilů jsou hodnoty měrných emisí udávány v gramech na kilometr. U těžkých užitkových vozidel označovaných jako „heavy-duty“ se hodnoty uvádějí v gramech na kilowatthodinu. Tudíž obě hodnoty nejsou porovnatelné.

Tabulka 2: Limity měrných emisí vznětových motorů těžkých nákladních vozidel [10]

PŘEDPIS	DATUM	LIMITNÍ OBSAH ŠKODLIVIN [g/kWh]			
		CO	HC	NO _x	PM
Euro I	1.10.1992	4,5	1,1	8	0,612 (0,36) ^a
Euro II	1.10.1996	4	1,1	7	0,25 (0,15) ^b
Euro III	1.10.1999 ^c	1,5	0,25	2	0,02
	1.10.2000	2,1	0,66	5	0,10
Euro IV	1.10.2005	1,5	0,46	3,5	0,02
Euro V	1.9.2009	1,5	0,46	2	0,02
Euro VI	1.1.2013 ^d	1,5	0,13	0,5	0,02

a – hodnota platná pro vozidla s výkonem vyšším než 85 kW
 b – hodnota platná pro EURO III od 1. 10. 1998
 c – hodnota platná pro vozidla splňující EEV
 d – předpokládaný datum zavedení

Vždy od začátku platnosti nového předpisu musí skončit výroba nebo dovoz vozidel nesplňujících jeho zprísněné požadavky. U nových vozů obvykle platí, že jejich prodej musí být ukončen do jednoho roku od data začátku platnosti předpisu.

Lze se setkat ještě s tzv. emisní normou EEV, která je označována jako: „zvláště šetřící životní prostředí“. Tento předpis toleruje jen velmi malé emise pevných částic a plynů, zejména v přechodových fázích motoru, tj. při akceleraci a deceleraci. Je jen na výrobci, zda bude produkovat vozidla splňující podmínky této normy. To znamená, že není povinná, avšak mohou ji vyžadovat v některých městech pro vjezd do zón s omezeným přístupem, které jsou vyhrazeny pro tato ekologicky šetrná vozidla. Tyto zóny se v současné době nacházejí především v Německu, Nizozemsku, Itálii a Velké Británii. Dá se však počítat s tím, že se jejich výskyt v dalších letech ještě více rozšíří. V některých zemích mohou také vozidla splňující normu EEV přinést svým uživatelům daňové úlevy.

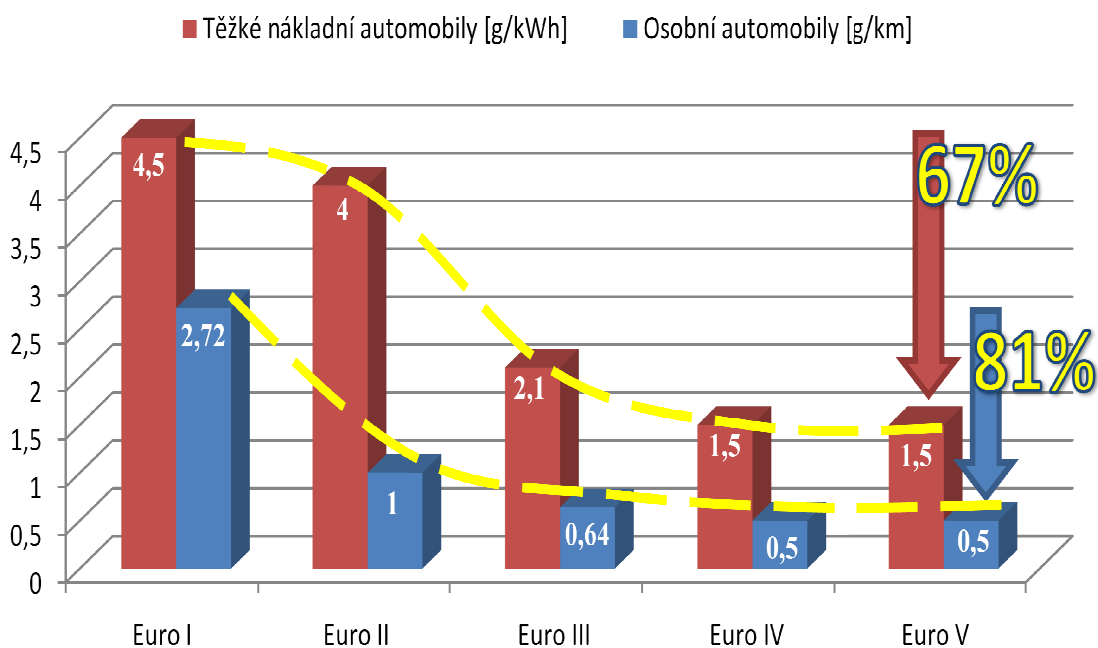


Obrázek 2: Logo EEV

1.3. TREND VÝVOJE EMISNÍCH LIMITŮ VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

Za posledních 18 let, co vstoupila v platnost první euro norma, lze konstatovat, že si Evropská unie při zavádění nových předpisů počínala poměrně nekompromisně. U všech sledovaných škodlivin obsažených ve výfukových plynech je patrný prudký pokles, což se nepochybně odrazilo ve zlepšení kvality ovzduší. Pro ilustraci uvedu příklad osobního automobilu se vznětovým motorem. Ten při ujetí vzdálenosti jednoho kilometru vyprodukuje na počátku 80. let více jak 18 g oxidu uhelnatého. Současný automobil splňující normu EURO V vyprodukuje při ujetí stejné vzdálenosti pouze 0,5 g CO. Tudíž je zřejmé, že jeden zastaralý automobil vyprodukuje stejné množství CO jako 36 moderních automobilů.

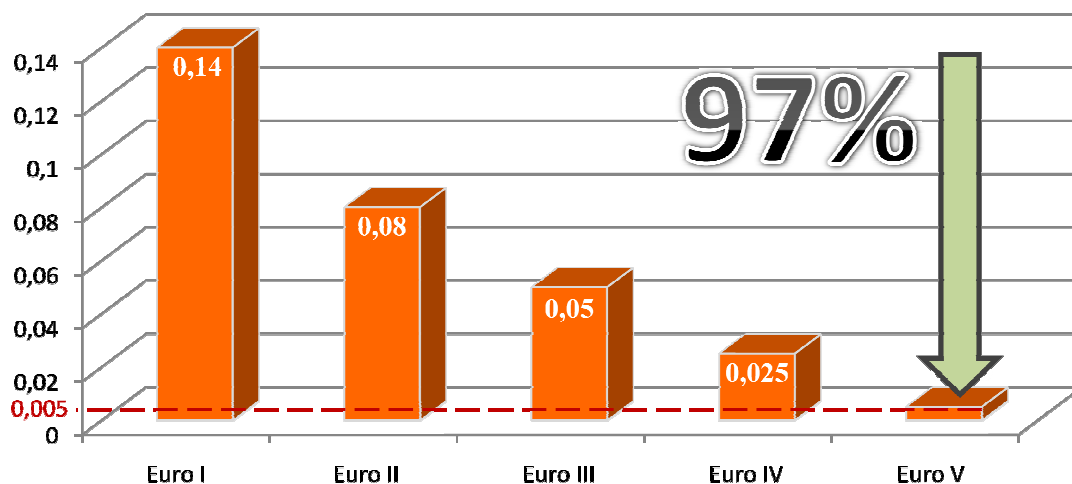
Z grafu č. 1 je patrný významný pokles oxidu uhelnatého. Ten se podařilo snížit u osobních vozidel z hodnoty 2,72 g/km až na hodnotu 0,5 g/km. To představuje přibližně 80% pokles této škodliviny. U těžkých nákladních vozidel z hodnoty 4,5 g/kWh na 1,5 g/kWh, to odpovídá poklesu přibližně 67%. Množství oxidu uhelnatého se v současnosti dostalo na svou hranici a v další dekádě není příliš pravděpodobné, že by se limit CO dále rapidně snižoval. Nasvědčuje tomu i fakt, že koncentrace oxidu uhelnatého jsou jako jediné ze zmiňovaných škodlivin staženy pod úroveň zážehových motorů.



Graf č. 1 – Limity množství CO vznětových motorů

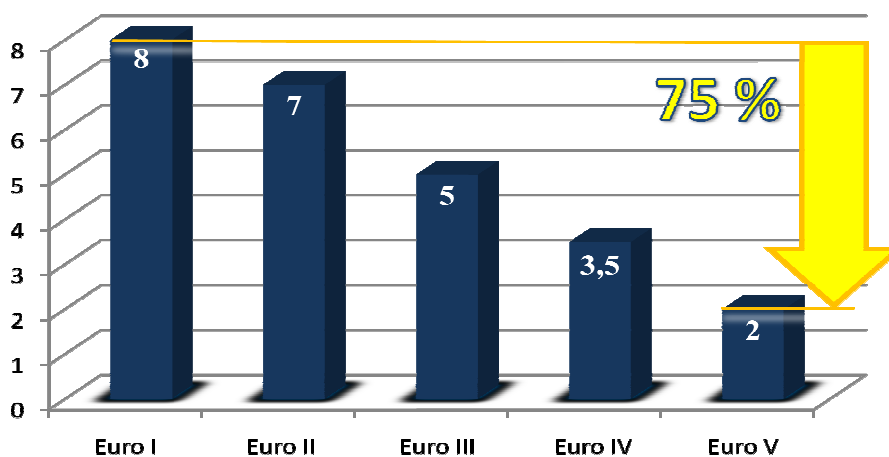
Co se týče koncentrace nespálených uhlovodíků u vznětových motorů, ty nepředstavují zásadní problém, a to především z důvodu spalování chudé směsi. Za dobu od zavedení první euro-normy se HC snížily u nákladních vozidel přibližně na 1/2. U osobních vozidel, jak jsem již uváděl, byly koncentrace HC a NO_x stanoveny jako součet, který se do současné doby podařilo snížit až o 76%.

Vznětový motor dokáže vyprodukovat stonásobně větší množství prachových částic oproti benzínovému motoru s katalyzátorem. V tomto ohledu je diesel vážnou hrozbou pro zdraví lidí. Lze proto považovat za úspěch, že se problematické pevné částice podařilo snížit nejvíce ze všech uvedených škodlivin. Během doby od prvního zavedení normy EURO bylo dosaženo celkového poklesu až o 97%. Tento pokles je přibližně stejný jak u osobních vozidel, tak i u nákladních vozidel. S příchodem každé přísnější normy je zřejmý velký skok, který v případě zavedení normy EURO IV znamenal 50% a v případě EURO V představoval tento skok dokonce až 80%. Takového snížení bylo možné dosáhnout jen použitím speciálních filtrů. Tyto filtry zachycují mikročástice s velkou účinností, která v některých případech dosahuje až 90%. U koncentrací pevných částic se dá v budoucnosti očekávat další zpřísnění limitů, které přinese následující předpis EURO VI.



Graf č. 2 – Limity množství PM v g/km u osobních vozidel

Druhou zásadní škodlivinou vznětových motorů jsou oxidy dusíku. U osobních vozidel povětšinou nebyl příliš velký problém se do výše uvedených koncentrací NO_x dostat, problém však nastal u nákladních vozidel. Výrobci těchto vozidel byli nuceni přijít s novými technologiemi, které povedou k účinnému snížení NO_x ve výfukových plynech. Množství oxidů dusíku se od roku 1992 do současnosti podařilo u nákladních vozidel snížit až na 1/4. Tuto skutečnost odráží graf č. 3.



Graf č. 3 – Limity množství NO_x vznětových motorů nákladních automobilů v g/kWh

Splnění normy EURO IV bylo dosaženo technologií AGR, která spočívá ve zpětném vedení exhalátů do sacího potrubí. S příchodem normy EURO V byli výrobci těžkých užitkových automobilů postaveni před další nelehkou úlohu, neboť se museli dostat s emisemi NO_x pod 2 g/kWh. Tento problém vedl k využití selektivní katalytické redukce i v automobilovém průmyslu.

2. SNIŽOVÁNÍ NO_x METODOU SELEKTIVNÍ KATALYTICKÉ REDUKCE

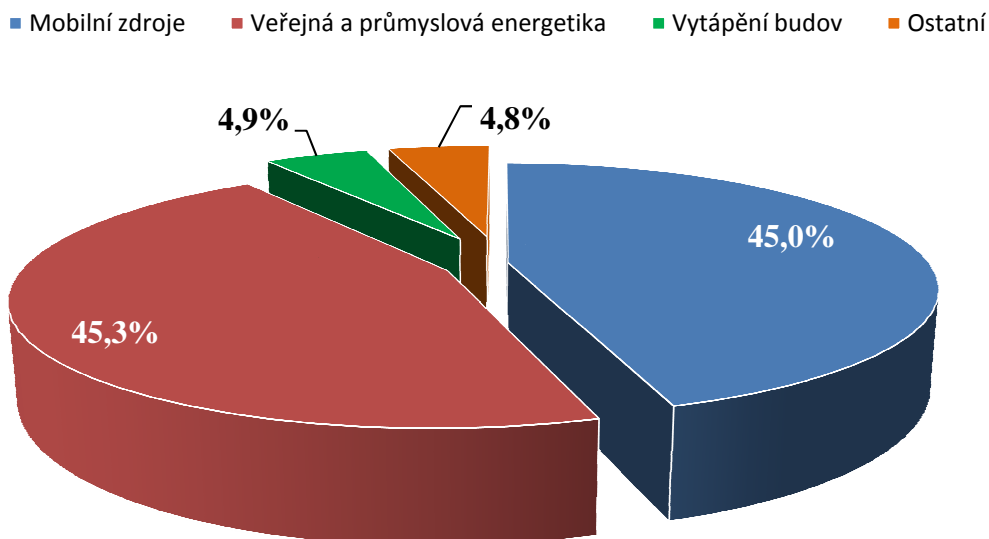
Přísná emisní legislativa nutí výrobce silničních vozidel přicházet s novými technickými řešeními, které povedou ke snížení množství škodlivin ve výfukových plynech. Při konstrukci spalovacího motoru je důležité hledat kompromisy, protože účelný zásah na straně jedné, může vyvolat nepříznivé dopady na straně druhé. U moderních vznětových motorů se využívá nastavení vyššího předstihu vstřiku paliva, což umožňuje podstatné snížení množství pevných částic obsažených ve spalínách. Ty pak už lze poměrně snadno odstranit speciálními filtry. Toto opatření má však za následek vyšší tvorbu oxidů dusíku.

2.1. CHARAKTERISTIKA OXIDŮ DUSÍKU

Dusík jako takový je biogenní prvek, který nepředstavuje pro životní prostředí v podstatě žádnou zátěž. Na druhou stranu oxidy dusíku tvoří skupinu látek se širokým spektrem negativních dopadů jak zdravotních, tak především dopadů na globální ekosystém. Velkou měrou se podílejí na vzniku kyselých dešťů, protože v ovzduší postupně přecházejí na kyselinu dusičnou. Skupina těchto látek zahrnuje širokou škálu oxidů dusíku. Mezi nejčastěji se vyskytující v okolní atmosféře patří:

- **Oxid dusnatý** (NO) – bezbarvý plyn bez zápachu podílející se na vzniku tzv. skleníkového efektu. Kumuluje se v atmosféře a společně s ostatními skleníkovými plyny absorbuje infračervené záření zemského povrchu, které by jinak uniklo do vesmírného prostoru.
- **Oxid dusičitý** (NO₂) – červenohnědý plyn štiplavého zápachu. Společně s kyslíkem a dalšími organickými látkami přispívá k tvorbě přízemního ozonu a vzniku tzv. fotochemického smogu.

Zdroje těchto sloučenin se dají členit na přirozené a antropogenní. Za přirozený zdroj dusíkatých sloučenin v atmosféře je pokládána bakteriální, sopečná a bouřková činnost a další procesy probíhající v biosféře. Závažnými antropogenními zdroji jsou spalovací procesy, zejména spalování fosilních paliv a automobilová doprava. Při spalování ušlechtilých paliv je dosahováno vysoké teploty hoření, a proto zde dochází k oxidaci vzdušného dusíku (N₂) na tzv. vysokoteplotní NO_x.



Graf č. 4 – Podíl jednotlivých zdrojů na emisích NO_x; rok 2007 [7]

Oxidy dusíku mohou negativně působit na zdraví člověka především ve vyšších koncentracích. Ty se ovšem běžně v ovzduší nevyskytují. Vdechování vysokých koncentrací vede k závažným zdravotním potížím a může způsobit i smrt. Předpokládá se, že se oxidy dusíku váží na krevní barvivo a zhoršují tak přenos kyslíku z plic do tkání. Některé náznaky ukazují, že oxidy dusíku hrají určitou roli i při vzniku nádorových onemocnění.

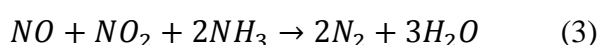
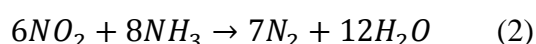
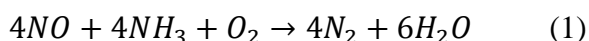
2.2. METODA SELEKTIVNÍ KATALYTICKÉ REDUKCE

K účinnému snížení oxidů dusíku nestačí pouze potlačovat jejich tvorbu během spalovacího procesu, ale je nutné využívat metod, které následně odstraní již vzniklé NO_x ze spalin. Tyto metody bývají obecně označovány jako tzv. denitrifikace spalin a existuje jich celá řada. Výhodou těchto systémů je fakt, že může být chod motoru optimalizován po stránce spotřeby, životnosti i výkonu. V automobilovém průmyslu se s úspěchem využívá **selektivní katalytické redukce (SCR)**.

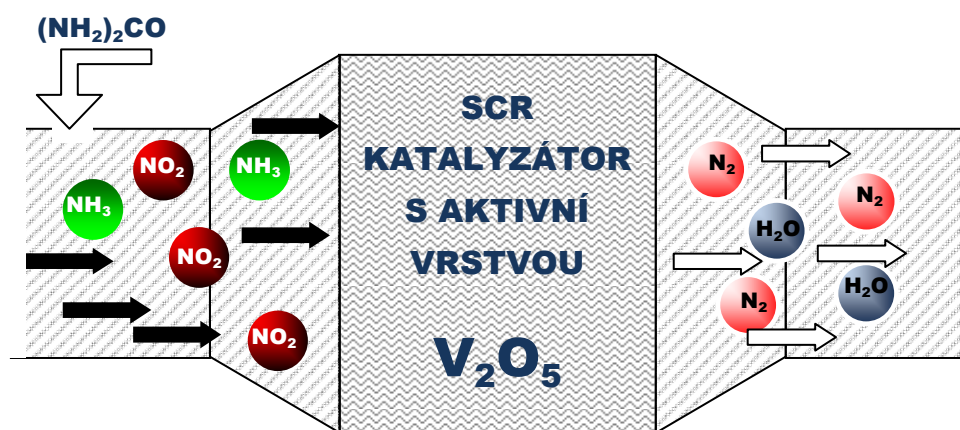
Technologie SCR byla patentována v USA v roce 1957 společností Engelhard, ta se jako jedna z prvních začala zabývat vývojem katalyzátorů. Nejprve našla využití především v energetickém průmyslu a s postupem času se začala uplatňovat i v automobilovém průmyslu. Podle soudů odborníků je reálné snížit touto metodou oxidy dusíku ve výfukových plynech až na 0,1 gramu na kilowatthodinu. Tato technologie využívá chemické reakce, probíhající ve speciálním katalyzátoru, před který se vstříkuje do proudu spalin potřebné

množství redukčního prostředku – močoviny ((NH₂)₂CO). Z principu je využití čistého amoniaku nemožné, protože je velmi jedovatý a navíc vysoce korozivní.

Cílem této technologie je přeměnit NO_x na elementární dusík a vodu. To je velice výhodné, protože obě tyto látky jsou pro životní prostředí neškodné. Za normálních podmínek probíhá reakce v rozmezí teplot 800°C až 1200°C. S využitím katalyzátoru lze však dosáhnout této reakce již při teplotách 260°C až 400°C. V závislosti na stechiometrickém poměru jsou popsány chemické reakce rovnicemi (1), (2) a (3).



Konstrukční řešení celého systému namontovaného do vozidla pak umožňuje elektronicky řízený nástřik roztoku močoviny do výfukového potrubí. Zde dochází nejprve ke katalyticky urychlené hydrolýze močoviny na amoniak (NH₃) a oxid uhličitý (CO₂). Molekuly těchto sloučenin pak vstupují do redukční sekce katalyzátoru společně s výfukovými plyny a redukují NO_x na dusík. Jako vedlejší produkty vznikají molekuly vody (H₂O).



Obrázek 3: Schéma principu selektivní katalytické redukce

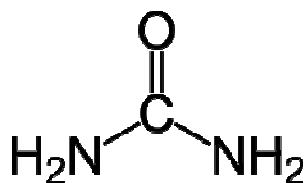
Původní katalyzátory využívaly ve své aktivní vrstvě především platinu nebo sloučeniny kovů obsahující platinu, což se ale s postupem času ukázalo jako nevyhovující řešení. Výzkum provedený v Japonsku vedl k rozvoji vanad-titanové kombinace, která tvoří základ současných katalyzátorů. Nejčastěji se využívá sloučenin na bázi aktivních kovových prvků, tj. V₂O₅, WO₃ a MoO₃.

Obvykle bývá před SCR katalyzátor vřazen ještě oxidační katalyzátor spolu s filtrem pevných částic. Zde reagují nespálené uhlovodíky a oxid uhelnatý (CO) na oxid uhličitý (CO₂) a vodu. Kromě toho část oxidu dusnatého (NO) oxiduje na oxid dusičitý (NO₂). V částicovém filtru pak reaguje oxid dusičitý (NO₂) se zachycenými sazími na oxid dusnatý (NO) a oxid uhličitý (CO₂), tímto se usazeniny sazí odbourávají a systém se regeneruje. Poté se na katalytické vrstvě filtru pevných částic přemění NO, vzniklý při spalování sazí, opět na NO₂. Tím pádem je k dispozici další palivo pro spalování sazí. Pevné částice reagují s oxidem dusičitým tak, že odevzdává kyslík (O₂) a mění se zpět na oxid dusnatý.

Dávkování močoviny musí být velmi přesné. Její nedostatek by omezil účinnost odstraňování NO_x a naopak přebytek by vedl k úniku jedovatého amoniaku. Celý proces odstraňování oxidů dusíku je citlivý na teplotu, proto musí být udržována ve velmi úzkém rozsahu. Tato na první pohled jednoduchá a elegantní metoda má však několik provozních nevýhod. Především tu, že systém vyžaduje neustálé doplňování močoviny, která musí být dostatečně kvalitní.

2.3. REDUKČNÍ PROSTŘEDEK ADBLUE®

AdBlue® je obchodní název pro synteticky vyrobené aditivum, které je nezbytné pro průběh selektivní katalytické redukce. Jde o vodný roztok chemicky čisté močoviny o koncentraci 32,5%. Technický význam močoviny je velký, neboť nachází uplatnění v široké škále různých odvětvích jako je zemědělství, farmaceutický průmysl, výroba plastů apod. Vyrábí se zahříváním oxidu uhličitého (CO₂) s amoniakem (NH₃) v autoklávu při teplotě 130°C a tlaku cca 5MPa. Distribuuje se v podobě granulí, vloček, kuliček, krystalů a především roztoků.



Obrázek 4: Strukturní vzorec močoviny

2.3.1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA ADBLUE®

Jakost tohoto roztoku je stanovena normou DIN 70070 v souladu s nařízením ISO a CEFIC k zajištění správné funkce systému SCR nainstalovaného do vozidla. Deklarovaná spotřeba tohoto prostředku je pro vozidla splňující normu EURO V asi 5% spotřeby nafty

na 100 km. Tudíž budu-li uvažovat průměrnou spotřebu nákladního vozidla (např. tahače návěsu) 34 l/100 km, bude spotřeba AdBlue® činit 1,7 l/100 km.

AdBlue® není výbušná, toxická a ani jinak škodlivá látka pro životní prostředí. Je zařazena do kategorie látek s minimálním nebezpečím. Nicméně má vysoké korozivní účinky na oceli i na slitiny neželezných kovů (např. měděné podložky a elektrické kontakty). Taktéž poškozují plasty, které nejsou svými specifickými vlastnostmi předurčené pro styk s AdBlue® (izolace elektrických vedení, hadicová vedení, nátěry apod.).

Tabulka 3: Charakteristické hodnoty AdBlue® [11]

	MIN	MAX
Obsah močoviny	31,8 %	33,2 %
Hustota při 20°C	1,087 g/cm ³	1,093 g/cm ³
Refrakční index při 20°C	1,3814	1,3843

2.3.2. ZÁSADY MANIPULACE S ADBLUE®

- Skladovat AdBlue® se doporučuje při teplotách v rozmezí od -11°C do +25°C. Pokud bude tato teplota překračována, hrozí snížení koncentrace tohoto roztoku rozkladem na amoniak a oxid uhličitý. Z toho vyplývá nevystavovat prostředek přímému slunečnímu záření. Při teplotě pod -11°C AdBlue® zamrzá, avšak zamrznutí nemá vliv na jeho kvalitu. Po rozmrznutí se jí vrací původní vlastnosti.
- Maximální doba skladování by neměla překročit jeden rok.
- AdBlue® vždy plnit do nádrže k tomu určené, nikdy neplnit do nádrže s motorovou naftou a naftu do nádrže s AdBlue®. Po doplnění je nutné očistit výdejní pistoli vodou, aby bylo zabráněno krystalizaci.
- Pokud je při manipulaci použita jiná nádoba než originální obal, je vhodné použít plasty na bázi polyethylenu, polypropylenu či fluorované plasty, např. teflon.
- Zařízení AdBlue® udržovat v čistotě, zbavené prachu a nečistot. Znečištěný produkt může vážně poškodit celý systém i katalyzátor.
- Při manipulaci je vhodné použít pracovní oděv. AdBlue® je sice neškodný, ale může dráždit, proto při zasažení očí nebo pokožky, je nutné opláchnout postižené místo studenou vodou. V případě potřeby vyhledat lékaře.

- Při požáru je potřeba nádrže chladit vodou, tím se sníží riziko roztržení nádrže v důsledku rozpadu AdBlue®.
- Rozlitý prostředek je nutné opláchnout vodou, protože povrch může být kluzký.
- Nikdy nevylévat AdBlue® do kanalizace, musí být zlikvidován jako zvláštní odpad.
- Další zásady pro skladování a manipulaci definuje norma AUS 32. [11]

2.3.3. DISTRIBUCE ADBLUE®

V současné době nabízejí výrobci a distributoři tohoto prostředku několik možných logistických řešení. Je na odběrateli, jaká varianta pro něj bude nejvýhodnější. Redukční prostředek AdBlue® je běžně dodáván v 10 litrových kanystrech, 200 litrových sudech nebo tzv. IBC kontejnerech o objemu 1000 litrů. První možnost představuje praktický způsob doplnění prostředku, který umožňuje dojet dalších přibližně 600 km k nejbližší čerpací stanici s výdejním stojanem na AdBlue®.



Obrázek 5: 10 l kanystř



Obrázek 6: 200 l sud



Obrázek 7: IBC kontejner (1000 l)

Další možnosti představují výdejní jednotky pro AdBlue® pro neveřejný nebo veřejný výdej. Výdejní jednotka pro neveřejný výdej je označována jako tzv. MINI-BULK systém a je vhodný především pro velké autodopravce, kteří si tímto systémem mohou doplnit sklad motorové nafty nebo olejového hospodářství. Tyto jednotky mívají kapacitu 3000 až 5000 litrů.



Obrázek 8: Výdejní jednotka AdBlue® pro veřejný výdej [11]

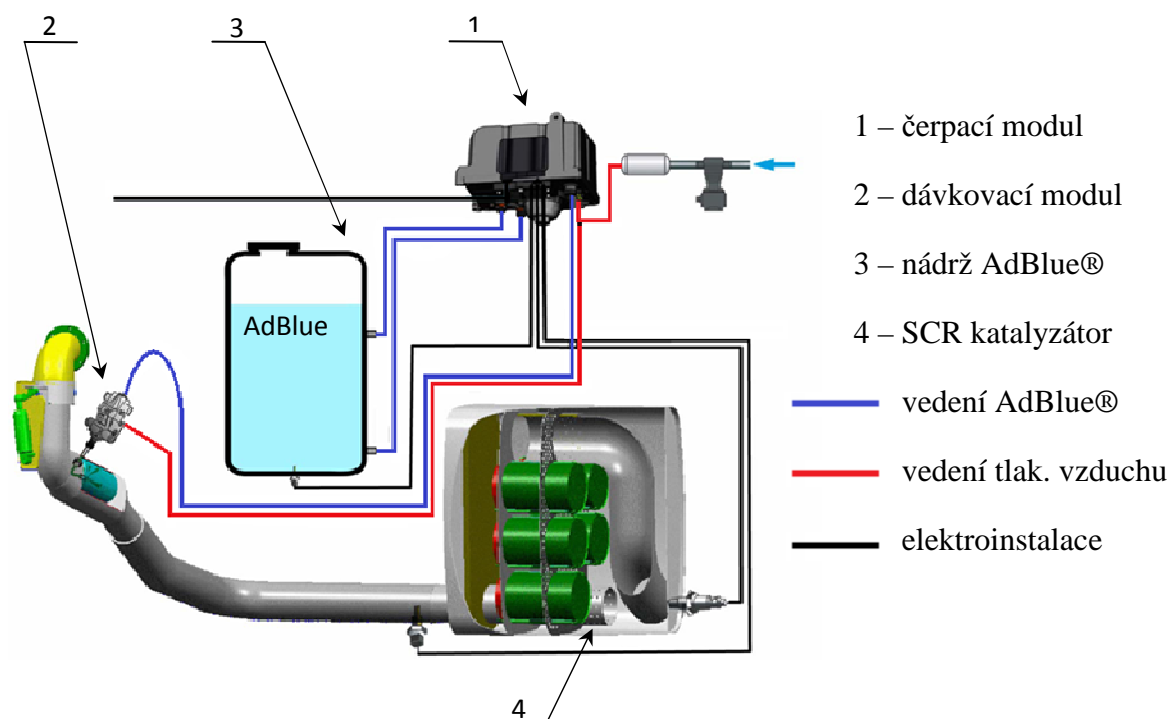
Pro komerční využití jsou na trhu velké výdejní jednotky, které v sobě mohou mít zabudovaný telemetrický systém, umožňující on-line sledování stavu zásoby. Snímač hladiny umístěný v nádrži předává informaci řídicí jednotce výdejní jednotky a ta jí prostřednictvím bezdrátového internetu posílá do počítačového systému distributora. Ten pak na základě získané informace zahájí logistický proces.

3. KONSTRUKCE SYSTÉMU SCR NA VOZIDLECH MAN

Provedení konstrukčního řešení SCR na těžkých užitkových vozidlech značky MAN je vytvořeno modulárním způsobem. To znamená, že vstřikování prostředku AdBlue® je uskutečněno prostřednictvím dvou vzájemně oddělených modulů. Celý tento systém se dá rozdělit na tyto základní okruhy:

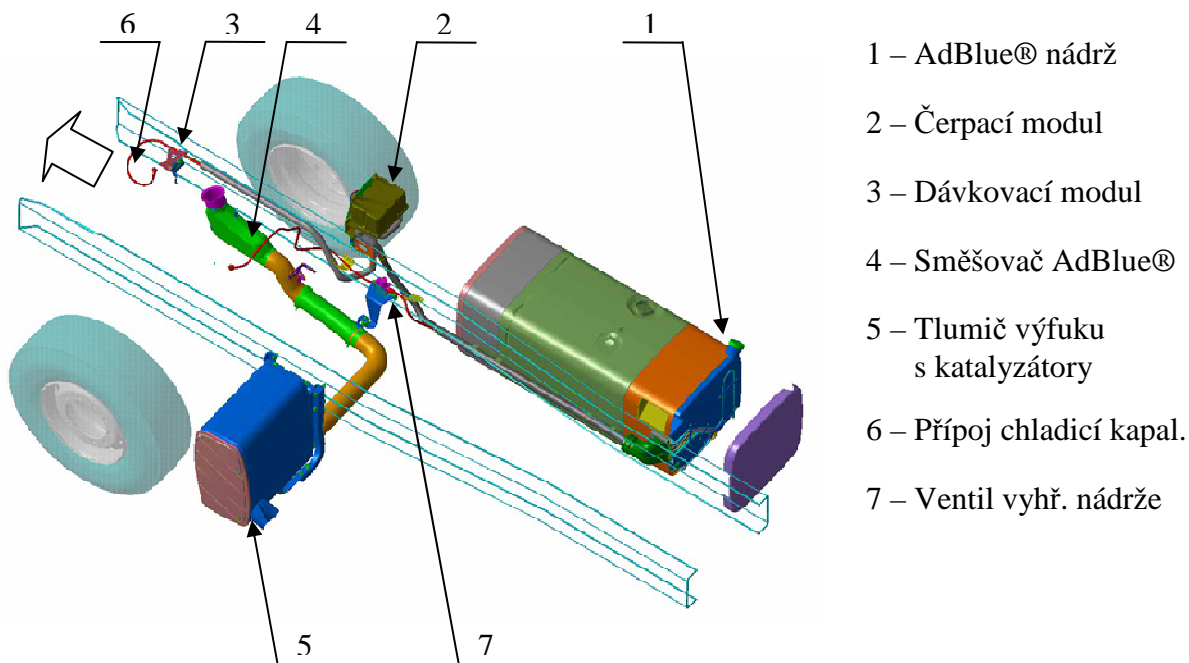
- Okruh zásobování a vstřikování prostředku AdBlue®
- Okruh tlakového vzduchu
- Okruh vyhřívání nádrže chladicí kapalinou motoru
- Okruh elektroinstalace AdBlue® a HD-OBD

Jak ukazuje obr. č. 9, základ tohoto systému tvoří čerpací modul pro přípravu AdBlue® a dávkovací modul spolu s rozstřikovací tryskou pro vstřikování přesných dávek do proudu výfukových plynů.



Obrázek 9: Základní schéma konstrukčního provedení MAN AdBlue®

Tlakový vzduch je do systému přiváděn z důvodu vytvoření optimálních podmínek pro rozprášení redukčního prostředku. Druhým důvodem je pak vyčištění rozstřikovací trysky proudem vzduchu, aby po ukončení dávkování nedošlo k jejímu zanesení vlivem krystalizace AdBlue®.



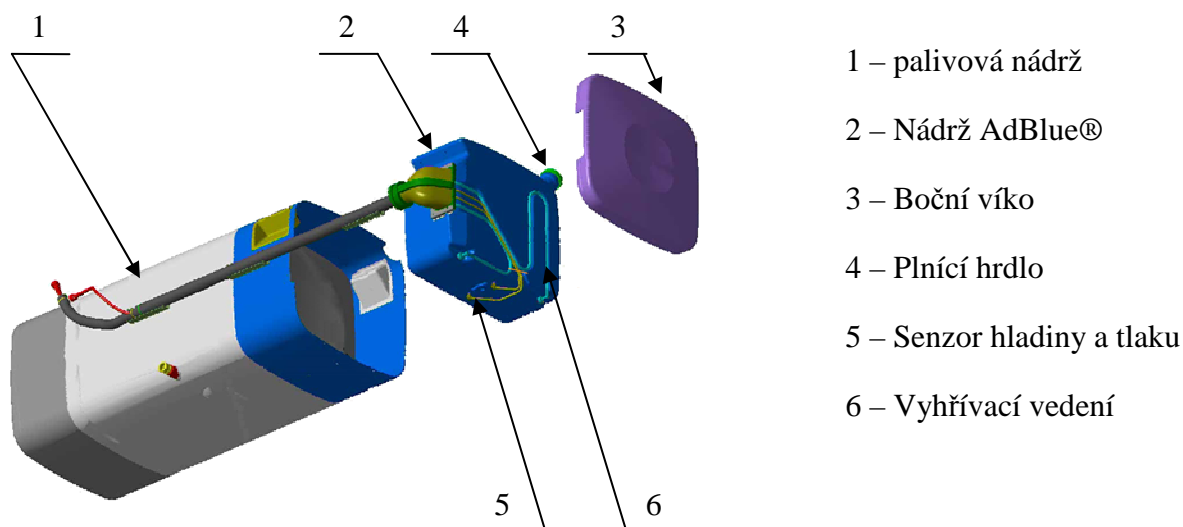
- 1 – AdBlue® nádrž
- 2 – Čerpací modul
- 3 – Dávkovací modul
- 4 – Směšovač AdBlue®
- 5 – Tlumič výfuku s katalyzátory
- 6 – Příklad chladič kapal.
- 7 – Ventil vyhř. nádrže

Obrázek 10: Konstrukční uspořádání na vozidle

Tímto systémem lze dosáhnout redukce oxidů dusíku až o 90 %. Proto výfukové emise motorů MAN vybavených systémem SCR splňují požadavky prozatím nejpřísnější normy EURO V.

3.1. PŘÍDAVNÁ NÁDRŽ ADBLUE®

Nádrž AdBlue® tvoří s palivovou nádrží jeden celek. Pro její demontáž je nutné odstranit nýty bočního víka a víko demontovat. Po odpojení vedení lze nádrž na AdBlue® vyjmout.



- 1 – palivová nádrž
- 2 – Nádrž AdBlue®
- 3 – Boční víko
- 4 – Plnicí hrdlo
- 5 – Senzor hladiny a tlaku
- 6 – Vyhřívací vedení

Obrázek 11: Kombinovaná nádrž MAN

Na spodní straně nádrže je umístěn senzor, který snímá stav naplnění nádrže a také teplotu prostředku AdBlue®. Zvenčí je přístupný skrze údržbový otvor s víkem v hliníkovém plášti nádrže. Senzor pracuje na principu ultrazvuku. Princip tohoto bezkontaktního snímače spočívá v měření časového intervalu mezi vyslaným a přijatým ultrazvukovým signálem. Měřicím signálem jsou krátké ultrazvukové pulzy, které vstupují do kapaliny v nádrži. Prostupují kapalinou, a jakmile dosáhnou fázového rozhraní, odrážejí se zpět. Vrací se stejnou cestou ke snímači, který následně zaznamená příjem jejich ozvěny. Ze zaznamenaného času a ze známé rychlosti šíření zvuku kapalinou se vypočte skutečná naměřená výška kapaliny v nádrži. Tato konstrukce eliminuje problémy s krystalizací, ke kterým by mohlo docházet při vyprazdňování nádrže během provozu. Do doby než by byla nádrž opět naplněna, by v případě použití kontaktních snímačů hrozilo zatuhnutí jejich jednotlivých dílů. O stavu naplnění nádrže je řidič informován ukazatelem zásoby AdBlue® umístěným na přístrojové desce vlevo od ukazatele zásoby paliva.



Obrázek 12: Snímač hladiny AdBlue®



Obrázek 13: Ventil vyhřívání nádrže

Jelikož má prostředek AdBlue® vysoký obsah vody, je v našich zeměpisných šířkách silně ohrožen zamrzáním. Je tedy nezbytné tento systém vyhřívat. Vyhřívání nádrže a připojených vedení je provedeno přivedením ohřáté chladicí kapaliny z motoru. Na boku nádrže je připevněna trubková spirála, kterou v případě potřeby ohřátá kapalina protéká. V závislosti na teplotě AdBlue® v nádrži, je přes elektromagnetický ventil připojován a odpojován vyhřívací okruh. Ten reguluje teplotu v tomto systému na základě informace od snímače teploty AdBlue® integrovaného do ultrazvukového senzoru. Obvykle bývá tento ventil umístěn v závislosti na typu vozidla buď na pružné konzoly přišroubované na rámu vozidla, nebo na nosném plechu čerpacího modulu. Vyhřívání sacího i zpětného vedení AdBlue® je provedeno prostřednictvím společného svazku, ve kterém se nachází vedení

ohřáté chladicí kapaliny motoru. Po uplynutí určitého času se prostřednictvím měření hodnot tlaků kontroluje, zda náplň ve vedeních roztála. Když tomu tak je, může systém přejít do fáze svého spuštění.

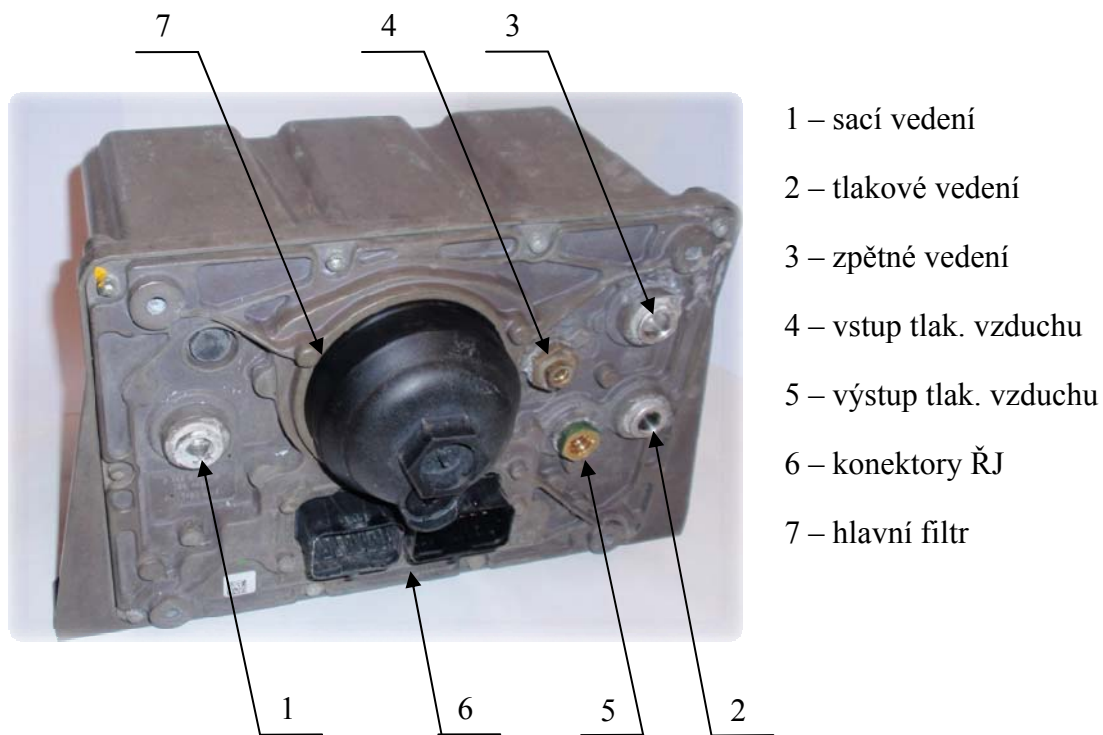
3.2. ČERPACÍ MODUL

Čerpací modul představuje základní součást celého systému a slouží k přípravě redukčního prostředku a vzduchu. Zpravidla bývá namontován na zadní straně kabiny řidiče.

Do modulu jsou integrovány tyto komponenty:

- **Řídící jednotka systému** - na základě získaných informací z jednotlivých signálů řídí dávkování redukčního prostředku. Tato řídicí jednotka je přes CAN-vedení propojena s řídicí jednotkou motoru EDC.
- **Čerpadlo** – slouží pro vytvoření tlaku v systému, je vybaveno obtokovým regulačním ventilem a zásobníkem tlaku. Obtokový regulační ventil funguje jako pojistka proti překročení přípustného tlaku v systému. Limitní hodnota tlaku AdBlue® je dána tuhostí pružiny ventilu. Zásobník tlaku umožňuje vytvoření zásoby tlaku redukčního prostředku v čerpacím modulu a tím snižuje nutnost častého spínání elektromotoru čerpadla.
- **Odvětrávací ventil** – umožňuje eliminaci tlaku a tím vyprázdnění náplně ze systému zpět do nádrže. Nezbytné pro provádění údržbových a servisních prací. Nucená aktivace odvětrávacího ventilu je možná pouze prostřednictvím servisního počítače.
- **Předfiltr a hlavní filtr** – z důvodu možného zamrznutí redukčního prostředku je hlavní filtr elektricky vyhříván.
- **Senzor tlaku AdBlue®** - na základě hodnoty tlaku AdBlue® v čerpacím modulu je řídicí jednotkou spínán motor čerpadla.
- **Senzor teploty AdBlue®** - hlavní funkce spočívá v identifikaci zamrzlého prostředku AdBlue® v čerpacím modulu. Na základě signálu z tohoto senzoru aktivuje ŘJ vyhřívání hlavního filtru.
- **Centrální předřadné zaškrcení** – slouží k regulaci tlaku vzduchu přiváděného do čerpacího modulu. Tlak vzduchu je regulován prostřednictvím elektromagnetického ventilu, který otevírá a uzavírá přívod vzduchu ke škrticí trysce. Elektromagnetický ventil je ovládán řídicí jednotkou.

- **Senzor tlaku před zaškrcením** – snímá tlak vzduchu přiváděného do čerpacího modulu z pneumatické soustavy vozidla.
- **Senzor tlaku za zaškrcením** – snímá tlak vzduchu přiváděného k dávkovacímu modulu. Důležitý signál pro ovládání elektromagnetického ventilu, který škrťí přívod tlaku vzduchu a také slouží k odhalování případných netěsností v systému.



Obrázek 14: Čerpací modul

Základním úkonem řídicí jednotky tohoto systému je řízení dávkovacího množství redukčního prostředku a regulace časování dávkování. Pro výpočet dávkovacího množství jsou rozhodující následující veličiny:

- A. Počet otáček motoru**
- B. Točivý moment motoru**
- C. Teplota katalyzátoru [1]**

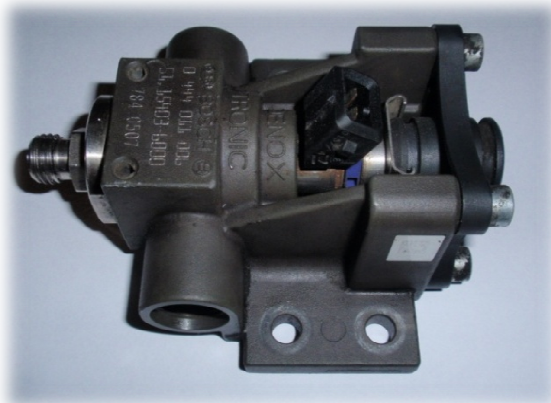
Na základě získaných informací jednotlivých signálů propočítává ovládací signály pro elektromotor čerpadla, elektromagnetický ventil škrťící přívodní tlak vzduchu, dávkovací modul a odvětrávací ventil.

Řídicí jednotka AdBlue® vyhodnocuje signály z následujících senzorů:

- Senzor hladiny náplně v nádrži AdBlue®
- Senzor teploty náplně v nádrži AdBlue®
- Senzor tlaku AdBlue® v čerpacím modulu
- Senzor teploty AdBlue® v čerpacím modulu
- Senzor tlaku vzduchu před zaškrcením
- Senzor tlaku vzduchu za zaškrcením
- Senzor teploty výfukových plynů před katalyzátorem
- Senzor teploty výfukových plynů za katalyzátorem
- Senzor NO_x (pouze od verze OBD1B) [2]

3.3. DÁVKOVACÍ MODUL

V dávkovacím modulu se mísí prostředek AdBlue® se vzduchem. Vzniklá směs je vstříkována do proudu výfukových plynů v závislosti na ovládacích signálech řídicí jednotky. Tento modul je umístěn na pravé straně motoru v blízkosti tvarovky výfukového potrubí se škrticí klapkou motorové brzdy. Pro demontování dávkovacího modulu je nezbytné sklopit kabinu a demontovat protihlukový štít na pravé straně motoru.



Obrázek 15: Dávkovací modul



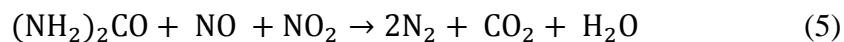
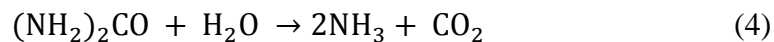
Obrázek 16: Rozstřikovací tryska

Jemného rozptýlení redukčního prostředku je docíleno přivedením tlakového vzduchu a vhodnou geometrií rozstřikovací trysky. Ta je umístěna za škrticí klapkou motorové brzdy těsně před směšovačem AdBlue®. Při montáži trysky je nutné dbát na její správnou polohu.

3.4. SMĚŠOVAČ A SCR KATALYZÁTOR

K redukci NO_x dochází v tomto systému ve 3 stupních:

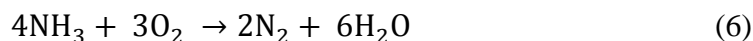
- I. SMĚŠOVAČ - Probíhá v něm chemická reakce, při níž dochází k rozkladu AdBlue® na amoniak a vodu, kterou charakterizuje rovnice č. (4). Kromě zmíněného rozkladu AdBlue® dochází ve směšovači také k chemické reakci popsané v rovnici č. (5).



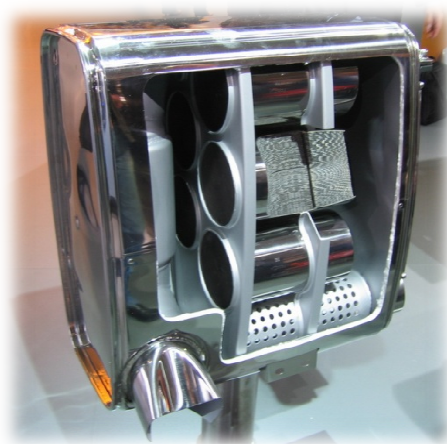
Směšovač je umístěn přímo za tvarovku výfukového potrubí se škrticí klapkou motorové brzdy.

- II. SCR KATALYZÁTOR – zde dochází k redukci oxidů dusíku na elementární dusík a vodu. Princip reakce je popsán v kapitole 2.2.

- III. OXIDAČNÍ KATALYZÁTOR – v poslední fázi denitrifikace spalin dochází k odstraňování zbylého amoniaku ve výfukových plynech. Amoniak oxiduje na dusík a vodu podle rovnice č. (6).



SCR katalyzátor i oxidační katalyzátor jsou součástí tlumiče výfukových plynů umístěným na levé straně vozidla za kolem přední nápravy. Součástí je také filtr pevných částic, který dosahuje až 60 % účinnosti snižování mikročástic ve výfukových plynech. Vzhledem k nutnosti sledování teploty v oblasti SCR katalyzátoru, pro výpočet dávkovacího množství redukčního prostředku, jsou ve výfukovém potrubí umístěna dvě teplotní čidla. Jedno je umístěno v ústí směšovače a druhé v koncovce výfukového tlumiče.



Obrázek 17: Tlumič výfuku s katalyzátory

4. ANALÝZA MOŽNÝCH ZÁVAD SYSTÉMU SCR NA VOZIDLECH MAN

Cílem této analýzy je podat komplexní rozbor závad, které na tomto systému mohou vzniknout a nastínit možnosti jejich diagnostiky. Jelikož je konstrukční řešení vstřikovacího systému AdBlue® jednotlivých dodavatelů dosti podobné, čelí všichni výrobci nákladních vozidel téměř stejným komplikacím. Ty spočívají především v použití nekvalitního a nějakým způsobem znečištěného redukčního prostředku nebo v nahodilé technické závadě některého z komponentů.

4.1. ZÁVADY ZPŮSOBENÉ NEKVALITNÍM PROSTŘEDKEM ADBLUE®

AdBlue® patří mezi nové provozní kapaliny a je nutné si uvědomit, že jeho používání vyžaduje dodržování jistých zásad. Většina dopravců, řidičů a autoservisů je s touto problematikou již dostatečně seznámena. Přesto se však vyskytuje nespočet případů, kdy je závada na tomto systému způsobena použitím nekvalitního prostředku AdBlue®. Z tohoto důvodu je potřebné znát metodiku jak AdBlue® testovat. Existují laboratoře, kterým lze odebraný vzorek poslat, ty pak provedou rozbor vzorku a porovnájí ho se standardy určené normou DIN 70070, příp. ISO 22241-1. Tento způsob není z hlediska řešení konkrétních případů příliš ideální. V servisní praxi je potřeba rozhodnout okamžitě, zdali je závada na systému způsobena nekvalitním prostředkem. Proto je výhodné využít metod vedoucích ke zjištění koncentrace a následně kontaminace AdBlue® popsané v kapitole 4.1.3.

4.1.1. NESPRÁVNÁ KONCENTRACE PROSTŘEDKU ADBLUE®

Koncentrace AdBlue® velkou měrou ovlivňuje účinnost celého systému a její kontrola představuje základ stanovení kvalitativních vlastností prostředku AdBlue®. Koncentrace močoviny v AdBlue® je stanovena na 32,5 % s povolenou tolerancí 31,8 ÷ 33,2 %. Při této koncentraci má nejnižší bod tuhnutí, a to -11,5°C. Je tedy zřejmé, že při jakékoliv jiné koncentraci AdBlue® se bod tuhnutí posunuje blíže k 0°C. [11]

V souvislosti s nesprávnou koncentrací AdBlue® mohou vzniknout na vozidle tyto závady:

- Nízká koncentrace vede ke snížení účinnosti systému SCR a tím pádem ke zvýšení množství oxidů dusíku ve výfukových plynech. Tudíž vozidlo již není schopné plnit normu EURO V a tím se řidič, potažmo provozovatel vozidla vystavuje riziku uvalení sankcí. O zvýšené tvorbě NO_x je řidič informován prostřednictvím kontrolky MIL

na přístrojové desce. Ve většině případů dochází ke snížení koncentrace naředěním prostředku AdBlue® nesprávnou manipulací.

- U zvýšené koncentrace hrozí, že by nemuselo dojít k reakci všech molekul amoniaku v katalyzátoru a ty by pak mohly uniknout do atmosféry. Tento problém se řeší vřazením oxidačního katalyzátoru, který podnítl reakci amoniaku se zbytkovým kyslíkem, čímž dojde ke vzniku neškodných molekul vody a dusíku. V servisní praxi jsem se s vyšší než stanovenou koncentrací AdBlue® doposud nesešel.
- Pokud by došlo k naředění AdBlue® nedemineralizovanou vodou, hrozí kromě snížení účinnosti systému SCR i vážné poškození katalyzátoru. Nedemineralizovaná voda obsahuje určité procento prvků jako např. hořčík a vápník, které působí jako katalytické jedy a nenávratně poškozují katalyzátor. Na jeho povrchu se vytvoří velké množství anorganických sloučenin. Proto každé snížení koncentrace jakoukoliv jinou než destilovanou vodou s téměř nulovým obsahem rozpuštěných kovů je nepřijatelné. Stejně účinky mají i kovy jako je hliník a měď, které se v praxi běžně vyskytují. Z tohoto důvodu musí být při skladování a manipulaci s AdBlue® zabráněno styku s těmito látkami. Tyto látky mohou redukční prostředek kontaminovat např. použitím nevhodných nádob při doplňování nádrže. Přítomnost těchto látek je zjistitelná pouze v laboratorních podmínkách.
- Jelikož při jakýchkoliv odchylkách v koncentraci se zvyšuje bod tuhnutí redukčního prostředku, hrozí při poruše vyhřívání zamrznutí AdBlue® v nádrži a vedeních již při nižší teplotě než $-11,5^{\circ}\text{C}$.

Stanovení koncentrace močoviny v AdBlue® je v zásadě možné třemi způsoby:

- A. Vážením** – princip této metody spočívá v nanesení několika mililitrů prostředku na misku a jeho zvážení na laboratorních vahách. Voda se z AdBlue® nechá odpařit a provede se druhé vážení. Porovnáním obou naměřených hodnot stanovíme koncentraci. Nevýhoda spočívá v pořizovací ceně laboratorních vah.
- B. Hustoměrem** – měření se provádí hustoměrem obdobným, jako se používá na měření elektrolytu v akumulátorech. Tento způsob představuje poměrně jednoduchou variantu měření.

C. Refraktometrem – tato metoda využívá měření indexu lomu světla přes rozhraní kapalina-vzduch. Tato varianta představuje jednoduché a velmi přesné měření, ovšem s vyššími pořizovacími náklady na měřicí zařízení. Postup měření za pomoci refraktometru je zpracován v kapitole 4.1.3.

4.1.2. KONTAMINACE PROSTŘEDKU ADBLUE® UHLOVODÍKY

Již malé znečištění roztoku AdBlue® uhlovodíky představuje vážnou hrozbu poškození celého systému selektivní katalytické redukce. Problematické uhlovodíky jsou obsažené v látkách, které se běžně vyskytují v provozech automobilové dopravy. Jde o motorovou naftu, motorový olej, převodový olej, hydraulický olej atd. Tudíž jestliže při tankování a údržbě dochází k manipulaci jak s ropnými látkami, tak s AdBlue®, nikdy nelze vyloučit vzájemnou, i když minimální kontaminaci.

Nebezpečí tkví v tom, že při kontaktu olejů či paliva reagují pryžové prvky systému jako savý papír a bobtnají. Takto poškozená těsnění a membrány čerpacího modulu způsobí poruchu celého systému. Dojde u nich k zvětšení objemu a tím k zúžení průřezů jednotlivých spojů v systému. Čerpací modul se pak stává nefunkčním, neboť nedokáže přes zúžená místa vytvořit potřebný tlak.



Obrázek 18: Detail zvětšení průřezu pryžového těsnění

Pro názornost jsem ponořil pryžové těsnění, běžně se používající ve vedeních systému AdBlue®, do nádoby s naftou. Po 48 hodinách došlo k nárůstu plochy průřezu z původních $4,9 \text{ mm}^2$ na $8,6 \text{ mm}^2$. Toto zvětšení odpovídá přibližně 1,75 násobku původního rozměru.

Mezi nejčastější příčiny tohoto znečištění mohou patřit:

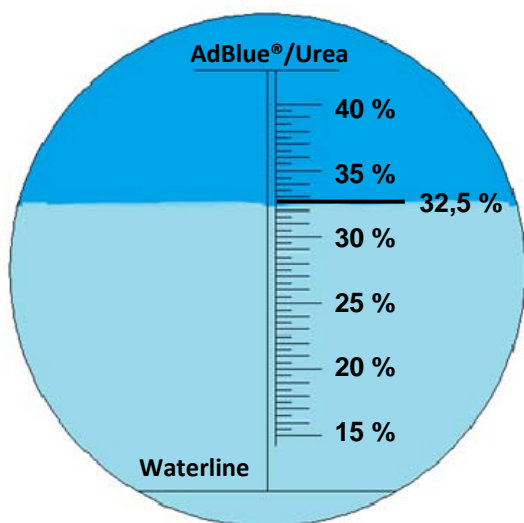
- Použití doplňovací nádoby, trychtýře, popř. plnicí trubky, která již v minulosti přišla do kontaktu s naftou či jinou látkou ropného původu, bez předešlého důkladného vyčištění.
- Natankováním nafty do nádrže s AdBlue®.

Nejjednodušším způsobem jak odhalit přítomnost uhlovodíků v servisní dílně je použití identifikačních papírků. Princip zkoušky spočívá v nanesení několika málo kapek na identifikační papírek. Postup zkoušky je zpracován v kapitole 4.1.3.

4.1.3. VLASTNÍ ROZBOR VZORKU ADBLUE®

Cílem rozboru odebraného vzorku AdBlue® bylo získání poznatků o tom, jak se projeví jeho znečištění ropnými produkty a jak lze v servisní praxi toto znečištění odhalit. V úvodní části rozboru je popsáno měření koncentrace redukčního prostředku AdBlue® refraktometrem.

K analýze jsem odebral vzorek o objemu 500 ml. Toto množství se uvádí jako minimální, aby nedošlo ke zkreslení koncentrace. Vzorek by neměl obsahovat bílé povlaky odebrané nad hladinou ve vrchních částech nádrže, protože by mohly znehodnotit objektivitu měření zvýšenou koncentrací močoviny ve vzorku AdBlue®. Pro měření koncentrace jsem použil refraktometr určený přímo pro AdBlue®. Dodává ho MAN Nutzfahrzeuge jako doporučené servisní nářadí. Jde o tzv. ruční refraktometr, který pro měření využívá denního světla. Vyobrazení refraktometru je na obr. č. 20.



Obrázek 19: Stupnice refraktometru




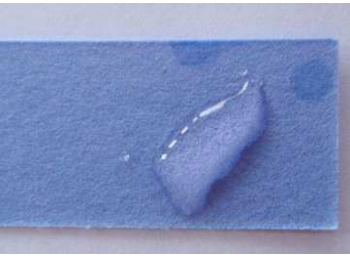
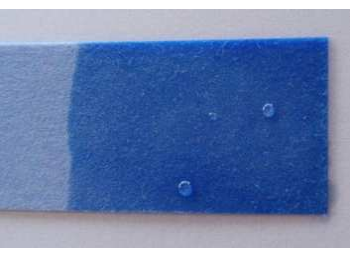
Obrázek 20: Ruční refraktometr

Princip měření je velice jednoduchý, spočívá v nanesení kapky vzorku AdBlue® na vyleštěnou skleněnou plošku a přiklopení plastovou destičkou. Po namíření proti světelnému zdroji lze přímo odečíst hodnotu koncentrace v procentech. Nepřesnost do měření může vnést teplota, při které se měření provádí, protože index lomu světla je závislý na teplotě. Kromě teploty může výsledek zkreslit také případný tepelný rozklad AdBlue®. Avšak tyto chyby jsou pro měření v servisních podmínkách zanedbatelné a pohybují se

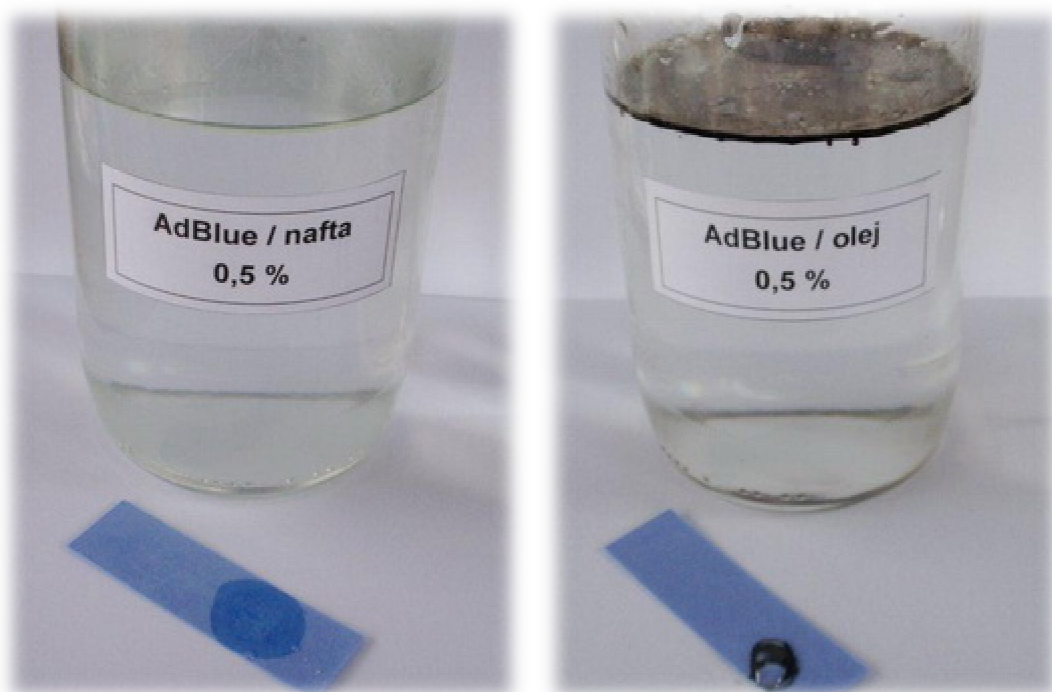
do 1 %. Z praktického měření s tímto přístrojem musím podotknout, že lze stanovit koncentraci pouze u vzorků, které nejsou znečištěné ropnými látkami. V opačném případě totiž nedojde po přiklopení plastové krytky k rovnoměrnému rozlití kapky, ale kapka vzorku steče z vyleštěné skleněné plošky. Z toho lze usoudit, že i refraktometrem lze primárně určit, zda je AdBlue® znečištěné uhlovodíky.

Pro test na znečištění uhlovodíky jsem použil tzv. identifikační papírky. Na ně se nanese několik málo kapek AdBlue®. Je žádoucí, aby kapky po papírku volně stékaly. Pokud by došlo k jejich vsáknutí, pak by zkouška jednoznačně prokázala znečištění uhlovodíky. Při této zkoušce je zvláště důležité dbát na čistotu, neboť prsty od oleje či jiných nečistot by znehodnotily měření. Výsledky zkoušky jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Výsledky testů identifikačním papírkem

Výsledek zkoušky	Popis
	Nepoužitý testovací papírek.
	AdBlue® bez znečištění (AdBlue® neproniklo do testovacího papírku, ale po kapkách steklo).
	AdBlue® znečištěné motorovou naftou (Testovací papírek nasál kapalinu).

Pro subjektivní zjištění projevů znečištění AdBlue® byly odebrány dva vzorky o objemu 500 mililitrů. Jeden s obsahem 2,5 ml motorové nafty a druhý s obsahem 2,5 ml motorového oleje. V obou případech odpovídají poměry 0,5 % kontaminaci AdBlue®. Po promíchání se jednoznačně projevila vzájemná nemísitelnost obou kapalin. Této vlastnosti lze s úspěchem využít, neboť lze v některých případech okamžitě po odebrání vzorku rozhodnout o znečištění ropnými produkty. Vzorek znečištěný olejem to jasně dokazuje. U vzorku s motorovou naftou to na první pohled určit nelze. Po podrobnějším zkoumání lze však na hladině spatřit mastná oka a mléčné zbarvení vzorku. Na rozdíl od kontaminace olejem, nafta z odebraného vzorku značně čpí. Proto pro jednoduchou a okamžitou kontrolu může k identifikaci znečištění vést i zápach motorové nafty z nádrže na AdBlue®.



Obrázek 21: Vzorek znečištěný naftou Obrázek 22: Vzorek znečištěný olejem

Dále se projevila větší agresivita motorové nafty ve srovnání s olejem, neboť při stejné koncentraci znečištění se kapky AdBlue® s motorovou naftou okamžitě vsákly do identifikačního papírku. U druhého vzorku kapky z papírku stékaly.

4.1.4. DOPORUČENÝ POSTUP OPRAVY V PŘÍPADĚ ZNEČIŠTĚNÍ SYSTÉMU ROPNÝMI PRODUKTY

Pokud dojde ke kontaminaci systému ropnými produkty, je zpravidla znehodnocen čerpací modul a je nutné ho vyměnit za nový. Vyměnit se musí též předřadný čistič umístěný v sacím vedení. Hlavní filtr bývá součástí dodávky nového čerpacího modulu.

Pro důkladné vyčištění a zbavení systému nečistot je zapotřebí vyčistit zejména zásobní nádrž na AdBlue®. Montážním otvorem na spodní straně obalu nádrže je nutné demontovat senzor hladiny náplně a odpojit veškerá vedení. Kontaminovaná nádrž se naplní horkou vodou bez čistících přísad. Je výhodné použít také vysokotlaký čistič. Během proplachování je dobré kontrolovat identifikačními papírky proud vody vytékající z nádrže. Tímto si lze snadno ověřit účinnost vlastního čištění. Na závěr je zapotřebí nádrž vysušit tlakovým vzduchem. Využívání technického benzínu ani jiných odmašťovadel se nedoporučuje. Dále je nutné zkontrolovat průchodnost odvětrání nádrže, popř. jej vyměnit. Spolu se zásobní nádrží je nezbytné důkladně vyčistit všechna vedení AdBlue® propláchnutím horkou vodou a vyměnit veškerá těsnění a těsnicí kroužky na otevřených spojovacích místech. Konstrukční prvky, které se nepodaří zcela vyčistit, se musí vyměnit. Dávkovací modul ve většině případů postačí demontovat a propláchnout horkou vodou.

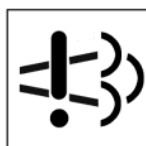
Po provedení výše uvedených prací je vhodné propláchnout celý systém přibližně jedním litrem náplně AdBlue® následujícím způsobem:

- U zásobní nádrže AdBlue® odpojit zpětné vedení od čerpacího modulu a připojit ho do prázdné nádoby.
- Prostřednictvím servisního počítače provést uvedení systému do provozu a následně ovládním odvětrávacího ventilu eliminovat tlak v systému. Tím dojde k úniku náplně přes zpětné vedení do nádrže. Tento proces opakovat, dokud se systém nepropláchnou přibližně jedním litrem kapaliny AdBlue®.
- Zpětné vedení připojit k zásobní nádrži na AdBlue®.

Na závěr se provede vizuální kontrola těsnosti celého systému.

4.2. ZÁVADY NA ELEKTRICKÝCH PRVCÍCH SYSTÉMU SCR

Závady na elektrických zařízeních přímo souvisejí s vlastní realizací vstřikování redukčního prostředku do výfukového potrubí. Správná funkce všech komponentů systému selektivní katalytické redukce je sledována vnitřním diagnostickým systémem vozidla v rámci HD-OBD. Řídící jednotka AdBlue® je propojena s řídicí jednotkou EDC a neustále kontroluje rozsah signálů od jednotlivých snímačů a akčních členů. Při tomto přezkušování jsou všechny signály dotazovány v určitém časovém intervalu z hlediska jejich *existence* a *věrohodnosti*. Systém tak umožňuje identifikovat závadu a indikovat jí prostřednictvím kontrolky MIL, která je umístěná na přístrojové desce.



Obrázek 23: Kontrolka MIL [1]

Jednotlivé typy elektrických závad, které je schopna řídicí jednotka rozpoznat, jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka 5: Přehled závad dle FMI [2]

ZN.	FMI	POPIS	ZN.	FMI	POPIS
	0	závada nespecifikována		6	zkrat na +Uaku
	1	příliš vysoká hodnota		7	zkrat
	2	příliš nízká hodnota		8	chybný signál
	3	nevěrohodná hodnota		9	závada zařízení
	4	neexistuje signál		10	přerušení
	5	zkrat na ukostření			

Efektivní diagnostikování celého systému vyžaduje využití sériové i paralelní diagnostiky:

Sériová diagnostika zprostředkovává komunikaci s řídicí jednotkou pomocí zařízení k tomu určených. Umožňuje čtení a vymazání paměti závad, sledování diagnostických veličin nebo programování řídicích jednotek.

Paralelní diagnostikou rozumíme měření a porovnávání fyzikálních veličin jako jsou rezistence a elektrická napětí elektrických prvků a vodičů s hodnotami předepsanými výrobcem. Samotné měření je možné provádět přímo na těchto komponentech nebo na svorkovnicích řídicích jednotek. Pro nejjednodušší měření se často využívá multimetr. Ve složitějších případech jsou výhodná měření za pomoci osciloskopu. Ten umožňuje měřit napětí v závislosti na čase a to v několika měřeních (kanálech) najednou. Toto měření je možné si uložit do paměti a kdykoli vyvolat a vyhodnotit, což je velká výhoda oproti multimetru.

POUŽITÁ MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ K DIAGNOSTIKOVÁNÍ ZÁVAD SYSTÉMU SCR

- **Originální diagnostický tester MAN-cats II**

Umožňuje vyhledávání závad načtením paměti řídicí jednotky. Dále umožňuje paměť závad smazat, sledovat aktuální diagnostická data, testovat akční členy a také programovat řídicí jednotky. Tester tvoří notebook vybavený ISDN modemem a interface pro bezdrátové spojení s vozidlem. Díky ISDN připojení k internetu je možná on-line komunikace s datovým serverem v Mnichově, odkud je možné stahovat nejnovější software pro parametrizaci řídicích jednotek. Interface je vybavený kabelovým adaptérem umožňující komunikaci s vozidlem přes diagnostickou zásuvku HD-OBD. Velkou výhodou tohoto sériového diagnostického zařízení je poměrně interaktivní softwarové prostředí, které se velice jednoduše ovládá a systematicky vede technika po jednotlivých krocích.

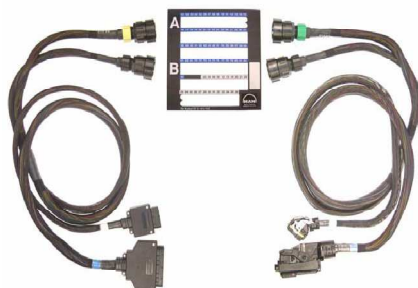


Obrázek 24: Diagnostický tester MAN-cats II připojený ve vozidle MAN TGX

Diagnostická zásuvka HD-OBD je u vozidel MAN řady TGX umístěna za krytkou pod přední částí přístrojové desky na straně spolujezdce. U řady TGA je umístěna na středovém panelu v kabině vozidla pod držákem nápojů.

- **Testovací souprava AdBlue®**

Tato souprava slouží ke kontrole čerpacího modulu a jeho výkonu. Primárně lze jednoduchým způsobem určit, zda je modul funkční a následně umožňuje změřit maximální dodávané množství AdBlue® za jednotku času.



Obrázek 25: Multimetr M92A se zdířkovou skříní EDC Obrázek 26: Testovací souprava

- **Digitální multimetr M92A ve spojení se zdířkovou skříní a kabelovým adaptérem EDC**

Pomocí zdířkové skříně se lze paralelně připojit na svorkovnici řídicí jednotky systému SCR a multimetrem změřit rezistenci a elektrická napětí mezi piny, které odpovídají jednotlivým snímačům a akčním členům. Tento kabelový adaptér je určen pro měření na řídicí jednotce EDC, ale s odpovídající tabulkou označující jednotlivé piny je možné měření i na řídicí jednotce pro systém SCR.

4.2.1. ZÁVADY ČERPACÍHO MODULU

Čerpací modul představuje nejkomplikovanější zařízení celého systému. Jsou v něm integrovány součásti nezbytné pro vytvoření a eliminaci tlaku redukčního prostředku, jeho vyhřívání a rovněž součásti pro regulaci přívodu tlakového vzduchu k dávkovacímu modulu. Složitost tohoto zařízení zvyšuje pravděpodobnost jeho poruchovost a s tím související vysoké náklady na opravu.

4.2.1.1. NAPÁJECÍ NAPĚTÍ ČERPACÍHO MODULU PŘÍLIŠ NÍZKÉ NEBO VYSOKÉ

Jako je tomu u všech elektronicky řízených systémů, i zde platí, že pro správnou funkci systému SCR je nezbytné elektrické napájení, které se bude pohybovat v přípustných mezích. Jednotlivá elektronická zařízení integrovaná v čerpacím modulu jsou velice citlivá právě na

napájecí napětí. Zejména u tlakových senzorů (tlaku AdBlue®, tlaku vzduchu před a za zaškracením) by způsobily příliš nízké či vysoké hodnoty napájecího napětí odchylku v měřených hodnotách, což bude mít za následek odstavení celého systému.

Kontrolu napájecího napětí čerpacího modulu lze provést dvěma způsoby:

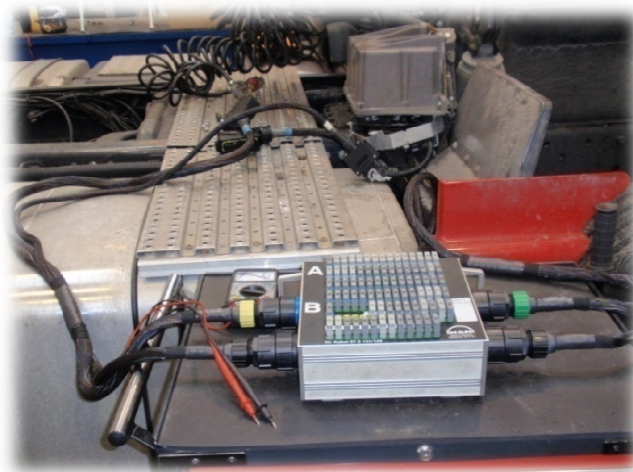
- 1) *Prostřednictvím programové aplikace MAN-cats II.* V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → MONITOROVÁNÍ → NAPÁJECÍ NAPĚTÍ.

Odečtená hodnota: 25,3 V

- 2) *Paralelním měřením napájecího napětí na svorkovnici řídicí jednotky.* Na spodní straně čerpacího modulu odpojím konektor kabelového svazku (32 pin), kabelový adaptér EDC propojím s kabelovým svazkem AdBlue® ve vozidle a s čerpacím modulem. Kulaté konektory kabelového adaptéru spojím se zdířkovou skříní. Multimetrem změřím napětí mezi PIN+ 1 a PIN- 3 na zdířkové skříní.

Naměřená hodnota: 25,3 V

Měření se provádí při zapnutém zapalování! Napájecí napětí čerpacího modulu je v případě tohoto vozidla v pořádku. Obecně o podpětí hovoříme, pokud na svorce 30 (akumulátor) naměříme napětí nižší jak 16V.



Obrázek 27: Ilustrace z měření za pomoci zdířkové skříně

Možné příčiny nízkého nebo žádného napájecího napětí:

- Odpojené akumulátory bateriovým vypínačem
- Přerušování vedení
- Vybité akumulátory
- Zablokované hlavní relé čerpacího modulu

4.2.1.2. ŽÁDNÝ NEBO NÍZKÝ TLAK ADBLUE® V ČERPACÍM MODULU

K vytvoření tlaku AdBlue® v systému slouží membránové čerpadlo. U něho může dojít k zablokování, a to ze dvou důvodů. Jedním může být vnitřní elektrická závada na samotném elektromotoru čerpadla a druhým důvodem bývá mechanická závada způsobená krystalizací redukčního prostředku uvnitř čerpadla. Nedojde-li k vytvoření tlaku AdBlue®, systém začne hlásit závadu a vyřadí se z činnosti.

Pro ověření správné činnosti čerpadla jsem použil následující způsoby:

1) *Pomocí aplikace „První uvedení do provozu“ prostřednictvím MAN-cats II*

V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → RUTINA → PRVNÍ UVEDENÍ DO PROVOZU. Tímto způsobem dojde k aktivaci čerpadla, které zvýší tlak v systému až na požadovanou hodnotu tlaku **0,23 MPa**. Tato operace trvá přibližně **15÷20 sekund**. Během tohoto testu je dobré sledovat závislost počtu otáček čerpadla a růstu tlaku AdBlue®. Pokud budou otáčky čerpadla v rozmezí 2500 a 3000 za minutu a tlak AdBlue® se nebude zvyšovat vůbec nebo jen velmi pomalu, je patrně závada na sací větvi. Z tohoto důvodu je výhodné použít přizpůsobené sací vedení z testovací soupravy, které umožňuje čerpat AdBlue® z externí nádoby. Tím lze eliminovat vliv závady neprůchozího sacího vedení. Potvrdí-li se závada na čerpacím modulu, je vhodné provést kontrolu čerpacího výkonu (dodávaného množství AdBlue®).

2) *Kontrola dodávaného množství AdBlue® čerpacím modulem*

K této kontrole je nezbytné použít testovací soupravu (obr. č. 26) spolu s programovou aplikací MAN-cats II. Postup měření je následující:

- Nejprve provedu vyprázdnění systému AdBlue® pomocí servisního počítače.
- Na čerpacím modulu odpojím výtlačné vedení k dávkovacímu modulu.
- Na volný výstup AdBlue® z čerpacího modulu připojím vedení vybavené ventilem s ruční regulací tlaku a manometrem. Ventil uzavřu.
- Na výstupní straně ventilu připojím druhé vedení z testovací soupravy a umístím ho do odměrné nádoby o objemu 1000 ml.
- Při této kontrole se simuluje teplota za katalyzátorem na – 30°C pomocí speciálního rezistoru zapojeného místo původního senzoru teploty. Důvod spočívá v tom, aby se čerpadlo v modulu přepnulo na maximální výkon.

- V hlavním menu programové aplikace MAN-cats II zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → RUTINA → MAXIMÁLNÍ MNOŽSTVÍ ČERPACÍHO MODULU. Spustím test a ihned otevřu ventil s manometrem.
- V průběhu testu provedu kalibraci ventilu nastavením regulačního šroubu na 0,3 MPa a vyčkám na ukončení testu.
- Po ukončení spustím test znovu a změřím množství AdBlue® v odměrné nádobě.

Naměřené množství: **510 ml**

Minimální množství udávané výrobcem: **220 ml**



Obrázek 28: Ilustrace z měření čerpacího výkonu modulu

4.2.1.3. NEFUNKČNÍ ELIMINACE TLAKU ADBLUE®

K eliminaci tlaku v čerpacím modulu dochází otevřením odvětrávacího ventilu. Tento ventil je elektricky ovládán řídicí jednotkou systému, a tudíž zde může vzniknout zkrat nebo přerušení. Kromě elektrických závad může dojít také k zablokování odvětrávacího ventilu vlivem krystalizace redukčního prostředku. K zablokování může dojít jak v poloze uzavřené, tak otevřené. Zablokování v otevřené poloze se jednoznačně projeví ve skutečnosti, že nebude možné provést natlakování systému, neboť se náplň bude neustále vracet zpětným vedením do zásobní nádrže. Ve fázi vytváření tlaku AdBlue® v čerpacím modulu se musí ventil v pravidelných intervalech otevírat a uzavírat, aby bylo docíleno odvětrání systému. Pokud se zablokuje v uzavřené poloze, nebude možné provést vyprázdnění okruhu AdBlue®. K vyprázdnění celého okruhu dochází automaticky po vypnutí zapalování během tzv. doběhu systému.

Nejjednodušší způsob provedení kontroly ventilu spočívá ve využití programové aplikace MAN-cats II. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → RUTINA → VYPRAZDŇOVÁNÍ OKRUHU ADBLUE®. Při tomto testu musí dojít k 100 % otevření jak odvětrávacího ventilu, tak i dávkovacího modulu. Současně se otevírá na ½ zdvihu i regulační ventil tlaku vzduchu. Na obrazovce monitoru lze sledovat celý proces eliminace tlaku, kde jsou patrné dráhy zdvihů jednotlivých ventilů. Technik tak hned vidí, zdali je odvětrávací ventil zablokovaný či není. Doba vyprazdňování okruhu AdBlue® trvá v bezporuchovém stavu přibližně **70 sekund**. Během eliminace tlaku lze pozorovat poměrně velké výkyvy hodnot tlaku AdBlue®, to však neukazuje na závadu v systému, ale je to dáno prouděním tlakového vzduchu. Ten je do tlakového vedení AdBlue® přiváděn z důvodu jeho vyčištění od kapek redukčního prostředku, které by uvnitř zkrystalizovaly. Po skončení procesu dojde k ustálení tlaku ve vedení AdBlue® na hodnotě $\pm 0,1 \text{ MPa}$, což odpovídá hodnotě atmosférického tlaku vzduchu.

4.2.1.4. ZÁVADY VNITŘNÍHO VYHŘÍVÁNÍ ČERPACÍHO MODULU

Veškerá vedení AdBlue® v čerpacím modulu jsou vyhřívána elektricky odporovým drátkem. Ten je navinut po jejich obvodu a zaizolován. Hlavní čistič je vyhříván segmentem umístěným v jeho dutině. Vnitřní vyhřívání může být vyraženo z činnosti zkratem nebo přerušením. V tomto případě pak v zimním období hrozí zamrznutí AdBlue® ve vedeních a následně nedojde k náběhu systému. V opačném případě se může vyskytnout závada nepřetržitého vyhřívání, kde teplota AdBlue® v čerpacím modulu poroste nad přípustnou mez. Proto leží-li teplota v čerpacím modulu výrazně nad teplotou prostředku v nádrži, je vhodné provést kontrolu teploměrem.

Kontrolu teploty jsem provedl následujícím způsobem:

K porovnání teploty v čerpacím modulu a nádrži jsem využil programové aplikace MAN-cats II. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → MONITOROVÁNÍ → TEPLoty.

*Odečtená hodnota teploty AdBlue® v nádrži: **16 °C***

*Odečtená hodnota teploty AdBlue® v čerpacím modulu: **14 °C***

Odečtené hodnoty teploty se od sebe výrazně neodlišují, to znamená, že závadu nepřetržitého vyhřívání nelze potvrdit. V případě, že by byl rozdíl hodnot významný, provedl bych test maximálního dodávaného množství AdBlue® popsaný v kapitole 4.2.1.2. s tím,

že do odměrného válce bych navíc vložil teploměr. Při okamžitém odečtení teploty bych získal poměrně vypovídající hodnotu teploty AdBlue® v čerpacím modulu. Z hodnoty naměřené teploměrem a odečtené pomocí testeru lze usuzovat:

- a) *Budou-li naměřené hodnoty stejné* ⇒ **závada nepřetržitého vyhřívání**
- b) *Budou-li se naměřené hodnoty lišit* ⇒ **vadné čidlo teploty v čerpacím modulu**

4.2.1.5. TRVALE ZABLOKOVANÉ ZAŠKRCENÍ VZDUCHU

Regulační ventil vzduchu je konstrukčně řešen podobně jako odvětrávací ventil. Pokud dojde k jeho zablokování vlivem zkratu nebo přerušení v uzavřené poloze, nedojde k potřebnému rozprášení prostředku AdBlue® ve směšovací komoře a navíc ani k následnému pročištění vstřikovacího vedení a trysky od AdBlue®. To bude mít za následek zanesení dávkovacího modulu a popř. i rozstřikovací trysky částičky zkrystalizovaného AdBlue®. Pravděpodobnost zanesení samotného centrálního zaškrcení nečistotami není příliš pravděpodobné, neboť vzduch přiváděný z pneumatického systému vozidla je již dostatečně pročištěný.

Nejjednodušší kontrolou jak si ověřit zablokovaný regulační ventil vzduchu je prostřednictvím monitorování tlaku před a za centrálním zaškrcením. Tlak vzduchu je možný kontrolovat za pomoci MAN-cats II. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → MONITOROVÁNÍ → TLAKY.

Odečtená hodnota tlaku za zaškrcením: ± 0,82 MPa

Odečtená hodnota tlaku před zaškrcením: ± 0,46 MPa

Bude-li hodnota tlaku za zaškrcením odpovídat hodnotě atmosférického tlaku je pravděpodobné, že došlo k zablokování regulačního ventilu vzduchu v uzavřené poloze a tím k zabránění přívodu tlaku vzduchu k dávkovacímu modulu. Hodnota tlaku před zaškrcením odpovídá hodně tlaku ve 4. okruhu pneumatického systému vozidla a měla by se pohybovat v rozmezí od **0,8 do 1,2 MPa**. Jelikož 4. okruh slouží pro zásobování vedlejších spotřebičů jako je pneumatické sedadlo řidiče apod., není tento okruh vybaven samostatným snímačem tlaku. Věrohodnost hodnoty tlaku před zaškrcením si lze potvrdit pomocí manometru. Vzhledem k dobře přístupné montážní poloze regulátoru tlaku 4. okruhu, navrhol bych připojení manometru na výstup právě tohoto regulátoru. Kontrolou této hodnoty vyloučíme vliv závady v zásobování čerpacího modulu tlakovým vzduchem.

4.2.2. ZÁVADY DÁVKOVACÍHO MODULU

Dávkovací modul je jako jediný prvek z celého systému, napájen 12 V. Správné napájecí napětí je nezbytné k tomu, aby modul pracoval správně. Pro kontrolu napájecího napětí postačí multimetr. Při zapnutém zapalování bychom na kontaktech modulu měli naměřit $\pm 12V$. Z elektrických závad se na dávkovacím modulu může vyskytnout zkrat nebo vnitřní přerušování elektrického obvodu. Kontrolu lze provést porovnáním naměřené hodnoty vnitřního odporu s hodnotou odporu stanoveného výrobcem. Pro tento účel jsem použil multimetr a změnil jsem hodnotu vnitřního odporu na odpojeném modulu. K měření je možné využít i zdířkové skříně určené pro měření na svorkovnici řídicí jednotky systému SCR (měření je popsáno v kapitole č. 4.2.1.1.).

*Naměřená hodnota vnitřního odporu: **15,2 Ω***

*Hodnota odporu stanoveného výrobcem: **14,5 Ω***

Dávkovací ventil, na kterém bylo měření provedeno, byl funkční, a přesto je u něj patrná odchylka. Ta může být způsobena okolními vlivy a lze jí zanedbat.



Obrázek 29: Ilustrace z měření rezistence dávkovacího modulu

Častější závadou však bývá zablokování vlivem zkrystalizovaného prostředku AdBlue®. Příčina této závady však bývá v okruhu tlakového vzduchu, tu je potřeba najít a závadu odstranit. Modul poté stačí demontovat, propláchnout teplou vodou a vysušit za pomoci stlačeného vzduchu. Provozní stav modulu si lze ověřit akustickou kontrolou. Sepnutí dávkovacího modulu aktivuji prostřednictvím servisního počítače. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE V25, BOSCH → TEST AKČNÍHO ČLENU → DÁVKOVACÍ MODUL. Musí být slyšet jemné cvaknutí. Na obrazovce počítače lze sledovat dráhu zdvihu otevření ventilu uvnitř modulu.

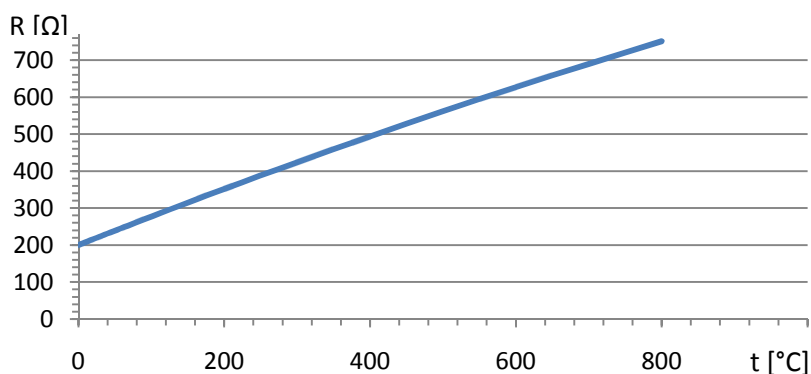
4.2.3. ZÁVADY VENTILU VYHŘÍVÁNÍ NÁDRŽE

Ventil vyhřívání nádrže reguluje přívod ohřáté chladicí kapaliny do prostoru nádrže na AdBlue®. U tohoto ventilu může dojít jeho zablokování, a to v poloze uzavřené nebo otevřené. Následky těchto závad jsou obdobné jako v případě vnitřního vyhřívání čerpacího modulu. Zůstane-li ventil trvale otevřený, ohřátá chladicí kapalina bude neustále proudit do okruhu vyhřívání nádrže a způsobí hydrolýzu redukčního prostředku AdBlue®. To znamená, že AdBlue® se začne rozkládat na amoniak a vodu. Molekuly amoniaku začnou unikat do okolní atmosféry přes odvětrání nádrže a tím dojde ke snížení jeho koncentrace. V opačném případě, tedy pokud ventil zůstane uzavřený, hrozí, že v zimních měsících dojde k zamrznutí AdBlue®. Systém se tak stane nefunkčním.

Kontrolu teploty AdBlue® lze zkontrolovat pomocí servisního počítače. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → MONITOROVÁNÍ → TEPLoty. Bude-li teplota AdBlue® v nádrži výrazně vyšší než očekávaná, ventil je patrně zablokovaný. Totéž platí i pro případ, kdy nedochází k rozmrazování prostředku v nádrži. Funkčnost ventilu si lze ověřit, stejně jako u dávkovacího modulu, akustickou kontrolou provedenou v rámci testu akčního členu.

4.2.4. ZÁVADY SENZORŮ TEPLoty VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

Senzory teploty výfukových plynů (před a za katalyzátorem) pracují ve značně agresivním prostředí. To se do jisté míry projevuje v jejich poruchovosti. Tyto senzory jsou náchylné na poškození zkratem nebo na přerušení vnitřního elektrického obvodu. Jejich signály slouží pro výpočet okamžiku a množství vstřikovaného redukčního prostředku, proto jejich závada způsobí odstavení systému. Odstavení provede řídicí jednotka, a to na základě příliš vysokých či nízkých hodnot signálu, nebo jejich věrohodnosti.



Graf č. 5 – Závislost (°C → Ω) senzoru teploty výfukových plynů

Konstrukčně jsou oba senzory totožné. Hodnoty elektrického odporu v závislosti na teplotě udávané výrobcem jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka 6: Závislost elektrického odporu na teplotě [1]

Teplota t [°C]	0	25	200	400	600	800
Elektrický odpor R [Ω]	200	220	352	494	627	751

Z grafu č. 5 je patrná téměř lineární závislost elektrického odporu na teplotě. Proto jsem pro orientační přepočítání elektrického odporu vycházel z podobnosti trojúhelníka. Tangenta γ je rovna hodnotě 0,8. Výsledný vztah bude mít tvar:

$$R = (0,8 \cdot t) + 200 \text{ [}\Omega\text{]} \quad (7)$$

Kontrolu senzoru teploty výfukových plynů jsem provedl změřením vnitřního elektrického odporu za pomoci multimetru.

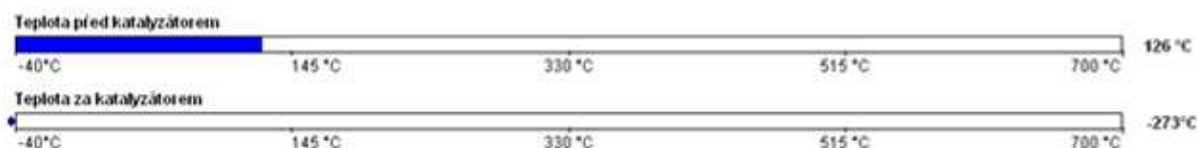
*Naměřená hodnota teploty okolního prostředí: **18 °C***

*Hodnota elektrického odporu vypočteného ze vztahu (7): **215 Ω***

*Naměřená hodnota elektrického odporu: **216 Ω***

Senzor, na kterém jsem provedl měření je funkční, naměřená hodnota odpovídá hodnotě stanovené výrobcem. Nepatrnou odchylku v rozdílu hodnot lze zanedbat.

Věřohodnost naměřené teploty výfukových plynů je výhodné zkontrolovat pomocí softwarové aplikace MAN-cats II. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → MONITOROVÁNÍ → TEPLoty. Hodnoty teploty výfukových plynů motoru zahřátého na 80 °C při chodu na prázdko se běžně pohybují ± 150 °C. Pro názornost uvedu příklad, kdy senzor ukazoval teplotu spalin za katalyzátorem -273 °C. Na první pohled je patrná závada tohoto čidla, protože teplota výfukových plynů nikdy neklesne do záporných hodnot.



Obrázek 30: Monitorování teploty výfukových plynů pomocí MAN-cats II

4.2.5. ZÁVADA KOMBINOVANÉHO SENZORU ADBLUE® V NÁDRŽI

Signály od tohoto snímače jsou vedeny do řídicí jednotky pomocí CAN vedení a přenášejí jak informace o výšce hladiny, tak i o teplotě AdBlue® v nádrži. Tento senzor je umístěn v dutině mezi vlastní nádrží na AdBlue® a vnějším pláštěm kombinované palivové nádrže. Jelikož se v tomto místě hromadí zkondenzovaná voda, dochází často u tohoto senzoru k poškození zkratem. Dle mého názoru by se tento problém dal odstranit převrtáním stávajícího rozměru otvoru pro vedení odvodu vzdušné nádrže, který je příliš těsný. Tento původní otvor se nachází přímo pod zmíněným kombinovaným snímačem. Zvětšený otvor by pak umožnil dostatečný odvod kondenzátu, a tudíž by nemohlo dojít k zaplavení senzoru.

Pro ověření věrohodnosti hodnoty stavu naplnění nádrže redukčním prostředkem lze využít programové aplikace MAN-cats II. V hlavním menu zvolím: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → MONITOROVÁNÍ → ADBLUE®. Bude-li nádrž úplně plná, tzn., že výška hladiny dosahuje svého maxima (70 cm), tak na monitoru se musí objevit hodnota ± 100 %. Neodpovídá-li hodnota v tomto případě 100 %, je vhodné před výměnou snímače nádrž vypustit a naplnit nepoužitým prostředkem AdBlue®. Ze servisní praxe znám případ, kdy nečistoty větších rozměrů v nádrži ovlivňovaly vysílané impulsy ultrazvukového snímače hladiny, čímž docházelo k chybné indikaci stavu naplnění nádrže na přístrojové desce.

4.2.6. ZÁVADY ELEKTROINSTALACE

Závady na kabelových vodičích bývají častým zdrojem poruchových stavů jednotlivých prvků v systému. Kabelové svazky mohou být poškozené, ačkoliv vnější izolace s vlnitým pláštěm vypadá zvenčí nepoškozeně. Obecně lze rozdělit závady elektroinstalace následujícím způsobem:

- ***přerušeni, resp. přechodové elektrické odpory*** (roztažené zdířky konektorů, dozadu odsunutá kontakty nebo zoxidované konektorové spoje)
- ***zkrat na záporný pól***
- ***zkrat na kladný pól***
- ***zkrat se sousedními vodiči***
- ***uvolněné kontakty***
- ***voda, resp. vlhkost v kabelovém svazku***

Kontrolu vodičů lze provádět měřením rezistencí za pomoci multimetru. Další možností je využití osciloskopu. Sledováním průběhu signálu napětí lze velice efektivně odhalit tyto závady. Např. na jednom kanálu budu sledovat průběh napětí těsně na výstupu ze snímače a na druhém průběh napětí na svorkovnici řídicí jednotky. Oba tyto průběhy musí být shodné, není-li tomu tak, vodič je patrně poškozen.

4.3. OSTATNÍ MECHANICKÉ ZÁVADY

Mezi často se vyskytující mechanické závady patří netěsnosti. Na rozdíl od ostatních provozních náplní je odhalování úniků AdBlue® podstatně jednodušší. Je to dáno tím, že po odpaření zůstávají v místech úniku bělavé stopy zkrystalizovaného AdBlue®. Konkrétně na vozidlech MAN se netěsnosti vyskytují nejvíce na šroubeních ocelového vedení mezi dávkovacím modulem a rozstříkovací tryskou. Ačkoli spoj těsní pomocí kuželových dosedacích ploch, k únikům dochází v tomto místě téměř ve všech případech. Hlavní příčina dle mého názoru spočívá ve vzájemné montážní poloze obou součástí. Ta je poměrně komplikovaná a spolu s dynamickými rázy motoru může být hlavním zdrojem těchto problémů. Pokud nedojde k odstranění netěsnosti, krystalické zbytky se na sebe stále více nanášejí až do poměrně velkých krystalických útvarů. Příklad těchto krystalických zbytků znázorňuje obrázek č. 31. Únik v tomto místě může vést až k zablokování ovládání motorové brzdy.



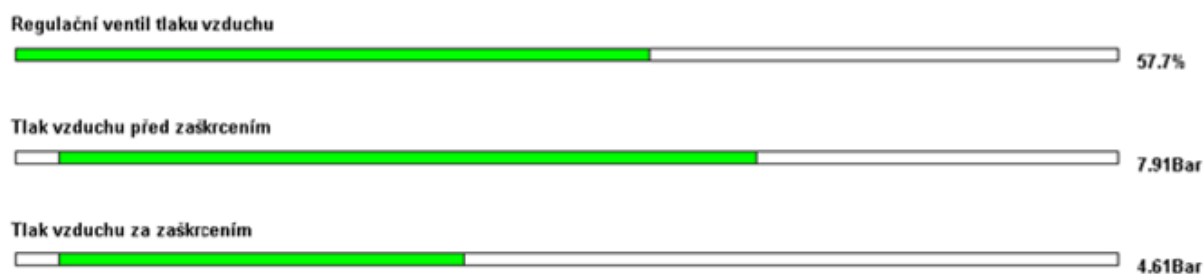
Obrázek 31: Projev netěsnosti vedení AdBlue®



Obrázek 32: Nový a znečištěný předfiltr

Netěsnosti se mohou vyskytovat také na pneumatickém vedení mezi čerpacím a dávkovacím modulem. Únik vzduchu v tomto vedení bude mít za následek nedostatečné pročištění systému, čímž dojde k zanesení dávkovacího modulu, popř. i jeho vedení a rozstříkovací trysky. Odhalování těchto netěsností je ve srovnání s úniky AdBlue®

komplikovanější, neboť se v tomto případě nabízí pouze akustická kontrola. Navíc drobné úniky vzduchu se mohou projevit pouze při běžícím motoru, kdy dochází vlivem vibrací motoru k miniaturním pohybům koncovek pneumatického vedení. Z praxe jsou známé případy, kdy vylomený zajišťovací kroužek takovéto koncovky způsoboval netěsnosti pouze při běžícím motoru. Pro tento účel byla v nabídce MAN-cats II vytvořena aplikace umožňující toto vedení testovat. Pro její aktivaci zvolím v hlavním menu: DIAGNOSTIKA → SYSTÉM ADBLUE® V25, BOSCH → RUTINA → PŘEZKOUŠENÍ VZDUCHOVÝCH VEDENÍ (8 BAR). Sledováním hodnoty tlaku vzduchu za zaškrcením je možné případnou netěsnost odhalit. Tato netěsnost se projeví plynulým poklesem hodnoty tlaku za zaškrcením. Pokud se hodnota nemění, pneumatické vedení je v pořádku.



Obrázek 33: Test pneumatického vedení pomocí MAN-cats II

Kromě netěsností je další častou závadou neprůchodnost vedení. Ta se může vyskytnout na sacím nebo zpětném vedení AdBlue®, výtlačném vedení, nebo na vedení odvzdušnění nádrže. Neprůchodnost sací větve bývá zpravidla způsobena použitím znečištěného redukčního prostředku. K zablokování nejčastěji dochází v místě předřadného filtru umístěného v sacím vedení těsně před čerpacím modulem. Je proto vhodné před započatím opravy týkající se vytváření tlaku AdBlue® zkontrolovat čistotu tohoto filtru. Správná funkce eliminace tlaku v systému je podmíněna průchozím zpětným vedením a vedením odvzdušnění nádrže.

5. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY ZÁVAD NA SYSTÉMU SCR

System selektivní katalytické redukce se používá na těžkých užitkových vozidlech přibližně od roku 2006. Za tuto dobu se jeho využívání stalo běžnou praxí. Jako u všech ostatních systémů ve vozidle, dochází i u systému SCR k poruchám, které je potřeba diagnostikovat a následně je odstraňovat. Závady vztahující se k emisím výfukových plynů nemají v podstatě žádné subjektivně pozorovatelné projevy, proto je správná funkce jednotlivých zařízení monitorována vlastním diagnostickým systémem podle standardu HD-OBD. Ten upravuje předpis ISO 15031-3 a od 1. 10. 2005 je ze zákona povinný pro všechna těžká užitková vozidla s motory splňující EURO IV a vyšší. Vyskytne-li se na tomto systému nějaká závada, je o ní řidič informován prostřednictvím varovné kontrolky MIL. K jejímu rozsvícení dojde v okamžiku, kdy je přerušeno dávkování redukčního prostředku a senzor NO_x zaznamená emise oxidů dusíku větší jak **3,5 g/kWh**. Pokud senzor NO_x zaznamená množství oxidů dusíku větší jak **7 g/kWh**, dojde navíc k omezení točivého momentu motoru. U vozidel s celkovou hmotností větší jak 7,5 tuny, činí toto snížení přesně 40% jmenovitého točivého momentu. Vzniklá závada zůstává v paměti řídicí jednotky po dobu 9600 provozních hodin a není možné ji vymazat. [1]

Jistým specifikem, kterým se tento systém odlišuje od ostatních, je nutnost neustálého doplňování redukčního prostředku AdBlue®. Tento fakt do jisté míry zvyšuje pravděpodobnost poruchy, protože zde hraje jistou roli lidský faktor. Ten se právě velmi často stává příčinou vzniku závad, neboť ne vždy je dodržována správná technologická kázeň zajišťující správnou činnost celého systému. Důležitou úlohu zde zastávají provozní mistři i samotní řidiči, protože na nich je, aby bylo do vozidla doplňováno AdBlue® odpovídající kvality. Ve většině případů dochází k jeho znečištění během manipulace, použitím nevhodné, popř. nějakým způsobem kontaminované nádoby. Kontaminace AdBlue® uhlovodíky představuje asi největší problém, neboť vlivem nabobtnání pryžových prvků se systém stane nefunkčním a je nezbytné vyměnit i čerpací modul. V současné době se čerpací modul dodává jako nerozebíratelný celek, který se musí vyměnit celý. Tato skutečnost představuje velké náklady na opravu, protože jeho prodejní cena se přibližuje částce 100000 Kč. Z tohoto důvodu považují za velice důležité, před započatím samotné opravy, provést test na přítomnost uhlovodíků v AdBlue® a současně provést změření koncentrace roztoku. V ideálním případě je dobré provést test přímo před zákazníkem. Zvláštní význam má tato skutečnost především při uplatňování záruky u výrobce automobilu. Náklady za neuznané garanční opravy pak mohou značně převýšit pomyslné úspory na ceně či kvalitě redukčního

prostředku. Kontrola redukčního prostředku není nijak časově ani finančně náročná a určitě může zabránit v pozdější době případným nesrovnalostem. Na druhou stranu bych chtěl zdůraznit, že i ze strany servisní sítě by mělo být samozřejmostí, že pokud nějakým způsobem manipulují s AdBlue®, musí na to mít odpovídající vybavení. Mám na mysli především čerpadlo s dostatečně velkou zásobní nádrží určené výhradně pro práci s AdBlue®. Vyžaduje-li technologický postup opravy vyčerpání nádrže AdBlue®, je nepřijatelné, aby bylo použito čerpadlo, které se běžně používá pro odčerpávání nádrže s motorovou naftou.

U vozidla, které přijelo do servisního střediska se závadou nefunkčního dávkování prostředku AdBlue®, je nutné načíst paměť závad řídicí jednotky motoru a řídicí jednotky systému SCR. To je hlavní důvod, proč musejí být jednotlivá pracoviště vybavena sériovou diagnostikou. Pro dosažení efektivity při dalším diagnostikování těchto závad, je vhodné mít k dispozici také testovací soupravou pro tento systém a zdířkovou skříň s kabelovým adaptérem. Je nutné si uvědomit, že veškerá přezkoušení vztahující se ke konektoru řídicí jednotky se smějí provádět pouze za pomoci zdířkové skříně a odpovídajícího kabelového adaptéru. Při hledání a odstraňování elektrických závad obecně platí, že bychom se měli přesvědčit o bezchybném napájecím napětí ve vozidle.

Mezi nejčastěji se vyskytující závady patří problémy s vytvořením tlaku AdBlue®. Jak jsem již zmínil, je dobré před započítím opravy provést test kvality AdBlue®. Nepotvrdí-li se kontaminace náplně systému, je vhodné provést kontrolu znečištění předřadného filtru. Vzhledem k jeho výhodné montážní poloze, může být jeho stav nejrychlejším ukazatelem příčiny poruchy tohoto systému. Kromě předřadného čističe může být problém s vytvářením tlaku způsoben také:

- Znečištěným hlavním čističem v čerpacím modulu
- Neprůchodným vedením odvodu nádrže
- Netěsným, popř. neprůchodným sacím vedením mezi nádrží a čerpacím modulem
- Neprůchodným zpětným vedením AdBlue® do nádrže
- Mechanicky zablokovaným odvětrávacím ventilem

Kontrolu jednotlivých prvků je vhodné provádět ve výše uvedeném pořadí. Dojdeme-li vylučovací metodou až k poslední výše uvedené příčině, je zapotřebí provést test dodávaného množství AdBlue® čerpacím modulem, nejlépe napojeným na externí nádobu s AdBlue®. Potvrdí-li se závada čerpacího modulu, je nutné ho vyměnit. Před každou výměnou se doporučuje stáhnout paměť závad celého vozidla dříve, než se provede její vymazání.

Vzhledem k vysoké ceně čerpacího modulu vidím velký problém ve skutečnosti, že v případě pozáručních oprav není doposud zavedeno objednávání nového čerpacího modulu tzv. výměnným způsobem. Tento způsob ukládá povinnost vrátit nefunkční díl zpět výrobci. Přehledné konstrukční uspořádání jednotlivých prvků uvnitř modulu se dle mého názoru přímo nabízí k možnosti jeho opravy. Tím by se nepochybně podařilo ušetřit zákazníkovi nemalé peněžní prostředky.

Po opravě je nutné vymazat kromě paměti závad řídicí jednotky systému SCR i paměť závad systému HD-OBD. Pokud se tak neučiní, kontrolka MIL bude svítit stále. Vstřikování AdBlue® do proudu výfukových plynů je aktivní pouze při větším zatížení motoru. Jediným možným způsobem, jak si ověřit, že skutečně dochází k dávkování, je monitorování množství vstřikovaného AdBlue® během zkušební jízdy – příloha č. 5. Současně lze sledovat také úroveň množství oxidů dusíku ve výfukových plynech. Teplota chladicí kapaliny motoru během zkušební jízdy by měla být vyšší než 70°C, aby byl aktivní systém OBD. Přitom nesmí dojít k rozsvícení kontrolky MIL.

6. ZÁVĚR A POSOUZENÍ DALŠÍCH ŘEŠENÍ V OBLASTI SNIŽOVÁNÍ EMISÍ VZNĚTOVÝCH MOTORŮ

V současné době mohou konstruktéři pro splnění normy EURO V a EURO V + EEV volit ze dvou variant vedoucích k dodržení stanovených limitů. Jednu cestu představuje systém selektivní katalytické redukce a druhou pak inovovaný systém recirkulace výfukových plynů (EGR). Vzhledem ke koncepci systému SCR a s ní spojenými problémy, začínají výrobci nákladních vozidel přecházet k systému EGR. Ten je technicky složitější, ale ve své podstatě bezúdržbový. V celém systému pracují dvě turbodmychadla (nizkotlaké a vysokotlaké) a dále jsou v něm vřazeny dva mezichladiče plnicího vzduchu. Nizkotlaký chladič je umístěn na zadní straně motoru a vysokotlaký na přední straně ve spodní části. Proud a rozdělení stlačovaného vzduchu ovládají dva rychle reagující termostaty. Tímto řešením lze dosáhnout velice účinného chlazení nasávaného vzduchu. Výfukové plyny jsou chlazeny ve výměníku chladicí kapaliny a přiváděny přes EGR ventil do sacího potrubí.

Pro splnění normy EURO VI budou muset být motory zřejmě osazeny kombinací obou dnes využívaných technologií, tzn. EGR i SCR. Dalším důležitým faktorem bude zvýšení vstřikovacích tlaků ze současných 200 MPa až na 240 MPa a vyšší. Těchto tlaků bude možné dosáhnout s využitím hydraulického multiplikátoru.

Předpokládá se, že se zavedením směrnice EURO VI se škodliviny obsažené ve výfukových plynech dostanou již na tak nízkou úroveň, že se pozornost dále obrátí na snižování množství produkovaného CO₂ a tudíž na podstatné snižování spotřeby. Významným krokem se jeví i plánované vyřazování starších vozidel, která významným způsobem znečišťují naše ovzduší. Realizace tohoto opatření se odhaduje na rok 2020. Hlavní směr, kam by se měl trend snižování emisí ubírat, spočívá dle mého názoru ve využití alternativních paliv a hybridních pohonů. Ten už se v současnosti pomalu začíná prosazovat. Patrný je především u městské autobusové dopravy, kdy některé automobilky nabízejí volbu paliva. Motor může být upraven pro provoz na etanol, naftu nebo plyn.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. RITT, H., WURST, L. *EDC7 Common Rail: diagnostika*. AE-04a. München: VASA, 2007, 80 str.
2. PFRIEMER GmbH. *Manwis* [počítačový program, DVD]. Ver. 1.2.2.18. München, 2006. Počítačový program pro servisní partnery MAN, 1,74 GB. Vyžaduje WINDOWS XP a vyšší.
3. VLK, F. *Příslušenství vozidlových motorů*. Brno: VLK, 2002. 338 s. ISBN 80-238-8755-6
4. VLK, F. *Diagnostika motorových vozidel*. Brno: VLK, 2006. 444 s. ISBN 80-239-7064-X
5. CHRENŠČ, V. Praktický pohled na AdBlue®. *AutoEXPERT: časopis profesionálů v opravárenství*, listopad 2008, s. 52–54.
6. ČERNÝ, J. Jak na problémy s AdBlue®. *AutoEXPERT: časopis profesionálů v opravárenství*, červenec/srpen 2008, s. 24–27.
7. ADAMEC, V. a kol. Kompendium ochrany kvality ovzduší, část 5. *Ochrana ovzduší*, duben 2005, příloha.
8. ŠÍPEK, A. *Předběžné hodnocení „šrotovného“ v Evropě je pozitivní*. Sdružení automobilového průmyslu. Praha: 2009. 3 s. Tisková informace č. 30/2009.
9. *Chemické látky* [online]. Budoucnost bez jedů [cit. 2010-03-23]. Dostupné z: <<http://www.bezjedu.arnika.org/chemicke-latky>>
10. *Emission standard* [online]. Wikipedia. 2. 3. 2010 [cit. 2010-03-11]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Emission_standard>
11. *NOVAKOIL, AdBlue®* [online]. [cit. 2010-02-21]. Dostupné z: <<http://www.novakoil.cz/data/AdBlue®.pdf>>

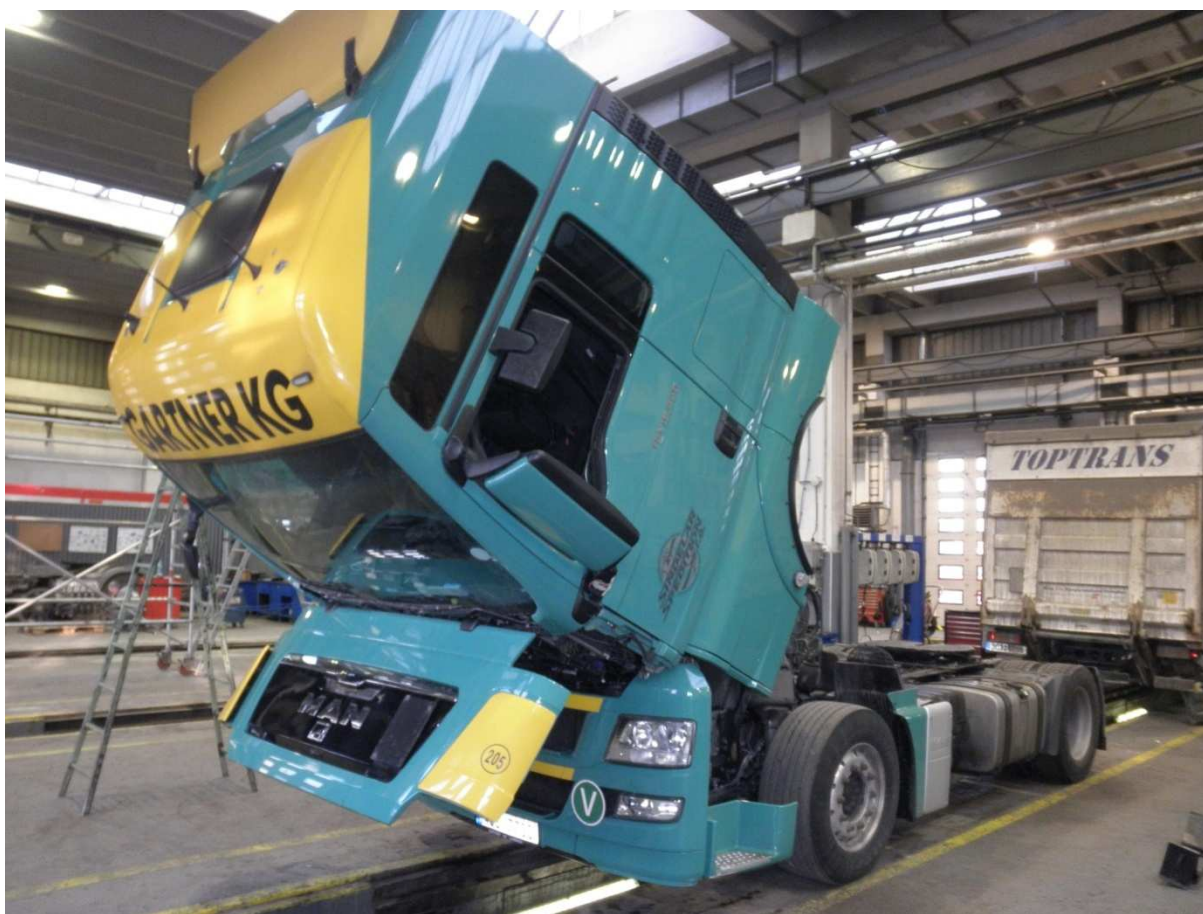
SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vyobrazení molekul (CO, CO ₂ , NO, NO ₂)	9
Obrázek 2: Logo EEV	13
Obrázek 3: Schéma principu selektivní katalytické redukce	18
Obrázek 4: Strukturní vzorec močoviny	19
Obrázek 5: 10 l kanystř	21
Obrázek 7: IBC kontejner (1000 l)	21
Obrázek 8: Výdejní jednotka AdBlue® pro veřejný výdej.....	21
Obrázek 9: Základní schéma konstrukčního provedení MAN AdBlue®	23
Obrázek 10: Konstrukční uspořádání na vozidle.....	24
Obrázek 11: Kombinovaná nádrž MAN.....	24
Obrázek 12: Snímač hladiny AdBlue®	25
Obrázek 13: Ventil vyhřívání nádrže	25
Obrázek 15: Čerpací modul.....	27
Obrázek 16: Dávkovací modul	28
Obrázek 16: Rozstřikovací tryska	28
Obrázek 17: Tlumič výfuku s katalyzátory	29
Obrázek 18: Detail zvětšení průřezu pryžového těsnění	32
Obrázek 19: Stupnice refraktometru	33
Obrázek 20: Ruční refraktometr.....	33
Obrázek 21: Vzorek znečištěný naftou.....	35
Obrázek 22: Vzorek znečištěný olejem.....	35
Obrázek 23: Kontrolka MIL.....	37
Obrázek 24: Diagnostický tester MAN-cats II připojený ve vozidle MAN TGX.....	38
Obrázek 25: Multimetr M92A se zdířkovou skříní EDC	39
Obrázek 27: Ilustrace z měření za pomoci zdířkové skříně.....	40
Obrázek 28: Ilustrace z měření čerpacího výkonu modulu	42
Obrázek 29: Ilustrace z měření rezistence dávkovacího modulu	45
Obrázek 30: Monitorování teploty výfukových plynů pomocí MAN-cats II.....	47
Obrázek 31: Projev netěsnosti vedení AdBlue®	49
Obrázek 32: Nový a znečištěný předfiltr.....	49
Obrázek 33: Test pneumatického vedení pomocí MAN-cats II.....	50

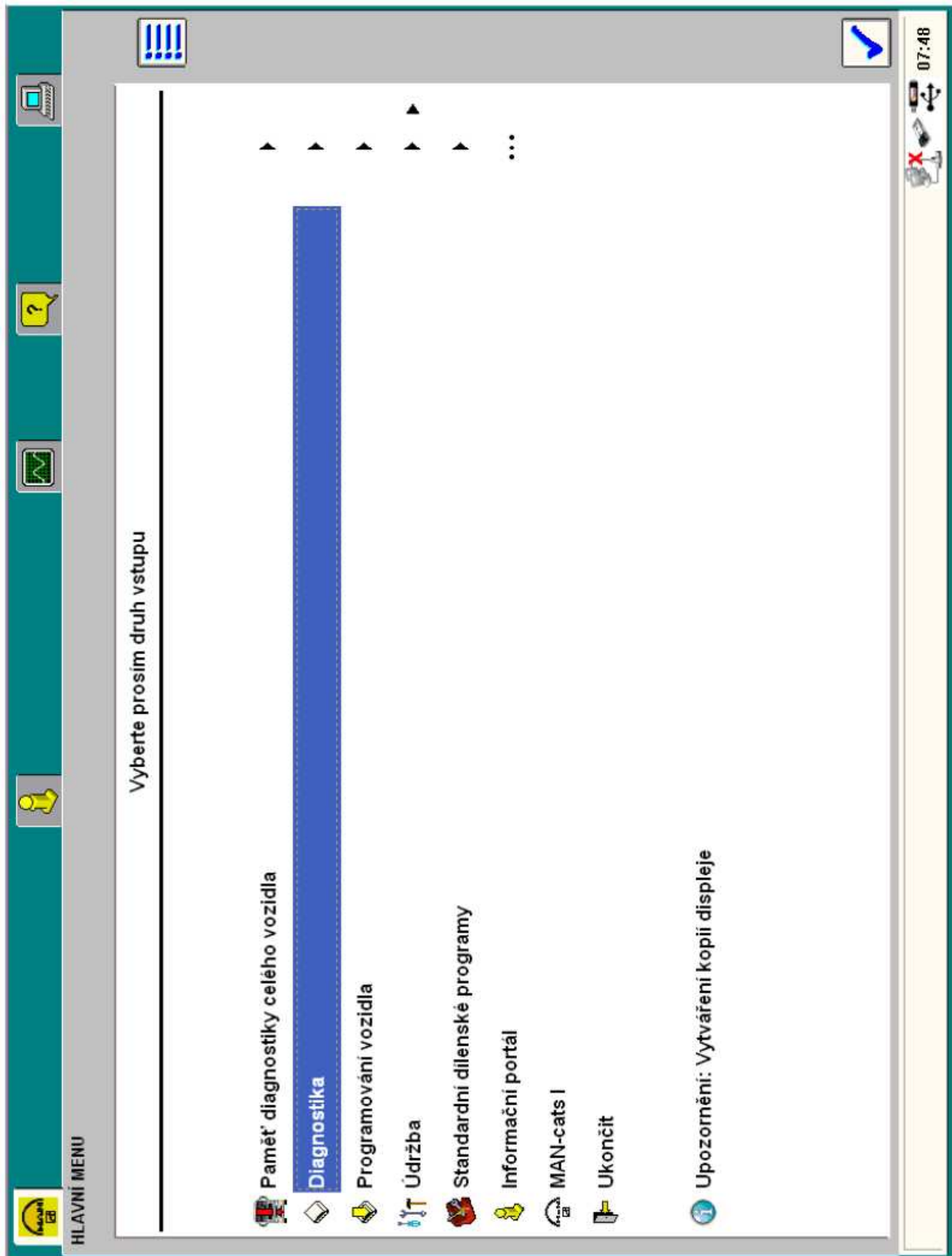
SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1: Zapůjčené vozidlo MAN TGX
- Příloha 2: Hlavní nabídka aplikace MAN-cats II
- Příloha 3: Chybová paměť řídicí jednotky systému SCR - ukázka
- Příloha 4: Aplikace pro vyprázdnění okruhu AdBlue®
- Příloha 5: Monitorování dávkování redukčního prostředku během jízdní zkoušky
- Příloha 6: Konstrukční provedení čerpacího modulu

Příloha 1: Zapůjčené vozidlo MAN TGX



Příloha 2: Hlavní nabídka aplikace MAN-cats II



Příloha 3: Chybová paměť řídicí jednotky systému SCR - ukázka

Paměť diagnostiky celého vozidla

Přehled chyb

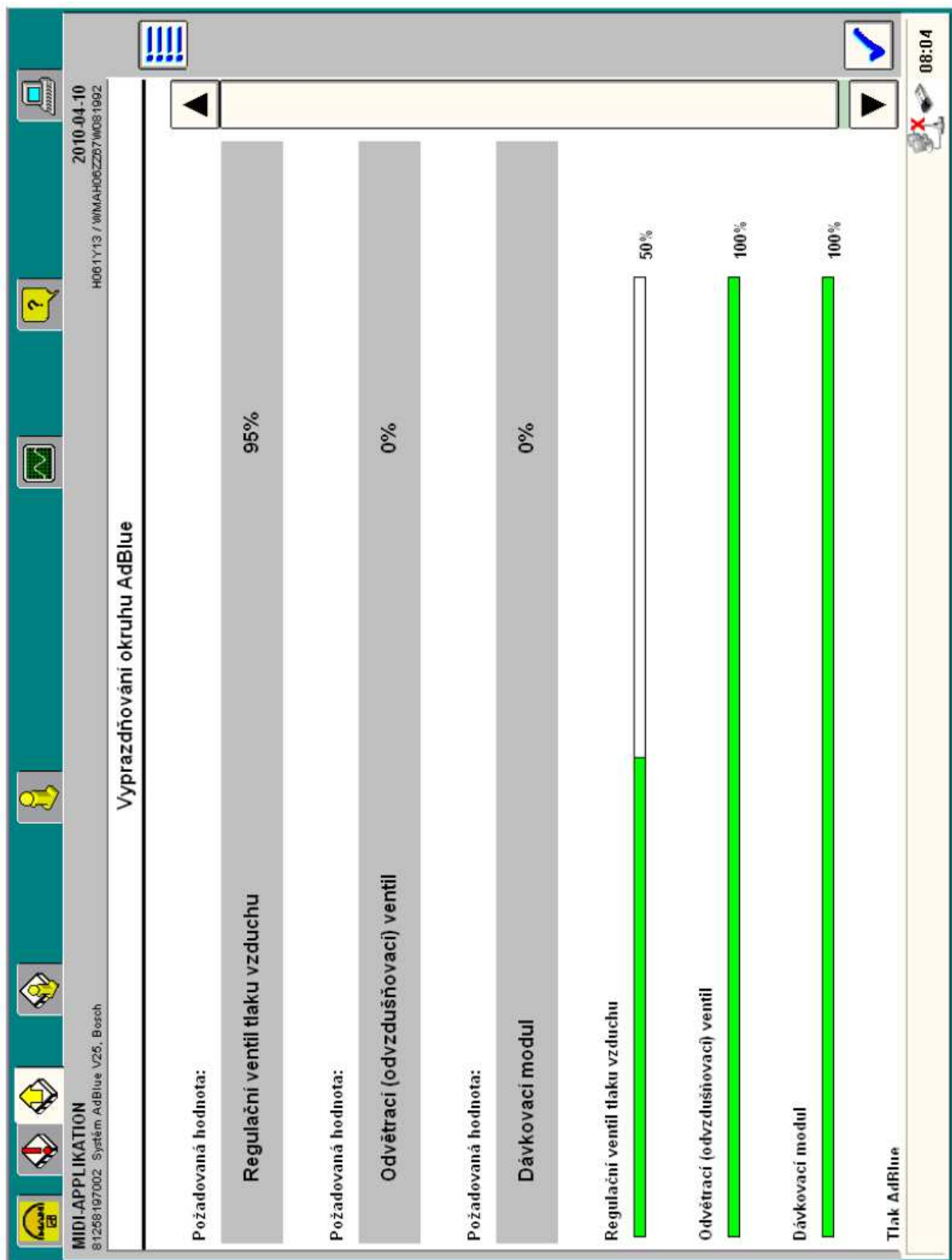
AdBlue System: 5530

Číslo podvozku	WMA13XZZ19M541217	Stav
SPN	Označení	Stav
5530	překročení mezní hodnoty 1 NOx, příčina neznámá	<input type="radio"/>
5521	Skupina dlouhodobých chyb: překročení hodnot NOx, příčina neznámá	<input checked="" type="radio"/>
5631	Neznámý kód chyby	<input checked="" type="radio"/>
5023	Ucpaná cesta vzduchu (tryska, dávkovací ventil nebo vzduchové vedení) nebo vzduchová netěsnost za čerpacím modulem	<input type="radio"/>
5520	Skupina dlouhodobých chyb: dávkování přerušené	<input checked="" type="radio"/>

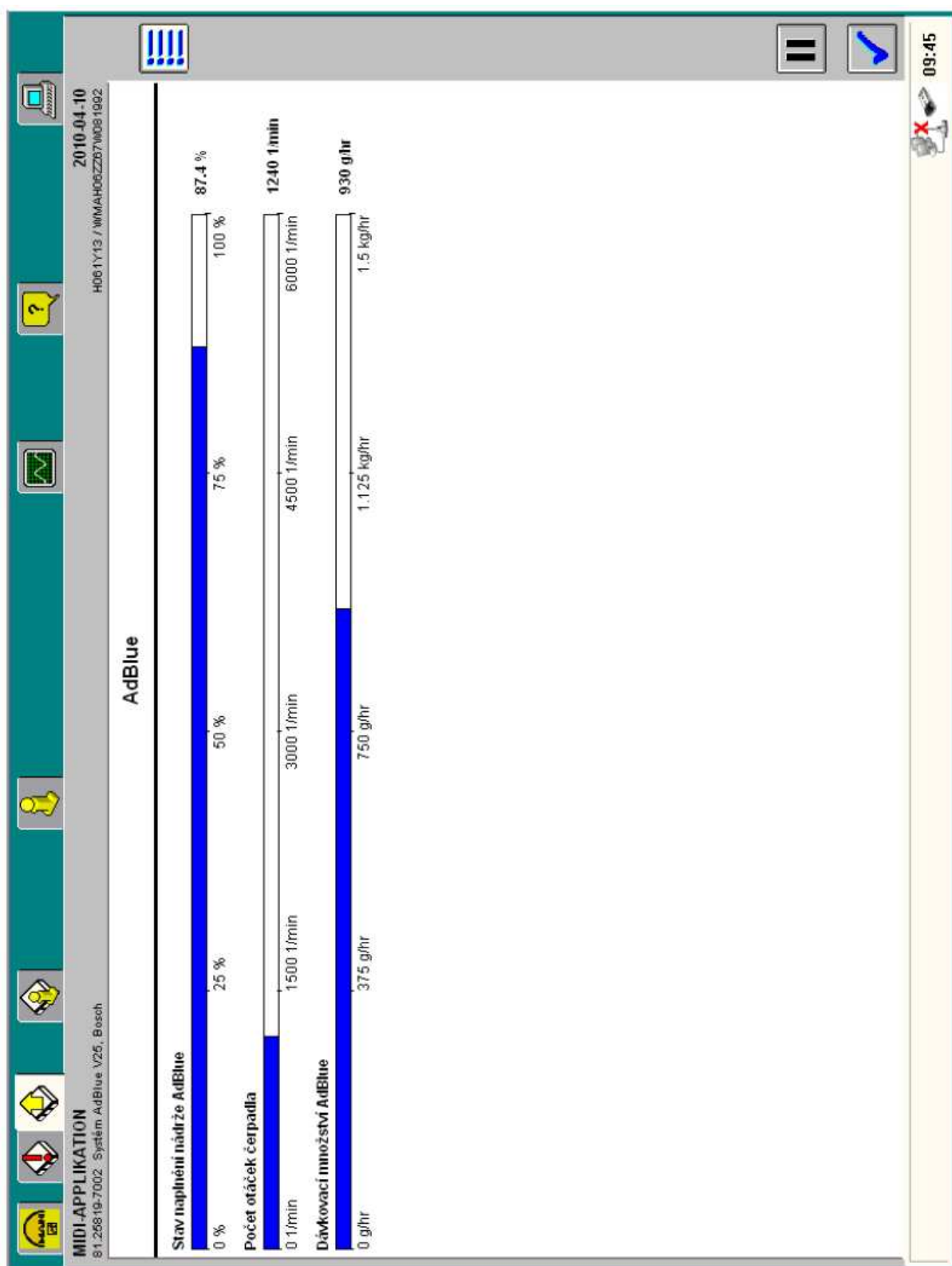
Stav paměti	Bez chyby
Stav chyby	FMI 1: příliš vysoký
Čítač četnosti	57
Priorita	5
1. časové razítko	05.15.27 - 17.07.2009
Okamžik	44791 km
Počet ujetých kilometrů	704mBar
SPN 5110	SPN 5111
Tlak AdBlue	Tlakový vzduch před zaškrcením
SPN 5112	SPN 5112
Tlakový vzduch před zaškrcením	otáčky motoru
SPN 5113	SPN 5113
Dávkové množství	SPN 5114
SPN 5114	Stav
2. časové razítko	09.11.56 - 13.11.2009
Okamžik	00746 km

07:57

Příloha 4: Aplikace pro vyprázdnění okruhu AdBlue®



Příloha 5: Monitorování dávkování redukčního prostředku během jízdní zkoušky



Příloha 6: Konstrukční provedení čerpacího modulu

