



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

EMISNÍ NORMY PRO MOTOROVÁ VOZIDLA A MĚŘENÍ EMISÍ

EMISSION STANDARDS FOR IC-ENGINE VEHICLES AND EMISSION TEST SYSTEMS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

TOMÁŠ NÁHLÍK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. JOSEF ŠTĚTINA, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomáš Náhlík

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Emission norms for motorová vozidla a měření emisí

v anglickém jazyce:

Emission standards for IC-engine vehicles and emission test systems

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Emise spalovacích motorů výrazně ovlivňují životní prostředí, proto je snaha je regulovat a postupně zpřísnovat. Cílem práce je udělat přehled platných předpisů a jejich výhled do budoucnosti jak pro zážehové, tak i vznětové motory. Cílem je popsat i metody měření, tj. ověřování plnění emisních norem.

Cíle bakalářské práce:

Bakalářská práce by měla obsahovat: (odpovídá názvům jednotlivých kapitol v práci)

1. Úvod
2. Princip vzniku a složení výfukových plynů
3. Přehled současného stavu poznání, vývoj emisních předpisů
4. Aktuálně platné a budoucí emisní předpisy
5. Měření a ověřování plnění emisních předpisů
6. Závěr a další vývoj problematiky emisí
7. Seznam použitých zdrojů
8. Seznam zkratk a použitých veličin

Forma práce:

Text práce v rozsahu 20 až 30 stran, obrázky, tabulky

Seznam odborné literatury:

- [1] Atkins R.D. , An Introduction to Engine Testing and Development SAE Permissions 2009
- [2] VLK F., Zkoušení a diagnostika motorových vozidel, Vlk nakladatelství, 1. vydání, Brno 2001.

[3] Vlk František, Elektronické systémy motorových vozidel 1. Řízení motoru, Snímání dat, Vstříkovací systémy, Řízení převodovek, EOBD. Prof.Ing. František Vlk, DrSc. Nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002.

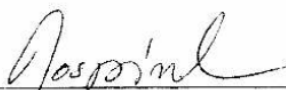
[4] Vlk František, Elektronické systémy motorových vozidel 2.regulace a řízení podvozku, Systémy ABS/ASR, EPS, Komfortní systémy, Zádržné systémy

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.


Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně dne 27. 11. 2014





doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o problematice emisních norem a měření emisí u soudobých motorových vozidel. V úvodu je čtenář seznámen s důvodem, proč je vlastně nutné tuto problematiku řešit a jaké jsou hlavní nežádoucí složky emisí motorových vozidel. Zmíněny jsou též účinky těchto složek na lidské zdraví a životní prostředí. Výklad pokračuje výpisem již historických a samozřejmě i současných emisních norem, a to jak na území Evropské unie, tak i ve světě. Celý výklad je zakončen přehledem měřících metod, zkoušek a zkušební techniky se zaměřením na emise motorových vozidel.

KLÍČOVÁ SLOVA

Spalovací proces, emise škodlivin, EURO norma, emisní zkouška, čtyřsložkový analyzátor a opacimetr

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the issue of emission standards and emission measurements with contemporary motor vehicles. Introduction acquaints reader with the reason it is actually necessary to address this issue and what are the main negative components of emissions by motor vehicles. Effects of such components on human health and the environment are also included. List of historic and of course current emission standards both from within the European Union and globally follows. The thesis concludes with an overview of analytic methods, tests and test techniques focused on emissions by motor vehicles.

KEYWORDS

Combustion process, emission of pollutants, EURO standard, emission test, automotive emission analyser and opacimeter

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

NÁHLÍK, T. *Emisní normy pro motorová vozidla a měření emisí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 61 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma Emisní normy pro motorová vozidla a měření emisí vypracoval samostatně, a to s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je dostupný na konci této práce.

V Brně dne

.....

Tomáš Náhlík

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval panu doc. Ing. Josefu Štětinovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady k této práci. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu při studiu.

OBSAH

| | |
|--|----|
| 1 ÚVOD..... | 11 |
| 2 PRINCIP VZNIKU A SLOŽENÍ VÝFUKOVÝCH PLYNŮ..... | 13 |
| 2.1 Oxid uhelnatý (CO) | 14 |
| 2.2 Oxid uhličitý (CO ₂)..... | 15 |
| 2.3 Uhlovodíky (HC)..... | 15 |
| 2.4 Oxidy dusíku (NO _x) | 15 |
| 2.5 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) | 16 |
| 2.6 Oxidy síry (SO _x) | 16 |
| 2.7 Sirovodík (H ₂ S)..... | 16 |
| 2.8 Čpavek (NH ₃)..... | 16 |
| 2.9 Pevné částice, saze (PM)..... | 17 |
| 2.10 Jemný prach..... | 17 |
| 2.11 Olovo (Pb)..... | 17 |
| 2.12 Voda (H ₂ O) | 17 |
| 3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ, VÝVOJ..... | 19 |
| EMISNÍCH PŘEDPISŮ | 19 |
| 3.1 Pohled do obecné historie emisí motorových vozidel | 19 |
| 3.2 Vývoj emisních předpisů v Evropě | 19 |
| 3.3 Vývoj emisních předpisů v USA a Kalifornii | 20 |
| 3.4 Vývoj emisních předpisů v Japonsku | 22 |
| 3.5 Vývoj emisních předpisů v ostatních částech světa..... | 23 |
| 4 AKTUÁLNĚ PLATNÉ A BUDOUCÍ EMISNÍ PŘEDPISY | 27 |
| 4.1 Současné emisní předpisy ve světě..... | 27 |
| 4.2 Současné a budoucí emisní předpisy v Evropě | 29 |
| 4.2.1 Emisní normy EURO 1 a EURO 2 | 30 |
| 4.2.2 Emisní normy EURO 3 a EURO 4 | 32 |
| 4.2.3 Emisní norma EURO 5 | 33 |
| 4.2.4 Emisní norma EURO 6 | 35 |
| 5 MĚŘENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PLNĚNÍ EMISNÍCH PŘEDPISŮ | 37 |
| 5.1 Měření emisí u vozidel dle předpisu EHK 83 | 38 |
| 5.1.1 Zkouška typu I | 38 |
| 5.1.2 Zkouška typu II..... | 40 |
| 5.1.3 Zkouška typu III..... | 40 |
| 5.1.4 Zkouška typu IV | 40 |
| 5.1.5 Zkouška typu V..... | 40 |

| | |
|---|----|
| 5.1.6 Zkouška typu VI | 41 |
| 5.1.7 Zkouška OBD | 41 |
| 5.2 Měření emisí u vozidel dle předpisu EHK 49 | 42 |
| 5.2.1 Zkušební cyklus s neustálenými stavy (WHTC) | 43 |
| 5.2.2 Zkušební cyklus s ustálenými stavy a lineárními přechody (WHSC) | 44 |
| 5.3 Metody analýz výfukových plynů | 46 |
| 5.3.1 Metoda CVS (Constant Volume Sampling) | 46 |
| 5.3.2 Metoda FID (Flame Ionisation Detection) | 47 |
| 5.3.3 Metoda NDIR (Non Dispersive Infra Red) | 47 |
| 5.3.4 Metoda měření množství částic | 48 |
| 5.3.5 Metody pro měření obsahu kyslíku | 48 |
| 5.4 Měřicí technika | 49 |
| 5.4.1 Čtyřsložkové analyzátory emisí | 50 |
| 5.4.2 Analyzátory kouřivosti (opacimetry) | 52 |
| 5.4.3 Modulární měřicí stanice | 53 |
| 6 ZÁVĚR A DALŠÍ VÝVOJ PROBLEMATIKY EMISÍ | 55 |
| 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 57 |
| 8 SEZNAM ZKRATEK A POUŽITÝCH VELIČIN | 59 |
| 8.1 Použité zkratky | 59 |
| 8.2 Použité veličiny | 61 |

1 ÚVOD

Automobilový průmysl během poslední doby zaznamenal obrovský pokrok v použité technice. Řady inovací bylo použito zejména v oblasti bezpečnosti vozidel v silničním provozu a dále v oblasti vývoje spalovacích motorů (dále jen motorů), jakožto stále nejčastější pohonné jednotky soudobých motorových vozidel (dále jen vozidel).

Zatímco oblast bezpečnosti vozidel se především věnuje tzv. aktivní a pasivní bezpečnosti a nově též různým elektronickým asistentům, oblast vývoje motorů se ubírá především směrem zvyšování výkonu motoru při snižování jeho zdvihového objemu (downsizing). Jak zvyšování výkonu prostřednictvím přeplňování, tak celková minimalizace velikosti motoru je správnou a moderní cestou k hospodárnému provozu vozidla, což je provoz s minimální spotřebou paliva a minimálním dopadem na okolí.

Právě dopady na okolí (člověk a životní prostředí), ve spojitosti s provozem vozidla, nás budou v předkládané práci zajímat. Budeme zde hovořit o problematice vzniku a popisu jednotlivých složek výfukových plynů, což jsou plyny, které tvoří celá řada různě nebezpečných látek označovaných souhrnně jako emise. Uvedeme zde způsoby, kterými se emise měří, jak se vyhodnocují a podle kterých norem a předpisů se tato technická oblast řídí.

Aby bylo už od začátku jasné, kam zmíněné části této práce zařadit, uvedeme následující schematický řetězec, který nám situaci objasní svými tučně zvýrazněnými členy.

Vstup paliva do motoru → spalovací proces → **vznik emisí** → **počáteční analýza** → **vytvoření emisních norem** → **měření a ověření plnění daných limitů** → výstup pro další úpravy (konstrukce motoru, zařízení pro snížení emisí, ...).

Řetězec je to ve skutečnosti iterační (uveden zjednodušeně), a tak jsou jeho členy mezi sebou daleko více provázány. Například, pokud nevyhoví množství emisí u nového motoru, musí se třeba optimalizovat spalovací proces a toho je zase dosaženo jen díky úpravě konstrukce motoru. Pokud zmíníme emisní normy, tak i ty jsou nejprve vytvářeny velmi zhruba. Nejdříve je na základě experimentů nutno získat vstupní data pro formulaci a následné řešení zadaného problému, pak následuje finální „dodání“ norem na míru stanovenou příslušnými předpisy.

Už zde, na začátku, si musíme uvědomit, že zdrojem škodlivých emisí není u vozidel pouze motor, resp. spalovací proces, který se v něm odehrává, ale zdrojem emisí jsou i jiné části vozidla (tzv. sekundární zdroje emisí).

Prvním sekundárním zdrojem je například část emisí vzniklá v palivové soustavě vozidla. Přestože je požadavek na „100 %“ těsnost této soustavy, dochází k mírnému výparu těkavých složek paliva. Částečně lze tento výpar potlačit např. nádobkou s aktivním uhlím a regeneračním ventilem.

Druhým sekundárním zdrojem emisí vozidel mohou být kromě prachových částic obsažených v samotných výfukových plynech i jiné druhy prachu, které vznikají při jízdě vozidla (prach z brzdového obložení či třecí spojky, ...). Celkový počet sekundárních zdrojů emisí může být dle povahy konstrukce vozidla i větší.

Můžeme tedy konstatovat, že snižování emisí vozidel může být dnes úspěšně prováděno pouze spolu s komplexním vývojem většiny částí vozidla a dále používáním kvalitních bezolovnatých paliv se sníženým obsahem síry. Jen tímto postupem bylo dosaženo, že dnes vypouští více než 20 vozidel méně škodlivin, než před 40 lety vozidlo jediné. Bez zavedení patřičných předpisů, které omezují škodlivé emise, by se lidé při dnešní hustotě dopravy dusili, možná i udusili ve smogu a nebezpečných plynech a životní prostředí by bylo v daleko horším stavu, než je známe dnes. Bohužel, ne ve všech částech světa jsou tyto předpisy na takové úrovni, jak by si dnešní doba a hlavně životní prostředí žádalo.

Na závěr úvodní kapitoly uvedeme v tab. 1.1 zajímavé srovnání 90-ti letého vývoje motorů. Toto srovnání se týká motorů od jednoho výrobce a je přitom zaměřeno zejména na produkci emisí. Motor z roku 1913 patřil tehdejšímu závodnímu automobilu a motor z roku 1992 je již ze sériové výroby osobních automobilů. Pro lepší vypovídací schopnost je též zařazen motor z roku 2005, který má již moderní přímé vstřikování paliva.

Motor z roku 1913 nemá přiřazenou emisní normu, protože množství emisí, které produkoval, nebylo možné současnými přísně nastavenými přístroji změřit.

Tab. 1.1 – Porovnání historického vývoje spalovacích motorů [1]

| Porovnání 90 let motorové techniky | | | |
|--|--|--|--|
| Hodnocená veličina | Motor závod. automobilu 1913 | Sériový motor 1992 | Sériový motor 2005 |
| Typ motoru | zážehový 4válec, 4dobý | zážehový 4válec, 4dobý | zážehový 4válec, 4dobý |
| Ventilů na válec | 4 ventily | 4 ventily | 4 ventily |
| Tvorba směsi | karburátor | vícebodové vstřikování | přímé vstřikování |
| Zdvih (H) a vrtání (B) | H = 160 mm B = 94 mm | H = 86 mm B = 86 mm | H = 94,6 mm B = 86 mm |
| Zdvih/vrtání | 1,7 | 1 | 1,1 |
| Zdvihový objem | 4 441 ccm | 1 998 ccm | 1 998 ccm |
| Kompresní poměr ϵ | 1:5,1 | 1:10,5 | 1:12 |
| Max. výkon kW/k při otáčkách | 60 kW/82 k při 2 800 min ⁻¹ | 110 kW/150 k při 6 000 min ⁻¹ | 114 kW/155 k při 6 000 min ⁻¹ |
| Max. moment při otáčkách | 240 Nm při 1 700 min ⁻¹ | 196 Nm při 4 800 min ⁻¹ | 220 Nm při 3 800 min ⁻¹ |
| Min. specifická spotřeba paliva b_e | 400 g/kWh | 232 g/kWh | < 220 g/kWh |
| Max. spotřeba paliva | cca 30... 40 l na 100 km | cca 12... 14 l na 100 km | cca 6,5... 12,9 l na 100 km |
| Efektivní střední tlak p_e | 0,72 MPa | 1,34 MPa | 1,37 MPa |
| Max. spalovací tlak p_{max} | 1,6 MPa | 7,71 MPa | 8,0 MPa |
| Norma pro emise výfukových plynů | mimo horní konec stupnice | norma US 93, EURO 2 | EURO 4 |
| Hmotnost motoru (bez náplní) | 220 kg | 120 kg | 115 kg |
| Zrychlení 0... 100 km/h * | 20 sekund | 8,5 sekundy | 9,8 sekundy |
| Nejvyšší rychlost * | 150 km/h | 223 km/h | 210 km/h |
| * Zrychlení a nejvyšší rychlost závisí také na uspořádání převodovky a převodech při přenosu sil, jakož i na adhezi pneumatik. | | | |

2 PRINCIP VZNIKU A SLOŽENÍ VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

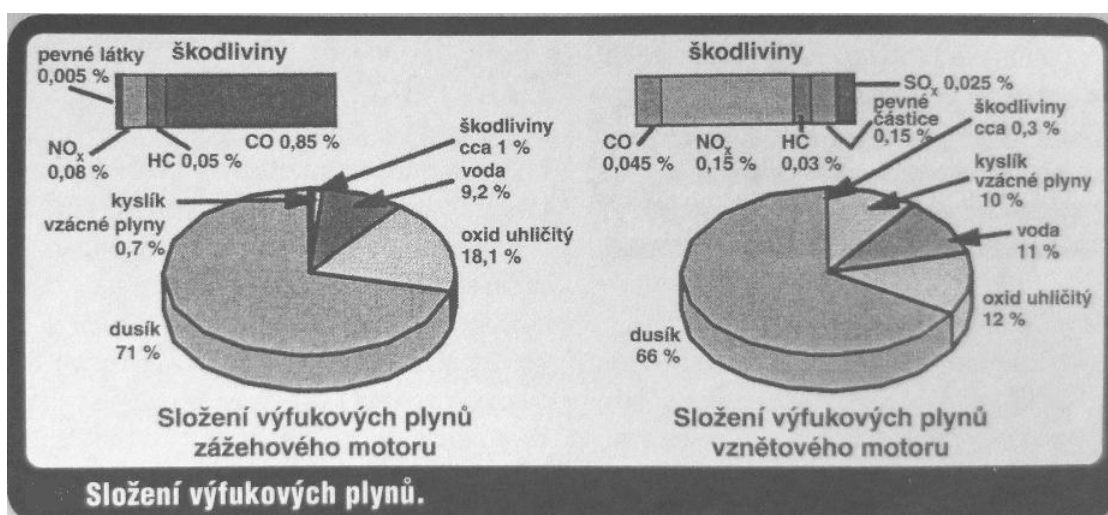
V této kapitole se seznámíme se základním mechanismem vzniku emisí a uvedeme si také jejich nejčastější druhy, jež se vyskytují ve výfukových plynech motorových vozidel (dále jen vozidel). Znalost této kapitoly nám umožní pochopit řadu důležitých věcí týkajících se oblasti emisí spalovacích motorů (dále jen motorů), zejména co se týká oblasti ochrany lidského zdraví a životního prostředí. Dozvíme se zde tedy o dopadech emisí na životní prostředí a jejich účincích na lidské zdraví.

Jako při každé lidské činnosti, tak i při provozu vozidla vznikají různé nežádoucí látky a sloučeniny jako výsledek různých chemických reakcí.

Zdroje emisí můžeme obecně rozdělit na:

- **primární** (vlastní spalovací motor, odvětrávání palivové nádrže)
- **sekundární** (brzdy, spojka, katalyzátor a jiné části vozidla)

Z tohoto rozdělení se může zdát, že nemá moc velký význam se zabývat sekundárními zdroji emisí a stačí pouze sledovat emise produkované motorem. Opak je ale pravdou, a tak i sekundární zdroje jsou čím dál tím více sledovány zkušebními technikami a vědeckými pracovníky odboru emisí v rámci schvalování technické způsobilosti vozidel. Například při běžné jízdě vozidla dochází i k uvolňování prachu z brzdového obložení, z obložení třecí spojky (částice obsahující olovo, měď a antimon), z pneumatik a dochází třeba i k erozi katalyzátoru (je-li použit). Pokud budeme konkrétní, tak třeba při erozi katalyzátoru dochází k uvolňování platiny, paladia, rhodia a dalších prvků v něm obsažených. Běžnou korozi komponent vozidla se uvolňují další prachové částice. Vidíme tedy, že i sekundární zdroje emisí mají svůj nezanedbatelný podíl na celkovém dopadu na životní prostředí i lidské zdraví.



Obř. 2.1 – Složení výfukových plynů produkovaných spalovacím motorem [1]

Nyní už přejdeme k podrobnějšímu popisu primárního zdroje emisí a to motoru, který produkuje celou řadu emisí různého stupně škodlivosti a všech skupenství.

„Výfukové plyny motorových vozidel jsou směsí chemických látek, jejichž složení závisí na druhu paliva, typu a stavu motoru a případném užití zařízení na snížení emisí (filtrů u aut na naftu nebo katalyzátorů u aut na benzín).” [2]

Převážná část výfukových plynů není jedovatá (některé látky jsou běžně přítomné ve vzduchu), ale i přes tento fakt je jejich zbývající část velmi nebezpečná jak pro zdraví lidí, tak pro životní prostředí, viz obr. 2.1. Hustota dopravy v dnešní době způsobuje, že i minimální množství této nebezpečné části emisí se projeví.

„Škodliviny vzniklé provozem pístových spalovacích motorů lze dělit dle působení na:

- **chemické**, tj. látky jedovaté – toxické (škodlivě působí na živé organismy jejich přímým poškozením) a **mutagenní** (schopné vyvolat nežádoucí změny genetického kódu pro reprodukci buněk, zejm. karcinogeny, vyvolávající zhoubné bujení); jde především o plynné, z části i pevné složky výfukových plynů (pevné složky mohou působit na živé tkáně i mechanickým podrážděním – jako např. saze, azbest atd.). Pevné složky mohou navíc obsahovat kondenzované kapalné škodliviny;
- **škodlivé mechanickou energií**, především hluk a vibrace;
- **škodlivé tepelnou energií** (odpadní teplo) a emisí tzv. skleníkových plynů.” [3]

Mechanismem vzniku škodlivin v motoru je spalovací proces. Spalovací proces je na popis velmi složitý děj, neboť v každém okamžiku je ovlivňován celou řadou faktorů. Podstatou spalovacího procesu je oxidační proces, kdy na hořlavé složky paliva (benzín, nafta, ...) působí oxidační prostředí tvořené okolním vzduchem. Za ideálních podmínek spalování jsou výchozí hořlavé složky paliva (uhlík, vodík, příp. síra) přeměněny v produkty, kterými jsou pouze oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O).

Protože ideálních podmínek v praxi dosáhnout nikdy nelze, vznikají i jiné látky než oxid uhličitý a voda. Těmito látkami jsou uhlovodíky (HC), oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x) a další, jelikož reálný motor spaluje částečně i mazací olej. Detailní popis jednotlivých složek nedokonalého spalování i s jejich důsledky provedeme níže.

2.1 Oxid uhelnatý (CO)

„Oxid uhelnatý vzniká vždy při spalování s nedostatkem kyslíku a neúplném spalování.” [1]

Jedná se o hořlavý bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který je prudce jedovatý. Jeho nebezpečnost pro člověka spočívá v tom, že se váže na krevní barvivo mnohem lépe, než kyslík a paralyzuje tak oběhový a nervový systém.

Člověk vystavený vyšší koncentraci tohoto plynu brzy ztrácí vědomí a posléze umírá udušením. Smrtná koncentrace CO je už od 0,3 obj. % ve vdechovaném vzduchu. Jeho produkce je u vozidla se zážehovým motorem největší při volnoběhu a při nízkých teplotách. U vozidel se vznětovým motorem vzniká velmi málo tohoto plynu, protože motor pracuje s přebytkem vzduchu. Ve městech tvoří až 95 % všech vyprodukovaných emisí.

Koncentrace tohoto plynu může v místech s hustým provozem vystoupit až na hodnotu 100 mg/m^3 . Předpokládá se, že doba jeho výskytu ve vzduchu do rozpadu je $36 \div 110$ dní. Jeho fotochemické reakce s jinými látkami v atmosféře způsobují vznik tzv. fotochemického smogu. Přeměnou (oxidací) na CO_2 vede ke vzniku skleníkového efektu (oteplování Země).

2.2 Oxid uhličitý (CO_2)

Jedná se o bezbarvý nehořlavý plyn bez zápachu, který je cca $1,5 \times$ těžší než vzduch. Při nadýchání způsobuje v menších koncentracích bolest hlavy, závratě apod., při vyšších koncentracích může člověk zemřít na udušení. Oxid uhličitý je produktem dokonalého spalování za dostatku vzduchu a jak bylo uvedeno u CO, je také skleníkovým plynem.

U dnešních vozidel je údaj o produkci CO_2 běžnou přílohou technických dat, ovšem dále uvedené emisní normy EURO jeho množství nijak neomezuje.

2.3 Uhlovodíky (HC)

„Důvodem vzniku HC je vždy nedokonalé spalování, nedostatek kyslíku při spalování a v případě velmi chudých směsí pomalý a málo aktivní průběh spalování.“ [1]

Mezi uhlovodíky patří zejména parafíny, olefiny, aromáty, aldehydy a ketony. Jsou to vlastně emise vzniklé buď nespálením či pouze částečným spálením uhlovodíkového paliva vyrobeného z ropy (benzín, nafta, ...). Tyto chemické sloučeniny působí zejména dráždivě na dýchací cesty a některé mají navíc karcinogenní a mutagenní účinky (prokázáno u více než 20 typů). Nejvíce nebezpečný uhlovodík je benzol, který způsobuje změny krevního obrazu a rakovinu krve.

2.4 Oxidy dusíku (NO_x)

„Nejpříznivějšími podmínkami pro vznik oxidů dusíku jsou vysoké teploty spalování v oblasti chudých směsí. Využitím systémů recirkulace výfukových plynů je možné podíl oxidů dusíku ve výfukových plynech snížit (snížení intenzity spalování, a tedy i teplot spalování).“ [1]

Tyto oxidy vznikají, jak bylo výše uvedeno, při vysokých teplotách, kdy dochází k aktivaci dusíku ve spalované směsi a jeho reakci s kyslíkem (NO , NO_2 , N_2O a N_2O_5). Oxidy dusíku působí na lidské zdraví jako jed a způsobují rakovinu. Na životní prostředí mají negativní vliv formou kyselých dešťů a smogem. Nejvíce sledovaným problematickým zástupcem je oxid dusičitý NO_2 , což je červeno-hnědý dráždivý plyn, který se rád slučuje s krevním barvivem. V budoucích normách pro emise se počítá s jeho samostatným měřením a vyhodnocováním. Motorová vozidla způsobují až 55 % veškerých vyprodukovaných emisí oxidů dusíku. Pro snížení oxidů dusíku byly vytvořeny systémy recirkulace spalín (např. EGR ventily).

2.5 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Jako čisté sloučeniny mají bílou nebo nažloutlou barvu a jsou to krystalické látky. Nerozpouštějí se ve vodě, ale v tucích a olejích se rozpustí. Vyskytují se při spalování téměř všech uhlikatých paliv, tedy i benzínu a motorové nafty. Při spalovacím procesu se ukládají zejména do pevných produktů hoření, tj. prachu a sazí a s nimi odchází do ovzduší. Jejich účinek na lidské zdraví je rakovinotvorný, vyvolávají poruchy dědičných vlastností a reprodukce. Mezi zástupce této skupiny patří např. naftalen a pyren.

2.6 Oxidy síry (SO_x)

„Snížení emisí oxidu siřičitého se dosahuje omezením obsahu síry v pohonných hmotách. Cílem je palivo úplně bez síry.”[1]

Oxidy síry vznikají během spalovacího procesu uhlovodíkových paliv, jež obsahují nežádoucí síru. Nejsledovanějším zástupcem je SO_2 , což je bezbarvý nehořlavý a ve vodě rozpustný štiplavý plyn. Při spalování kapalných paliv tvoří až téměř 100 % veškerých siřných oxidů. Na lidské zdraví působí především dráždivě na dýchací systém a způsobuje bolesti hlavy. Na životní prostředí působí emise oxidů síry především jako kyselá deště, které poškozují lesy a stavby. Vyšší obsah síry v palivu s sebou kromě zvýšené produkce oxidů síry nese také zvýšenou produkci prachových částic a samozřejmě i nežádoucí korozi dílů motoru.

2.7 Sirovodík (H_2S)

„Sirovodík vzniká za určitých okolností i v katalyzátoru výfukových plynů a jeho množství závisí na obsahu síry v palivu.”[1]

O principu vzniku tohoto plynu při spalovacím procesu se v současné době mnoho neví a je to předmětem zájmu pracovníků odboru emisí. Sirovodík páchne po zkažených vejcích a působí dráždivě na dýchací cesty.

2.8 Čpavek (NH_3)

„Za určitých okolností může v katalyzátoru vznikat i čpavek. Jako redukční činidlo v katalyzátorech SCR má však čpavek příznivý vliv.”[1]

Jak bylo výše uvedeno, čpavku se používá jako redukčního činidla při katalytických reakcích. Čpavek je u některých moderních vozidel pro splnění přísných emisních norem tankován do speciální nádrže a odtud putuje k reakcím do katalyzátoru. Tato přísada má na čerpacích stanicích označení AdBlue a stejným označením jsou opatřena i vozidla, která tuto látku využívají pro snížení emisí.

2.9 Pevné částice, saze (PM)

Ve své podstatě se jedná o téměř čistý uhlík, který vzniká jako produkt neúplného spalování. Za neúplné spalování může buď nedostatek kyslíku, nebo rychlé ochlazení produktů hoření. Ve velké míře se vyskytují u vozidel se vznětovým motorem a v menší míře u vozidel se zážehovým motorem.

Pokud bychom chtěli popsat složení, tak u vznětového motoru jsou PM tvořeny: nespálenými zbytky nafty, motorovým olejem, H_2O , otěrem, sírany a popelem.

Nejčastější velikost PM je 100 nm, což je velmi malá částice, a proto může být snadno vdechnuta. Dýchání vzduchu s větší koncentrací PM způsobuje rakovinu, protože PM fungují jako nosiče karcinogenních a mutagenních látek, viz PAU.

2.10 Jemný prach

Tato složka výfukových plynů představuje nebezpečí zejména svou malou velikostí, kdy částice o velikosti menší jak 7 μm mohou být vdechnuty lidmi hluboko do plic, kde se mohou hromadit a poškozovat zdraví. Proto se používají u moderních vozidel různé jemné filtry prachových částic, které jsou ovšem velmi drahé a za dobu životnosti vozidla se musejí vyměnit.

2.11 Olovo (Pb)

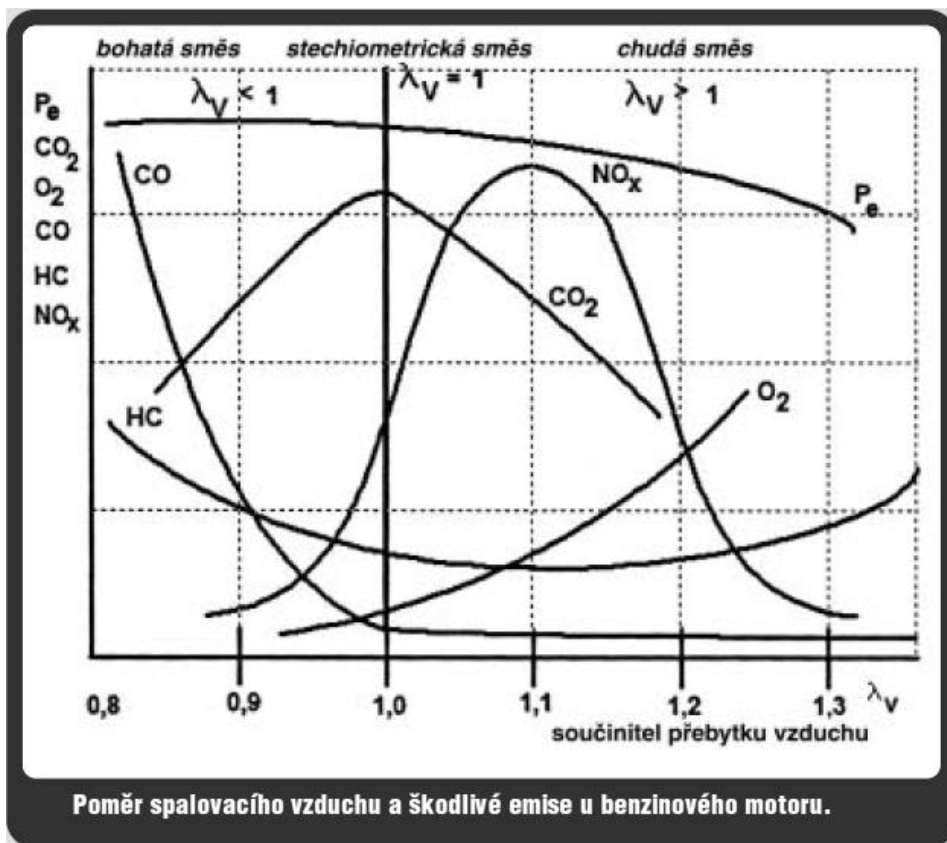
Před zavedením bezolovnatých paliv představovala tato složka velké zdravotní riziko a zatížení životního prostředí. V současné době jsou již k dostání paliva bezolovnatá a zatížení olovem není třeba řešit. Jako náhrada antidetonační složky v palivu TEO či TMO se používá MTBE, ETBE či TAME.

2.12 Voda (H_2O)

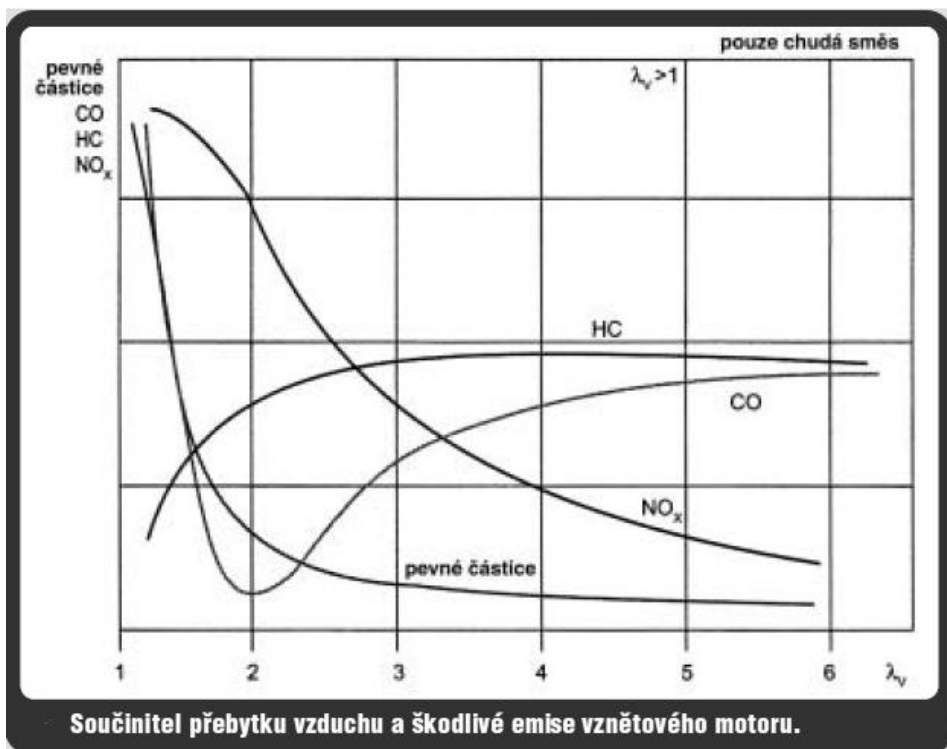
Voda je také produktem spalování a není vůbec škodlivá, nejčastěji se vyskytuje ve formě vodní páry.

Na výše uvedené složky výfukových plynů má největší vliv vlastní konstrukce spalovacího motoru a použité palivo pro jeho pohon. Nejčastější paliva u soudobých vozidel jsou benzín automobilní (BA) a nafta motorová (NM). Dalšími alternativními palivy mohou být: bioplyn, zemní plyn ve svých různých formách (CNG – stlačený, LNG – zkapalněný), zkapalněný propan-butan (LPG), alkoholy (metanol a etanol) a moderně též vodík.

Pro co nejnižší obsah jednotlivých složek emisí ve výfukových plynech je nutné splnit základní podmínku, aby každý válec motoru měl stejné množství směsi paliva se vzduchem. Tato směs musí mít složení odpovídající danému režimu a zatížení motoru. O složení směsi vypovídá hodnota tzv. vzdušného součinitele λ , který má na množství emisí vliv, jak ukazují obr. 2.2 a obr. 2.3.



Obr. 2.2 – Vliv hodnoty vzdušného součinitele λ na množství jednotlivých druhů emisí u zážehového motoru [1]



Obr. 2.3 – Vliv hodnoty vzdušného součinitele λ na množství jednotlivých druhů emisí u vznětového motoru [1]

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ, VÝVOJ EMISNÍCH PŘEDPISŮ

3.1 Pohled do obecné historie emisí motorových vozidel

„Omezování škodlivých emisí výfukových plynů osobních vozidel bylo povinně zavedeno poprvé v roce 1968 v USA ve státě Kalifornie. Dnes existují v mnoha zemích předepsané testy emisí, které zajišťují, že nebudou překračovány stanovené hodnoty.”[6]

První záznam o smogové situaci v Kalifornii pochází z roku 1942, ale popsat příčinu tohoto stavu se podařilo až roku 1952. Bylo to dáno rozvojem měřicí techniky a tehdejšího poznání. Přišlo se tedy na to, že emise spalovacích motorů (dále jen motorů), tj. zejména oxidy dusíku a uhlovodíky mají vliv spolu s působením ultrafialového záření ve slunečním světle na vznik smogové situace (vzniká fotochemická reakce). Do této doby nebyla emisím, které byly způsobovány provozem motorů, věnována žádná větší pozornost. Pouze byla snaha potlačit nepříjemnou vůni spalin, například přidáváním vonných esencí či parfémů do výfukové soustavy motorového vozidla (dále jen vozidla).

V následujícím textu stručně popíšeme vývoj emisních předpisů v jednotlivých částech světa. Toto členění je vhodné zavést zejména kvůli nerovnoměrnosti vývoje a pro lepší orientaci v problematice emisí produkovaných vozidly.

3.2 Vývoj emisních předpisů v Evropě

Prvním předpisem použitým v Evropě k omezení vlivu škodlivých emisí motorů byl předpis EHK (ECE) 15.01. Tento předpis stanovoval limity pro emise na základě tzv. městského jízdního cyklu. Tyto limity byly postupně zpřísněny až do přijetí předpisu EHK 15.04, který nabyl platnosti roku 1982. Norma přijatá v roce 1982 na základě předpisu EHK 15.04 (4. revize základního předpisu EHK 15) je dle některých zdrojů označována jako EURO¹ 0, respektive základní norma pro vydání následující normy EURO 1.

Netrvalo příliš dlouho a došlo k dalšímu zpřísnění limitů, a to zavedením nutnosti používat katalyzátor, který nařizovala norma známá jako EURO 1 z roku 1992. Dále následovalo zavedení normy EURO 2 v roce 1996 a normy EURO 3 v roce 2000.

Norma EURO 3 zpřísnila požadavky na emisní limity zavedením nových předpisů při měření emisí, kdy odpadla doposud platná 40-ti sekundová doba běhu motoru naprázdno před vlastním měřením. Jejím zavedením se již emise odebrávají a měří okamžitě po spuštění motoru.

¹ Norma EURO se obecně stanovuje pro různé kategorie motorových vozidel a tomu také odpovídají jí předepsované maximální hodnoty škodlivin, jak bude uvedeno dále.

Norma EURO 4 byla zavedena 1. ledna roku 2005 pro vozidla kategorie M_1 a N_1 a oproti normě EURO 3 předepisuje prakticky poloviční hodnoty emisí ve výfukových plynech. Uvedená norma EURO 4 počítá i se zhoršováním emisního chování vozidla během provozu vlivem stárnutí a opotřebení motoru. Uvedené zhoršování je v ní zavedeno tzv. faktorem zhoršení. Dále norma EURO 4 zohledňuje při měření emisí zvýšenou produkci oxidu uhličitého u nového vozidla než u vozidla již zaběhnutého. Nové vozidlo, jak vyplývá ze zkušebních měření, spotřebuje více paliva než vozidlo zaběhnuté a tudíž i produkce CO_2 je vyšší. Pro zohlednění tohoto faktu se používá tzv. faktor náběhu s hodnotou 0,92.

Aktuálně nejnovější evropskou emisní normou je norma EURO 6 zavedená v září roku 2014. Této normě samozřejmě předcházela norma EURO 5 z roku 2009. Více o EURO normách uvedeme v samostatné kapitole této práce, konkrétně v podkapitole 4.2.

3.3 Vývoj emisních předpisů v USA a Kalifornii

První zmínka o začátku vývoje emisních předpisů pochází ze státu Kalifornie. Stalo se tak roku 1966, kdy byly vytvořeny předpisy pro emisní limity a následně roku 1968 byly aplikovány na tehdejší vozidla. Impulzem k tomuto kroku byla první smogová situace v Kalifornii, ke které došlo, jak už víme, roku 1942. Tehdy bylo v Kalifornii cca sedm milionů obyvatel a tři miliony automobilů.

Pokud srovnáme tehdejší emisní limity se současnými, tak obsah CO byl více než $30\times$ vyšší, obsah HC více než $20\times$ vyšší a obsah NO_x více než $5\times$ vyšší.

Další zpřísnění nastalo roku 1975 zavedením dvoucestných katalyzátorů a dále roku 1978 zavedením trojcestných katalyzátorů, vždy s příslušnými emisními normami, které obsahovaly příslušné limity a byly vydávány s určitým předstihem.

Kalifornie měla vždy v zavádění emisních norem vůdčí postavení (o několik let dříve, než ostatní státy), a tak ty státy, které měly špatnou kvalitu ovzduší, začaly zavádět podobné předpisy po vzoru Kalifornie.

Jako měřicí zkouška se používala tehdy zkouška EPA s cyklem měření FTP – 75. Její podstatou byl test City a Highway, simulující při měření jízdu ve městě a na dálnici.

Pokud chceme být konkrétnější ve vývoji emisních předpisů v Kalifornii, tak za zmínku stojí uvést emisní normu LEV (mimo Kalifornii uváděna jako Tier 1). Tato norma LEV byla v Kalifornii vypracována během let 1990–1991, ovšem aplikována na motorová vozidla byla až od roku 1994 do roku 2003. Norma LEV II byla přijata roku 1998 a byla využívána pro vozidla modelových let 2004 až 2010, pro účely výrobců vozidel lze normu LEV II užít až do roku 2019. Norma LEV III byla přijata roku 2012 a s jejím zavedením do praxe se počítá v roce 2015 (oficiálně předepsána pro roky 2015–2025).

Pokud se vrátíme do roku 2004, tak norma LEV daného období byla zpřísněna zavedením celkem 6 kategorií, které různým způsobem v rámci dané LEV normy emise dále omezují. Některé kategorie se už dnes používají, jiné jsou přichystány pro budoucí použití.

Cílem těchto 6-ti kategorií je dosáhnout postupně snížení limitů NO_x na 0,0125 gramu na míli a HC na 0,0062 gramu na míli u zážehových motorů. U vznětových motorů se pak počítá se snížením emisí PM na 0,0025 gramu na míli a NO_x 0,08 gramu na míli.

Mezi šestici výše zmiňovaných kategorií motorových vozidel, které jsou označeny obvyklými americkými zkratkami, patří:

- **TLEV** (Transient Low Emission Vehicle): méně než 0,125 gramu HC na míli
- **LEV** (Low Emission Vehicle): méně než 0,075 gramu HC na míli
- **ULEV** (Ultra Low Emission Vehicle): méně než 0,04 gramu HC na míli
- **SULEV** (Super Ultra Low Emission Vehicle): méně než 0,01 gramu HC na míli a 0,02 gramu NO_x na míli.
- **EZEV** (Equivalent Zero Emission Vehicle): téměř žádné emise
- **ZEV** (Zero Emission Vehicle): žádné emise (tato kategorie je pravděpodobně zamýšlena pro alternativní pohony)

Tab. 3.1 – Emisní norma LEV a LEV II pro osobní a lehká nákladní vozidla dle měřicího cyklu FTP – 75; hodnoty emisí jsou uvedeny v gramech na míli [7]

| Norma LEV | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----|-----------------|------|-------|------------------------|-----|-----------------|------|-------|
| Category | 50 000 miles/5 years | | | | | 100 000 miles/10 years | | | | |
| | NMOG | CO | NO _x | PM | HCHO | NMOG | CO | NO _x | PM | HCHO |
| [g/mi] | | | | | | | | | | |
| Passenger cars | | | | | | | | | | |
| Tier 1 | 0,25 | 3,4 | 0,4 | 0,08 | - | 0,31 | 4,2 | 0,6 | - | - |
| TLEV | 0,125 | 3,4 | 0,4 | - | 0,015 | 0,156 | 4,2 | 0,6 | 0,08 | 0,018 |
| LEV | 0,075 | 3,4 | 0,2 | - | 0,015 | 0,090 | 4,2 | 0,3 | 0,08 | 0,018 |
| ULEV | 0,040 | 1,7 | 0,2 | - | 0,008 | 0,055 | 2,1 | 0,3 | 0,04 | 0,011 |
| LDT 1, LVW < 3 750 lbs | | | | | | | | | | |
| Tier 1 | 0,25 | 3,4 | 0,4 | 0,08 | - | 0,31 | 4,2 | 0,6 | - | - |
| TLEV | 0,125 | 3,4 | 0,4 | - | 0,015 | 0,156 | 4,2 | 0,6 | 0,08 | 0,018 |
| LEV | 0,075 | 3,4 | 0,2 | - | 0,015 | 0,090 | 4,2 | 0,3 | 0,08 | 0,018 |
| ULEV | 0,040 | 1,7 | 0,2 | - | 0,008 | 0,055 | 2,1 | 0,3 | 0,04 | 0,011 |
| LDT 2, LVW > 3 750 lbs | | | | | | | | | | |
| Tier 1 | 0,32 | 4,4 | 0,7 | 0,08 | - | 0,40 | 5,5 | 0,97 | - | - |
| TLEV | 0,160 | 4,4 | 0,7 | - | 0,018 | 0,200 | 5,5 | 0,9 | 0,10 | 0,023 |
| LEV | 0,100 | 4,4 | 0,4 | - | 0,018 | 0,130 | 5,5 | 0,5 | 0,10 | 0,023 |
| ULEV | 0,050 | 2,2 | 0,4 | - | 0,009 | 0,070 | 2,8 | 0,5 | 0,05 | 0,013 |
| Legenda: | | | | | | | | | | |
| Passenger cars – osobní vozidla | | | | | | | | | | |
| LDT 1, LDT 2 – lehké nákladní vozidlo (light-duty truck) | | | | | | | | | | |
| LVW < 3 750 lbs, LVW > 3 750 lbs – referenční váha vozidla menší nebo větší než 3 750 liber | | | | | | | | | | |
| NMOG – organické plyny bez metanu (non methane organic gasses) | | | | | | | | | | |
| HCHO – emise formaldehydu | | | | | | | | | | |
| Norma LEV II | | | | | | | | | | |
| Category | 50 000 miles/5 years | | | | | 120 000 miles/11 years | | | | |
| | NMOG | CO | NO _x | PM | HCHO | NMOG | CO | NO _x | PM | HCHO |
| [g/mi] | | | | | | | | | | |
| LEV | 0,075 | 3,4 | 0,05 | - | 0,015 | 0,090 | 4,2 | 0,07 | 0,01 | 0,018 |
| ULEV | 0,040 | 1,7 | 0,05 | - | 0,008 | 0,055 | 2,1 | 0,07 | 0,01 | 0,011 |
| SULEV | - | - | - | - | - | 0,010 | 1,0 | 0,02 | 0,01 | 0,004 |

Ve výše uvedené tabulce tab. 3.1 vidíme srovnání kalifornských emisních norem LEV a LEV II jak pro osobní, tak pro lehká nákladní vozidla.

V prvním sloupci jsou hodnoty emisí, které nesmí být překročeny během prvních 50 000 mil anebo v prvních 5-ti letech provozu vozidla. V druhém sloupci jsou uvedeny hodnoty emisí, které nemají být překročeny během dalších let provozu vozidla nebo najetých mil.

I nadále můžeme předpokládat trend, spočívající v přejímání emisních norem od Kalifornie ostatními státy USA. Ve zbytku států USA platí v současnosti emisní norma Tier 2 a přichystána je norma Tier 3 (pro roky 2017–2025) jako odpověď na chystanou LEV III v Kalifornii.

„Průběžná kontrola již provozovaných automobilů, jako je v EU, zatím v USA neexistuje. Tam jsou automobily pro kontrolu vybírány z dopravy namátkově. Splňování SULEV je tak zákonem stanoveno na 150 000 mil nebo 15 let provozu vozidla.”[1]

3.4 Vývoj emisních předpisů v Japonsku

Japonsko zavedlo povinné používání katalyzátorů výfukových plynů a s tím související předpisy od roku 1978. Tyto předpisy odpovídaly zhruba předpisům vydávaným v Evropě a USA ve stejném období.

K významnému zpřísnění emisních limitů poté došlo až 1. 9. 2002. Tyto nově vydané předpisy začaly platit nejdříve pro nová vozidla se zážehovými motory a od 1. 9. 2004 i pro nová vozidla se vznětovými motory. Tato změna bývá v literatuře označována jako přechod na standard 2000. K dalšímu vývoji emisních předpisů v Japonsku došlo v letech 2007 a 2009, viz tab. 3.2.

Tab. 3.2 – Vývoj japonských emisních norem pro naftové motory osobních vozidel, emisní hodnoty udány v gramech na kilometr [7]

| Vehicle Weight | Date | Test | CO | HC | NO _x | PM |
|----------------|------|------------|------------|-------------|-----------------|-------------|
| | | | mean (max) | mean (max) | mean (max) | mean (max) |
| [g/km] | | | | | | |
| < 1250 kg | 1986 | 10-15 mode | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,70 (0,98) | - |
| | 1990 | | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,50 (0,72) | - |
| | 1994 | | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,50 (0,72) | 0,20 (0,34) |
| | 1997 | | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,40 (0,55) | 0,08 (0,14) |
| | 2002 | | 0,63 | 0,12 | 0,28 | 0,052 |
| | 2005 | JC08 | 0,63 | 0,024 | 0,14 | 0,013 |
| | 2009 | | 0,63 | 0,024 | 0,08 | 0,005 |
| > 1250 kg | 1986 | 10-15 mode | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,90 (1,26) | - |
| | 1992 | | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,60 (0,84) | - |
| | 1994 | | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,60 (0,84) | 0,20 (0,34) |
| | 1998 | | 2,1 (2,7) | 0,40 (0,62) | 0,40 (0,55) | 0,08 (0,14) |
| | 2002 | | 0,63 | 0,12 | 0,30 | 0,056 |
| | 2005 | JC08 | 0,63 | 0,024 | 0,15 | 0,014 |
| | 2009 | | 0,63 | 0,024 | 0,08 | 0,005 |

Jako emisní měřicí cykly se zde používají nejčastěji cykly mod 10+15 (spouštění zahřátého motoru) a mod 11 (spouštění nezahřátého motoru).

Měřicí cyklus mod 10+15 se hodně podobá evropskému měřicímu cyklu, avšak jsou zde menší úpravy vyplývající z japonské povahy silničního provozu (max. rychlost vozidel 70 km/h). Dále zde byly zavedeny i různé zkoušky kouřivosti, to vše s rozvojem vznětových motorů v této oblasti světa.

Japonské předpisy dnes vyžadují provádění kontrol zařízení pro snižování emisí u motorových vozidel po ujetí 80 000 km. Tyto kontroly se provádějí v rámci homologačních zkoušek vozidel.

Pro vybraná japonská města jako je Tokio či Osaka musí být splněny přísnější limity emisí (zejména NO_x) než v ostatních částech Japonska.

3.5 Vývoj emisních předpisů v ostatních částech světa

Většina zemí světa používá buď emisní normy zcela přejaté z Evropy, USA nebo Japonska, nebo s národními úpravami jako částečně přejaté, kdy základ tvoří normy např. evropské. I zde však můžeme očekávat, že dojde postupně ke globalizaci norem a tak státy budou postupně přejímat úplné normy jiných států (vždy přísnější emisní nařízení).

V Rusku byly výrazněji emise motorových vozidel omezeny zavedením normy EURO 3(III) v roce 2008 a později normou EURO 4 v 2012, viz tab. 3.3 a 3.4. U normy EURO 4 nesouhlasí datum zavedení s tabulkou, protože její zavedení bylo vynuceno dříve.

Tab. 3.3 – Časový plán zavádění emisních norem pro osobní a lehká nákladní vozidla v Rusku [7]

| Date | Requirement |
|---------|-------------------------------|
| 1999.01 | Euro 1 (ECE R83.02) |
| 2006.04 | Euro 2 (ECE R83.03) |
| 2008.01 | Euro 3 (ECE R83.05 Stage III) |
| 2014.01 | Euro 4 (ECE R83.05 Stage IV) |
| 2016.01 | Euro 5 |

Tab. 3.4 – Časový plán zavádění emisních norem pro těžká nákladní vozidla v Rusku [7]

| Date | Requirement |
|---------|--|
| 1999.01 | Euro I/ Ecological Class 1 (ECE R49.02) |
| 2006.01 | Euro II/ Ecological Class 2 (ECE R49.02 Stage 2) |
| 2008.01 | Euro III/ Ecological Class 3 (ECE R49.04-A) |
| 2013.01 | Euro IV/ Ecological Class 4 (ECE R49.04-B1) |
| 2016.01 | Euro V/ Ecological Class 5 (ECE R49.04-B2 C) |

Mezi státy, které stále v dnešní době „vybočují“ z trendu normování emisních limitů patří Čína, Saudská Arábie a Brazílie. V Číně jsou moderní emisní předpisy zatím zavedeny pouze ve velkých městech (např. Šanghaj či Peking). V tab. 3.5 můžeme vidět některé regiony Číny a data zavádění jednotlivých emisních norem, v tab. 3.6 a 3.7 jsou uvedeny konkrétní limity emisí pro emisní normy China.

Na převážné části území Číny platí dosud emisní předpisy velmi mírné, někde se možná vyskytují předpisy ještě před zaváděním katalyzátorů do vozidel (velká tolerance škodlivin). Zde také můžeme vidět, proč má Čína obecně problém se smogem ve svých městech.

Tab. 3.5 – Časový plán zavádění emisních norem v jednotlivých regionech Číny [7]

| Stage | Date | Region | Comments | Reference |
|---------|---------------------------------------|------------|--------------------------------------|-----------|
| China 1 | 2000.01 (2000.07+) | Nationwide | - | Euro 1 |
| China 2 | 2002.08 | Beijing | - | Euro 2 |
| | 2003.03 | Shanghai | - | |
| | PI: 2004.07 (2005.07+) CI: 2003.09 | Nationwide | - | |
| China 3 | 2005.12 | Beijing | European OBD from 2006.12 | Euro 3 |
| | 2006.10 | Guangzhou | With European OBD | |
| | 2007.01 | Shanghai | With European OBD | |
| | 2007.07 | Nationwide | EOBD: Type 1 2008.07, Type 2 2010.07 | |
| China 4 | 2008.03 | Beijing | - | Euro 4 |
| | 2009.11 | Shanghai | - | |
| | PI: 2011.07 CI: 2015.07 | Nationwide | - | |
| China 5 | 2013.02 | Beijing | - | Euro 5 |
| | 2018.01 | Nationwide | - | |

Legenda:
 PI – zážehový motor (positive ignition)
 CI – vznětový motor (compression ignition)
 † – shoda výroby

Tab. 3.6 – Čínské emisní limity pro vozidla se zážehovým motorem [7]

| Stage | Category | Class | CO | HC | NMHC | NO _x | PM | PN |
|---------|----------|-------|--------|------|-------|-----------------|--------|----|
| | | | [g/km] | | | | | |
| China 3 | Type 1 | - | 2,30 | 0,20 | - | 0,15 | - | - |
| | Type 2 | I | 2,30 | 0,20 | - | 0,15 | - | - |
| | | II | 4,17 | 0,25 | - | 0,18 | - | - |
| | | III | 5,22 | 0,29 | - | 0,21 | - | - |
| China 4 | Type 1 | - | 1,00 | 0,10 | - | 0,08 | - | - |
| | Type 2 | I | 1,00 | 0,10 | - | 0,08 | - | - |
| | | II | 1,81 | 0,13 | - | 0,10 | - | - |
| | | III | 2,27 | 0,16 | - | 0,11 | - | - |
| China 5 | Type 1 | - | 1,00 | 0,10 | 0,068 | 0,060 | 0,0045 | - |
| | Type 2 | I | 1,00 | 0,10 | 0,068 | 0,060 | 0,0045 | - |
| | | II | 1,81 | 0,13 | 0,068 | 0,075 | 0,0045 | - |
| | | III | 2,27 | 0,16 | 0,068 | 0,082 | 0,0045 | - |

Legenda:
 Type 1 vehicles – osobní vozidla s maximálně 6-ti místy k sezení včetně řidiče do hmotnosti 2,5 tuny
 Type 2 vehicles – lehká nákladní vozidla dle referenční hmotnosti (RM): Class I: RM ≤ 1 305 kg,
 Class II: 1 305 < RM ≤ 1 760 kg a Class III: RM > 1 760 kg
 NMHC – emise uhlovodíků bez obsahu metanu

Tab. 3.7 – Čínské emisní limity pro vozidla se vznětovým motorem [7]

| Stage | Category | Class | CO | HC+NO _x | NO _x | PM | PN |
|---------|----------|-------|--------|--------------------|-----------------|--------|--------------------|
| | | | [g/km] | | | | |
| China 3 | Type 1 | - | 0,64 | 0,56 | 0,50 | 0,050 | - |
| | Type 2 | I | 0,64 | 0,56 | 0,50 | 0,050 | - |
| | | II | 0,80 | 0,72 | 0,65 | 0,070 | - |
| | | III | 0,95 | 0,86 | 0,78 | 0,100 | - |
| China 4 | Type 1 | - | 0,50 | 0,30 | 0,25 | 0,025 | - |
| | Type 2 | I | 0,50 | 0,30 | 0,25 | 0,025 | - |
| | | II | 0,63 | 0,39 | 0,33 | 0,040 | - |
| | | III | 0,74 | 0,46 | 0,39 | 0,060 | - |
| China 5 | Type 1 | - | 0,50 | 0,230 | 0,180 | 0,0045 | 6×10 ¹¹ |
| | Type 2 | I | 0,50 | 0,230 | 0,180 | 0,0045 | 6×10 ¹¹ |
| | | II | 0,63 | 0,295 | 0,235 | 0,0045 | 6×10 ¹¹ |
| | | III | 0,74 | 0,350 | 0,280 | 0,0045 | 6×10 ¹¹ |

Legenda:
Type 1 vehicles – osobní vozidla s maximálně 6-ti místy k sezení včetně řidiče do hmotnosti 2,5 tuny
Type 2 vehicles – lehká nákladní vozidla dle referenční hmotnosti (RM):
Class I: RM ≤ 1 305 kg, Class II: 1 305 < RM ≤ 1 760 kg a Class III: RM > 1 760 kg
PN – počet pevných částic na ujetý kilometr

Brazílie z převážné části využívá emisních předpisů USA, ale u některých vozidel se vznětovým motorem doposud žádné limity stanovené nejsou. Ukázka brazilských emisních předpisů je v tab. 3.8.

Tab. 3.8 – Brazílské emisní limity pro osobní a lehká užitková vozidla [7]

| Emission Standards for Passengers Vehicles (FTP-75; Durability: 80 000km/5 years) | | | | | | | | | |
|---|------|------------|---------|--------|------|------|-----------------|------|-------|
| Category | Tier | Date | Idle CO | CO | THC | NMHC | NO _x | HCO | PM |
| | | | [% vol] | [g/km] | | | | | |
| - | L-4 | 1. 1. 2007 | 0,50 | 2,0 | 0,30 | 0,16 | 0,25/0,60 | 0,03 | 0,05 |
| - | L-5 | 1. 1. 2009 | 0,50 | 2,0 | 0,30 | 0,05 | 0,12/0,25 | 0,02 | 0,05 |
| - | L-6 | 1. 1. 2013 | 0,20 | 1,3 | 0,30 | 0,05 | 0,08 | 0,02 | 0,025 |
| Emission Standards For Light Commercial Vehicles (FTP-75; Durability: 80 000km/5 years) | | | | | | | | | |
| ≤ 1 700 kg | L-4 | 1. 1. 2007 | 0,50 | 2,0 | 0,30 | 0,16 | 0,25/0,60 | 0,03 | 0,08 |
| | L-5 | 1. 1. 2009 | 0,50 | 2,0 | 0,30 | 0,05 | 0,12/0,25 | 0,02 | 0,05 |
| | L-6 | 1. 1. 2013 | 0,20 | 1,3 | 0,30 | 0,05 | 0,08 | 0,02 | 0,03 |
| > 1 700 kg | L-4 | 1. 1. 2007 | 0,50 | 2,7 | 0,50 | 0,20 | 0,43/1,00 | 0,06 | 0,10 |
| | L-5 | 1. 1. 2009 | 0,50 | 2,7 | 0,50 | 0,06 | 0,25/0,43 | 0,04 | 0,06 |
| | L-6 | 1. 1. 2013 | 0,20 | 2,0 | 0,50 | 0,06 | 0,25/0,35 | 0,03 | 0,04 |

Legenda:
Idle CO – tento limit platí pouze pro motory pracující dle Ottova cyklu
THC – tento limit platí pouze pro vozidla s motorem spalujícím alternativní palivo CNG či LNG
NMHC – emise uhlovodíků bez obsahu metanu
HCO – emise aldehydů; platí pouze pro motory pracující dle Ottova cyklu, na motory spalující CNG či LNG se nevztahuje
PM – emise pevných částic; limit se vztahuje pouze na vozidla s naftovým motorem

Za zmínku stojí také například země jako Austrálie nebo Nový Zéland, kde platí emisní normy EURO, a to téměř se shodným datem zavedení jako v Evropě, viz tab. 3.9.

Tab. 3.9 – Vývoj australských emisních norem pro osobní vozidla, autobusy a dále nákladní vozidla; to vše od roku 2002 (výběr) [7]

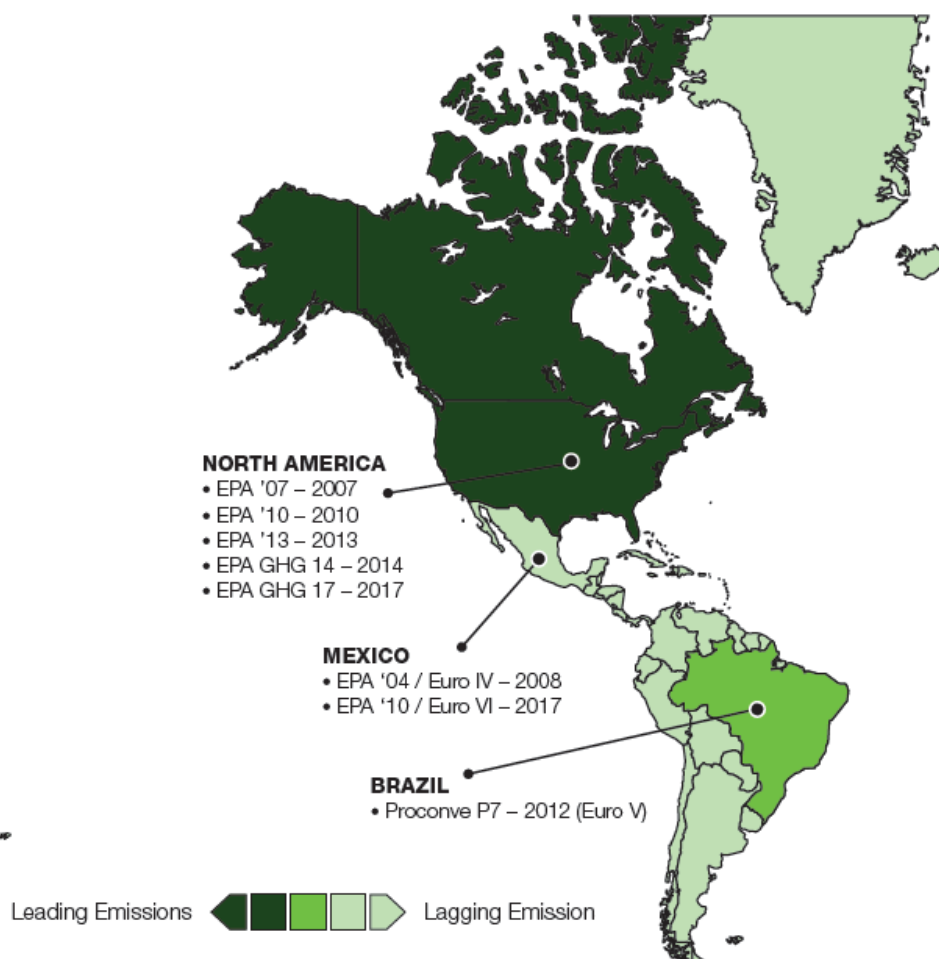
| ADR Categories | | | ECE Cat | ADR | 02/03 Diesel | 03/04 Petrol | 05/06 Petrol | 06/07 Diesel | 07/08 Diesel | 08/10 Petrol |
|---|------------|------------|----------------|-----------|-----------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|
| Descr | GVM† | Cat‡ | | | | | | | | |
| Passenger Vehicles | | | | | | | | | | |
| | ≤ 3,5 t | MA, MB, MC | M ₁ | ADR 79/.. | Euro 2 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | - | Euro 4 |
| | > 3,5 t | | | ADR 80/.. | Euro 3 | US96 | US98 | - | Euro 4 | - |
| Buses | | | | | | | | | | |
| Light | ≤ 3,5 t | MD | M ₂ | ADR 79/.. | Euro 2 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | - | Euro 4 |
| | 3,5 ≤ 5 t | | | ADR 80/.. | Euro 3 | US96 | US98 | - | Euro 4 or US04, JE05 | - |
| Heavy | > 5 t | ME | M ₃ | ADR 80/.. | Euro 3 or US98 | US96 | US98 | - | Euro 4 or US04, JE05 | - |
| Goods Vehicles (Trucks) | | | | | | | | | | |
| Light | ≤ 3,5 t | NA | N ₁ | ADR 79/.. | Euro 2 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | - | Euro 4 |
| Medium | 3,5 ≤ 12 t | NB | N ₂ | ADR 80/.. | Euro 3 or US 98 | US 96 | US 98 | - | Euro 4 or US04, JE05 | - |
| Heavy | > 12 t | NC | N ₃ | ADR 80/.. | Euro 3 or US 98 | US 96 | US 98 | - | Euro 4 or US04, JE05 | - |
| Legenda: | | | | | | | | | | |
| GVM† – hrubá hmotnost vozidla | | | | | | | | | | |
| Cat‡ – kategorie vozidla (MA – osobní pro běžnou přepravu, MB – vpřed řízená vozidla, MC – terénní vozidla pro přepravu osob) | | | | | | | | | | |
| Passenger cars – osobní vozidla | | | | | | | | | | |
| Buses – autobusy | | | | | | | | | | |
| Goods Vehicles (Trucks) – nákladní automobily pro přepravu zboží | | | | | | | | | | |

4 AKTUÁLNĚ PLATNÉ A BUDOUCÍ EMISNÍ PŘEDPISY

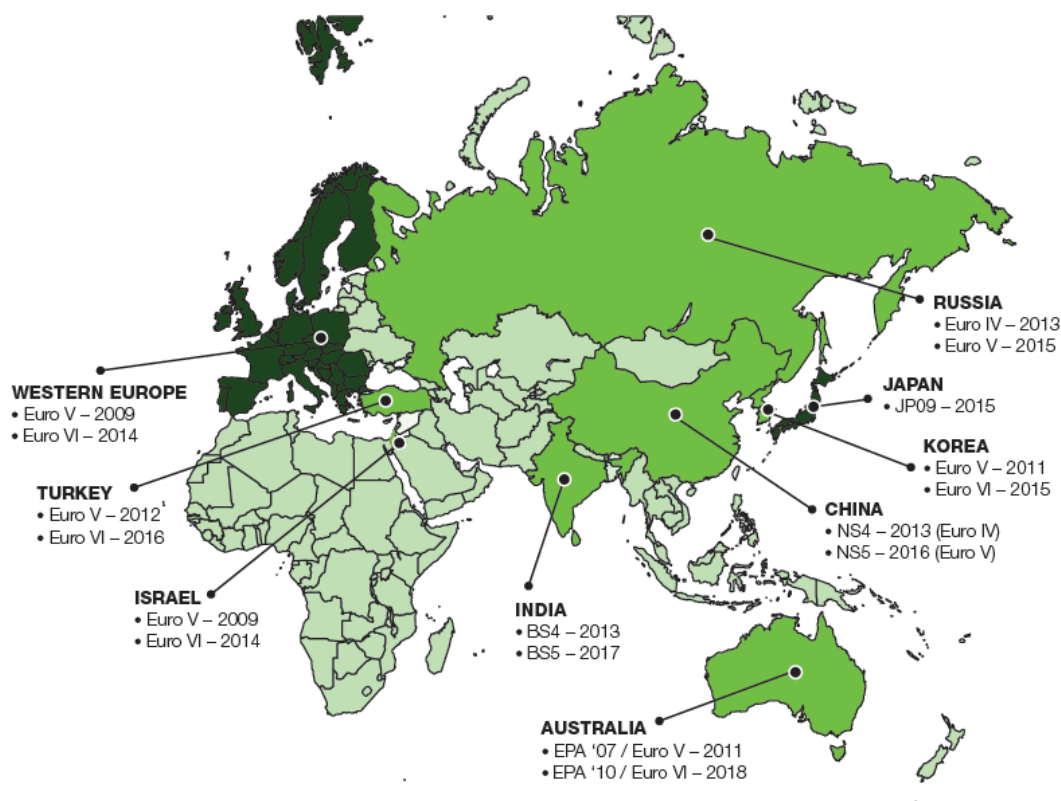
4.1 Současné emisní předpisy ve světě

V dalším textu se zaměříme na aktuálně platné a budoucí emisní předpisy. Již v předchozí kapitole o vývoji emisních předpisů ve světě jsme mohli upozorovat, že v některých tabulkách věnujících se časovému vývoji emisních norem jsou uvedeny i normy současné či budoucí. Tohoto „neoddělení informací“ jsme se dopustili záměrně, aby budoucí čtenář měl k dispozici co nejlepší návaznost jednotlivých emisních norem na sebe.

Abychom se teď mohli věnovat současným a budoucím emisním normám, uvedeme stručný přehled formou mapy a tabulek pro jednotlivé oblasti světa (viz obr. 4.1 a 4.2, tab. 4.1 a 4.2). Po uvedení tohoto přehledu se budeme z důvodu omezeného rozsahu této práce už věnovat pouze předpisům aktuálně platným a nově přichystaným na území Evropy.



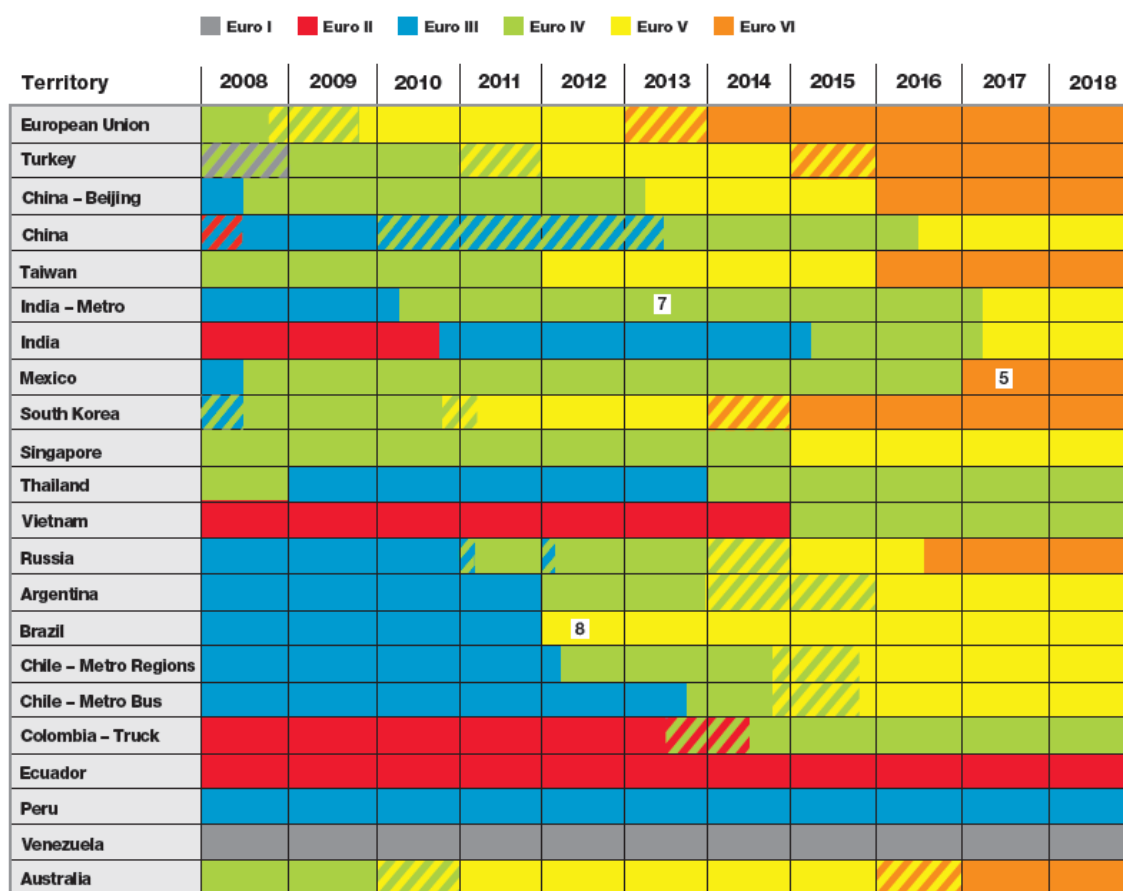
Obr. 4.1 – Mapa světa s vyznačenými současně užívanými emisními normami, příp. s normami přichystanými – 1. část [8]



Obr. 4.2 – Mapa světa s vyznačenými současně užívanými emisními normami, příp. s normami přichystanými – 2. část [8]

Tab. 4.1 – Země užívající EPA emisní normy vydávané Environmental Protection Agency [8]

| Territory | Year | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | |
| US / Canada | | | | | | | | | | | | |
| South Africa | GHG 14 | GHG 14 | GHG 14 | GHG 14 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 |
| Taiwan | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 10 | EPA 10 | EPA 10 |
| Israel | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 13 | EPA 13 | GHG 14 | GHG 14 | GHG 14 | GHG 14 | GHG 14 |
| Mexico | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 10 | EPA 10 |
| Chile – Metro Regions | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 |
| Chile – Metro Bus | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 98 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 |
| Colombia | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 | EPA 94 |
| Venezuela | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 | EPA 91 |
| Australia | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 04 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 07 | EPA 10 | EPA 10 |

Tab. 4.2 – Země užívající EURO emisní normy vydávané Evropskou komisí [8]

Mezi důležité instituce pro vydávání dnešních emisních norem patří:

- Evropská komise (EC) v Evropě
- Environmental Protection Agency (EPA) v USA
- California Air Resources Board (CARB) v Kalifornii
- Japonské ministerstvo dopravy (MLIT)

4.2 Současné a budoucí emisní předpisy v Evropě

Nyní si popíšeme a srovnáme současně platné a budoucí předpisy pro emise motorových vozidel v Evropě. Bude nás zajímat především nejrozšířenější současná norma EURO 5 a nová norma EURO 6. Nesmíme ovšem zapomenout, že v současném evropském provozu se stále pohybují vozidla, která splňují i normy nižší, tj. EURO 1 až EURO 4, které ovšem již neplatí pro homologaci nových vozidel. Podíl těchto vozidel s nižším číslem normy EURO klesá z důvodu jejich stáří a snaže tato vozidla vyřadit z provozu (např. zavedením tzv. „šrotového“) a omezit tak množství produkovaných emisí v Evropě.

Právě z tohoto důvodu se dopustíme drobné nepřesnosti v zaměření podkapitoly a pro možné srovnání budoucím čtenářům uvedeme i stručný popis těchto starších EURO norem.

„Označení emisních limitů jako „EURO“ je v podstatě slangovým výrazem, který se postupem doby rozšířil i do oficiálních dokumentů; exaktní označení emisních norem využívá označení buď ženevskými předpisy EHK (ECE, součástí OSN), nebo bruselskými ES/EHS (EC/EEC, součástí EU). V každé kategorii EURO však existují další emisní podkategorie, odvislé například od hmotnosti vozidla nebo vybavení OBD.”[1]

U každé emisní normy se budeme snažit popsat předepsané množství emisí pro zážehové a vznětové motory a dále pro motory nákladních vozidel. Důvodem tohoto rozdělení je rozdílný limit pro složky emisí (CO, HC, NO_x,...) ve výfukových plynech pro jednotlivé motory v závislosti na spalovaném palivu (benzín či nafta) či v případě nákladních automobilů na způsobu provozu vozidla. Značnou roli v normách EURO hraje i váha vozidla a jeho kategorie (např. M₁, N₁,...).

4.2.1 Emisní normy EURO 1 a EURO 2

Emisní norma EURO 1 byla zavedena v červenci roku 1992 a norma EURO 2 byla zavedena v lednu roku 1996. Stalo se tak na základě předpisů ES/EHS (v závorce uveden ekvivalent dle EHK):

a) Pro kategorii vozidel M₁ (osobní vozidla):

- zážehový motor (benzín, LPG, CNG):

EURO 1: „91/441/EHS, 93/59/EHS, 94/12/ES, 96/44/ES (83 R01B, 83 R02B, 83 R03B)”[9]

EURO 2: „94/12/ES, 96/44ES, 96/69/ES, 98/77/ES (83 R03B, 83 R04B)”[9]

- vznětový motor (nafta):

EURO 1: „91/441/EHS, 91/542/EHS, 93/59/EHS (83 R01C, 83 R02C, 83 R03C, 49 R02A)”[9]

EURO 2: „94/12/ES, 96/44/ES, 96/69/ES, 98/77/ES, 91/542/EHS, 96/1/ES (83 R03C, 83 R04C, 49 R02B)”[9]

b) Pro kategorii vozidel N₁ (lehká nákladní vozidla):

- zážehový motor (benzín, LPG, CNG):

EURO 1: „93/59/EHS, 94/12/ES, 96/44/ES (83 R02B, 83 R03B)”[9]

EURO 2: „96/69/ES, 98/77/ES (83 R04B)”[9]

- vznětový motor (nafta):

EURO 1: „91/441/EHS, 91/542/EHS, 93/59/EHS, 94/12/ES (83 R02C, 83 R03C, 49 R02A)”[9]

EURO 2: „96/44/ES, 96/69/ES, 98/77/ES, 91/542/EHS, 69/1/ES (83 R04C, 49 R02B)”[9]

V tab. 4.3 je uvedeno srovnání emisních limitů norem EURO 1 a 2 pro vozidla kategorie M₁ a N₁. Jak si můžeme všimnout, norma EURO 2 je oproti normě EURO 1 přísnější zejména v limitu produkce CO u naftových motorů. Obecný trend snižování lze ale obecně pozorovat u všech složek výfukových plynů.

Tab. 4.3 – Porovnání hodnot emisí škodlivin dle norem EURO 1 a 2 u vozidel kategorie M₁ a N₁

| Norma | Rok zavedení | CO | NO _x | HC + NO _x | HC | PM |
|-----------------|--------------|-------------|-----------------|----------------------|----|-------------|
| | | [g/km] | | | | |
| EURO 1 – benzín | 1992 | 2,72 (3,16) | - | 0,97 (1,13) | - | - |
| EURO 1 – nafta | 1992 | 2,72 (3,16) | - | 0,97 (1,13) | - | 0,14 (0,18) |
| EURO 2 – benzín | 1996 | 2,2 | - | 0,5 | - | - |
| EURO 2 – nafta | 1996 | 1 | - | 0,7* | - | 0,08** |

Legenda:
CO – oxid uhelnatý, NO_x – oxidy dusíku, HC – uhlovodíky, PM – pevné částice
* 0,90 pro motory s přímým vstřikováním paliva
** 0,10 pro motory s přímým vstřikováním paliva
Hodnoty emisí v závorce slouží pro ověření shodnosti výroby vozidel (COP limit).

Emisní norma EURO I pro těžká nákladní vozidla (kategorie N₂ a N₃) a autobusy (kategorie M₂ a M₃) byla zavedena v červenci roku 1992 a norma EURO II byla zavedena v říjnu roku 1996 na základě předpisu 91/542/EHS. Limity emisí škodlivin pro tato vozidla jsou uvedeny v tab. 4.4.

Jak si můžeme všimnout z tabulky, tak normy EURO pro těžké nákladní automobily a autobusy se značí obvykle pomocí římských číslic (pokud není uvedeno jinak). Také obsah uhlovodíků se měří v jiných jednotkách než u vozidel kategorie M₁ a N₁. Rozdíly mezi limity norem EURO I a II nejsou tak výrazné jako u norem EURO 1 a 2 u osobních a lehkých nákladních automobilů. Je to dáno tím, že normy EURO I a II předpokládají jiný způsob provozu vozidla, tj. rozdíl ve využití osobních a nákladních vozidel, případně autobusů.

Tab. 4.4 – Porovnání hodnot emisí škodlivin dle norem EURO I a II pro nákladní vozidla a autobusy

| Norma | Datum zavedení | CO [g/kWh] | NO _x [g/kWh] | HC [g/kWh] | PM [g/kWh] |
|---------|----------------|------------|-------------------------|------------|-------------|
| EURO I | 7/1992 | 4,5 | 8 | 1,1 | 0,62 (0,36) |
| EURO II | 10/1996 | 4 | 7 | 1,1 | 0,25 (0,15) |

Legenda:
CO – oxid uhelnatý, NO_x – oxidy dusíku, HC – uhlovodíky, PM – pevné částice
Hodnoty v závorce platí pro výkon motoru nad 85 kW.

4.2.2 Emisní normy EURO 3 a EURO 4

Emisní norma EURO 3 byla zavedena v lednu roku 2000 a norma EURO 4 byla zavedena v lednu roku 2005 na základě předpisů:

a) Pro kategorii vozidel M₁ (osobní vozidla):

- zážehový motor (benzín, LPG, CNG):

EURO 3 a 4 společně: „98/69/ES, 1999/102/ES, 2001/1ES, 2001/100/ES, 2002/80/ES, 2003/76/ES, 2006/96/B (83RI05B, 83RII05B, 83RI05D, 83RII05D)”[9]

- vznětový motor (nafta):

EURO 3: „98/69/ES, 1999/96/ES, 1999/102/ES, 2001/1ES, 2001/27/ES, 2001/100/ES, 2002/80/ES, 2003/76/ES, 2005/55/ES, 2005/78/ES, 2006/51/ES, 2006/81/ES, 2006/96/A, 98/69/ES (83RI05C, 83RII05C, 49R03A, 49R03B1, 49R04 A)”[9]

EURO 4: „1999/96/ES-B1, 1999/102/ES, 2001/1ES, 2001/27/ES-B1, 2001/100/ES, 2002/80/ES, 2003/76/ES (49R04B1)”[9]

b) Pro kategorii vozidel N₁ (lehká nákladní vozidla):

- zážehový motor (benzín, LPG, CNG):

EURO 3 a 4 společně: „98/69/ES, 1999/102/ES, 2001/1ES, 2001/100/ES, 2002/80/ES, 2003/76/ES, 2006/96/B (83RI05B, 83RII05B, 83RI05D, 83RII05D)”[9]

- vznětový motor (nafta):

EURO 3: „98/69/ES, 1999/96/ES-A, 1999/102/ES, 2001/1ES, 2001/27/ES-A, 2001/100/ES, 2002/80/ES, 2003/76/ES, 2005/55/ES, 2005/78/ES, 2006/51/ES, 2006/81/ES, 2006/96A (83RI05C, 49R03A, 49R04A)”[9]

EURO 4: „98/69/ES, 1999/96/ES-B1, 1999/102/ES, 2001/1ES, 2001/27/ES-B1, 2001/100/ES, 2002/80/ES, 2003/76/ES (83RII05C, 49R03B1, 49R04B1)”[9]

Pro splnění normy EURO 3 bylo nařízeno snížit podíl olovnatých částic ve výfukových plynech naftových motorů. Bylo počítáno se zavedením speciálních filtrů na mikročástice, ale nakonec pro splnění normy vyhověly i běžné a levnější otevřené filtry. Tyto otevřené filtry nevyvolávají protitlak ve výfukovém potrubí a nesnižují tak výkon motoru.

Při zavedení normy EURO 3 byl zrušen do té doby prodáváný benzín Speciál 91 (BA 91). Norma EURO 3 si vynutila masové nasazení katalyzátorů do vozidel a pro normu EURO 4 musela být provedena u řady vozidel i optimalizace spalovacího procesu. Limity pro emise škodlivin dle norem EURO 3 a 4 jsou uvedeny v tab. 4.5.

Tab. 4.5 – Porovnání hodnot emisí škodlivin dle norem EURO 3 a 4 [1]

| EURO 3 | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------|---------|-----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------------------|-------|-----------------------------|-------|-----------|
| Platnost od | Třída/skupina automobilů | | Referenční hmotnost RW (kg) | CO (g/km) | | HC (g/km) | | NO _x (g/km) | | HC + NO _x (g/km) | | PM (g/km) |
| | Třída | Skupina | | benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta | nafta |
| 1. 1. 2000 | osobní | | všechny | 2,30 | 0,64 | 0,20 | | 0,15 | 0,50 | | 0,56 | 0,05 |
| 1. 1. 2000 | | I | RW < 1305 | 2,30 | 0,64 | 0,20 | | 0,15 | 0,50 | | 0,56 | 0,05 |
| 1. 1. 2001 | lehké užitkové | II | 1305 < RW < 1760 | 4,17 | 0,80 | 0,25 | | 0,18 | 0,65 | | 0,72 | 0,07 |
| | | III | RW < 1760 | 5,22 | 0,95 | 0,29 | | 0,21 | 0,78 | | 0,86 | 0,10 |
| EURO 4 | | | | | | | | | | | | |
| Platnost od | Třída/skupina automobilů | | Referenční hmotnost RW (kg) | CO (g/km) | | HC (g/km) | | NO _x (g/km) | | HC + NO _x (g/km) | | PM (g/km) |
| | Třída | Skupina | | benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta | nafta |
| 1. 1. 2005 | osobní | | všechny | 1,00 | 0,50 | 0,10 | | 0,08 | 0,25 | | 0,30 | 0,025 |
| 1. 1. 2005 | | I | RW < 1305 | 1,00 | 0,50 | 0,10 | | 0,08 | 0,25 | | 0,30 | 0,025 |
| 1. 1. 2006 | lehké užitkové | II | 1305 < RW < 1760 | 1,81 | 0,63 | 0,13 | | 0,10 | 0,33 | | 0,39 | 0,040 |
| | | III | RW < 1760 | 2,27 | 0,74 | 0,16 | | 0,11 | 0,39 | | 0,46 | 0,060 |

Z výše uvedeného porovnání norem EURO 3 a 4 si můžeme všimnout, že hodnoty emisních limitů pro jednotlivé složky výfukových plynů normy EURO 4 oproti předchozí normě EURO 3 jsou prakticky poloviční u všech typů vozidel a druhů motorů. Dalším důležitým faktem, který stojí za zmínku je, že od zaváděcího předpisu číslo 83 R05 (dle EHK) se již počítá s odděleným vyhodnocováním oxidů dusíku NO_x a uhlovodíků HC. Dříve byly tyto dvě složky výfukových plynů při měření vyhodnocovány společně. Více o měření výfukových plynů si uvedeme v kapitole 5 této práce.

Od emisní normy EURO 3 se můžeme setkat s označením vozidla EEV, což je nejpřísnější emisní standard pro motory s vnitřním spalováním. Lze se s ním setkat u autobusů IVECO, nákladních vozidel DAF apod.

4.2.3 Emisní norma EURO 5

a) Pro osobní a lehká užitková motorová vozidla (kategorie vozidel M₁, N₁ a N₂)

Emisní norma EURO 5 byla pro osobní a lehká nákladní motorová vozidla zavedena v Evropě v září roku 2009 prostřednictvím Evropské komise (EC) na základě zaváděcího předpisu číslo 715/2007/EC.

Norma EURO 5 je zaměřena více na vozidla s naftovými motory, které se snaží v emisích srovnat s motory benzinovými, což je trend moderní doby. Oproti normě EURO 4 předepisuje norma EURO 5 pětina hodnoty emisí PM. Tyto limity byly splněny jen díky použití drahých mikrofiltrů, které mají PM částice zachycovat. Podobně byly využity nové technologie na snižování emisí NO_x (např. systém SCR). V případě zážehových motorů nastala změna jen v limitech množství HC a NO_x, obsah CO zůstal nezměněn. U zážehových motorů s přímým vstřikem paliva bylo od normy EURO 5 nařízeno montovat filtry na olovnaté částice.

Moderní automobil splňující normu EURO 5 produkuje velmi „čisté“ výfukové plyny, a to až do takové míry, že vypouštěné plyny mohou být dle některých zdrojů čistější než nasávaný vzduch. Tohoto úspěchu bylo dosaženo zejména nasazením přeplňovaných maloobjemových motorů.

Všechny výsledky spočívající ve snížení hodnot emisí výfukových plynů dle normy EURO 5 jsou pro kategorie vozidel M₁, N₁ a N₂ názorně uvedeny v tab. 4.6.

Tab. 4.6 – Norma EURO 5 a její emisní požadavky na osobní a lehká užitková vozidla [1]

| EURO 5 (Pozn.: BDE = zážehové motory s přímým vstřikem) | | | | | | | | | | | |
|--|---------|-----------------------------|-----------|-------|-----------|-------|------------------------|-------|-----------------------------|-----------|-------|
| Třída/skupina automobilů | | Referenční hmotnost RW (kg) | CO (g/km) | | HC (g/km) | | NO _x (g/km) | | HC + NO _x (g/km) | PM (g/km) | |
| Třída | Skupina | | benzín | nafta | benzín | nafta | benzín | nafta | nafta | BDE | nafta |
| osobní | | všechny | 1,00 | 0,50 | 0,075 | | 0,060 | 0,20 | 0,25 | 0,005 | 0,005 |
| lehké užitkové | I | RW < 1305 | 1,00 | 0,50 | 0,10 | | 0,060 | 0,20 | 0,25 | 0,005 | 0,005 |
| | II | 1305 < RW < 1760 | 1,81 | 0,63 | 0,13 | | 0,075 | 0,26 | 0,32 | 0,005 | 0,008 |
| | III | RW < 1760 | 2,27 | 0,74 | 0,16 | | 0,082 | 0,31 | 0,38 | 0,005 | 0,012 |

b) Pro těžká nákladní vozidla a autobusy (kategorie vozidel M₂, M₃ a N₃)

Pro těžká nákladní vozidla a autobusy byla norma EURO 5 zavedena v říjnu roku 2008, a to na základě předpisů číslo 2005/55/EC a 2005/78/EC. V tab. 4.7 jsou uvedeny emisní limity normy EURO 5 pro těžká nákladní vozidla a autobusy i s praktickým přehledem souvisejících emisních norem. S ohledem na rozdílnost měření při emisních zkouškách (motor se testuje na dynamometru mimo vozidlo) jsou jednotlivé limity emisí uvedeny v jednotkách g/kWh, na místo g/km.

Tab. 4.7 – Norma EURO 5 a její emisní požadavky na těžká nákladní vozidla a autobusy [1]

| Hodnoty emisí z výfukových plynů pro těžké užitkové automobily a autobusy | | | | | | | | | |
|--|---------------|---------------|---------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------|---------------------------|
| | EURO 0 | EURO 1 | EURO 2 | EURO 3 | | EURO 4/5 | | EURO 6 | |
| | 88/77/EHS | 91/542/EHS | | 1999/96/ES | | | | | |
| | od 1988 /1990 | od 1992 /1993 | od 1995 /1996 | od 2000 | | od 2005/2006, resp. 2008/2009 | | od 2010 | |
| | | 1. stupeň | 2. stupeň | test ESC-ELR ¹⁾ | test ETC ^{2) 3)} | test ESC-ELR ¹⁾ | test ETC | test ESC-ELR | test ETC ^{2) 3)} |
| | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh | g/kWh |
| CO | 12,30 | 4,9 | 4,0 | 2,1 | 5,45 | 1,5 | 4,00 | 1,5 | 4,0 |
| HC | 2,60 | 1,23 | 1,10 | 0,66 | | 0,46 | | 0,46 | |
| NMHC | | | | | 0,78 | | 0,55 | | 0,55 |
| Metan | | | | | 1,60 ⁴⁾ | | 1,1 ⁴⁾ | | 1,1 ⁴⁾ |
| NO _x | 15,80 | 9,00 | 7,0 | 5,0 | 5,0 | 2,5/2,0 ⁵⁾ | 3,5/2,0 ⁵⁾ | 0,50 | 0,50 |
| Částice | | 0,40 | 0,15 | 0,10 | 0,16 ⁶⁾ | 0,02 | 0,03 ⁶⁾ | 0,002 | 0,003 |
| Saze | | | | 0,8 m ⁻¹ | | 0,5 m ⁻¹ | | | |

¹⁾ změněné/zpřísněné metody zkoušení pro všechny vznětové motory
²⁾ doplňková zkouška pro vznětové motory se systémem následné úpravy výfukových plynů
³⁾ pro plynové motory
⁴⁾ jen pro motory na zemní plyn
⁵⁾ jen pro vznětové motory
⁶⁾ u normy EURO 5 je snížena pouze limitní hodnota pro oxidy dusíku NO_x ze 3,5 na 2,0 g/km
 Limity pro částice se vztahují na celkovou hmotnostní produkci.
 ESC = European Stationary Cycle (stacionární zkouška)
 ETC = European Transient Cycle (dynamická zkouška)
 ELR = European Load Response Test (v budoucnu patrně odpadne, protože je to jen dynamické doplnění stacionární ESC pro zjišťování kouřivosti)

4.2.4 Emisní norma EURO 6

Emisní norma EURO 6 je nejmodernější současnou emisní normou a vstoupila či vstoupí v platnost dle kategorií vozidel následovně:

- od 1. 1. 2013 platí pro těžké nákladní vozy kategorie N₃ a autobusy (kat. M₃)
- od 1. 9. 2014 platí pro schvalování nových typů vozů kategorie M₁, M₂ a N₁ (do hmotnosti 1305 kg)
- od 1. 9. 2015 začne platit pro schvalování vozidel kategorie N₁ (od hmotnosti 1305 kg výše) a N₂.

Tato nová norma vychází z normy předchozí, tj. EURO 5, opět vydáním tzv. revizí k původním dokumentům, např. ji popisuje dokument č. 715/2007 a 595/2009 EC.

Hlavní cíl nové normy je zaručit, aby výfukové plyny produkované motorem zážehovým a vznětovým byly stejně „čistě“, jak udává předchozí norma EURO 5. Datem jejího vydání platí, že naftový motor nesmí produkovat více emisí NO_x než 80 mg/km (dřívější hodnota byla 180 mg/km). Pro zážehové motory je stanovena maximální hodnota NO_x na 60 mg/km.

Pro splnění požadavků normy EURO 6, budou muset mít vozidla do cca 1700 kg hmotnosti tzv. zásobníkový katalyzátor NO_x. Těžší vozidla budou vybavena katalyzátory SCR v kombinaci s AdBlue systémem, tj. aktivním vstřikováním močoviny do výfuku vozidla, čímž dojde k příslušné reakci omezující množství škodlivin ve výfukových plynech v pozitivním smyslu. Nařízená životnost těchto zařízení pro snižování emisí je 160 000 km s tím, že po 5 letech či 100 000 km je nutno jejich činnost ověřit na stanici technické kontroly (STK). Uvedené nutné úpravy způsobí prodražení nových vozidel, což je finanční nevýhoda zavedení přísnější emisní normy.

V tab. 4.8 jsou souhrnně uvedeny nejdůležitější limity emisí pro normu EURO 6.

Tab. 4.8 – Norma EURO 6 a její emisní požadavky na vozidla kategorií M, N₁ a N₂ [10]

| Kategorie vozidla | Referenční hmotnost RM [kg] | CO [mg/km] | | THC [mg/km] | | NMHC [mg/km] | | NO _x [mg/km] | | THC+NO _x [mg/km] | | PM [mg/km] | |
|-------------------|-----------------------------|------------|-----|-------------|---|--------------|---|-------------------------|-----|-----------------------------|-----|------------|-----|
| | | B | N | B | N | B | N | B | N | B | N | B | N |
| - | - | B | N | B | N | B | N | B | N | B | N | B | N |
| M | všechny | 1000 | 500 | 100 | - | 68 | - | 60 | 80 | - | 170 | 5,0 | 5,0 |
| N ₁ | RM ≤ 1305 | 1000 | 500 | 100 | - | 68 | - | 60 | 80 | - | 170 | 5,0 | 5,0 |
| N ₁ | 1305 < RM ≤ 1760 | 1810 | 630 | 130 | - | 90 | - | 75 | 105 | - | 195 | 5,0 | 5,0 |
| N ₁ | 1760 < RM | 2270 | 740 | 160 | - | 108 | - | 82 | 125 | - | 215 | 5,0 | 5,0 |
| N ₂ | všechny | 2270 | 740 | 160 | - | 108 | - | 82 | 125 | - | 215 | 5,0 | 5,0 |

Legenda:
 B – zážehový motor
 N – vznětový motor
 THC – celková hmotnost uhlovodíků
 NMHC – hmotnost uhlovodíků neobsahujících metan

Norma EURO 6 zavádí také novou kategorii při vyhodnocování škodlivých emisí, a to kategorii označenou jako PN [km^{-1}], což je počet emitovaných částí PM na ujetý kilometr. Uvádí se startovní hodnota meze $6,0 \times 10^{11}$ částic.

Výše uvedené množství zaváděcích předpisů pro jednotlivé EURO normy dle nařízení bruselských (ES) či ženevských (EHK) svědčí o tom, že dnešní situace v oblasti emisních norem není vůbec jednoduchá. Nové normy týkající se emisních předpisů či oblastí měření emisí se už prakticky nevydávají a k jejich úpravám většinou slouží tzv. revize. Revize jsou vydávány i několikrát ročně, což působí v oblasti problematiky emisí značný chaos.

Naším úkolem nebylo budoucího čtenáře zahltit informacemi „navíc“, ale poskytnout mu možnost si dle těchto zaváděcích předpisů dohledat celou řadu dalších zajímavých dokumentů.

5 MĚŘENÍ A OVĚŘOVÁNÍ PLNĚNÍ EMISNÍCH PŘEDPISŮ

V úvodu této kapitoly musíme konstatovat, že problematika vlastního měření emisí je velmi obsáhlá a pro potřeby této práce bude muset být značně zjednodušena. Pro naše potřeby budeme používat evropské předpisy EHK 83 a EHK 49, které měření emisí u motorových vozidel (dále jen vozidel) podrobně definují a jejichž popis provedeme dále. Ve své podstatě se jedná o velmi rozsáhlé sborníky informací ohledně emisí vozidel. Dále zde zmíníme některé měřicí metody a samozřejmě uvedeme nejvíce používanou měřicí techniku.

Zkoušky vozidel z hlediska emisí lze rozdělit na:

- zkoušky u nových vozidel, tzv. zkoušky homologační (typové); provádí akreditovaná zkušební laboratoř (např. DEKRA a.s. či TÜV SÜD Czech s.r.o.)
- zkoušky životnosti, zkoušky sériové a kontrola při provozu; provádí výrobce vozidla či akreditovaná zkušební laboratoř
- zkoušky u vozidel v provozu; provádí stanice měření emisí na žádost vlastníka vozidla
- OBD – zkouška emisního systému skrze vlastní palubní diagnostiku vozidla

Tab. 5.1 – Přehled zkoušek vozidel z hlediska emisí [1]

| Přehled legislativních opatření pro kontrolu automobilů | | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|---|
| | Nové automobily | | | Automobily v provozu | | |
| | Typová zkouška | Životnost | Sériová zkouška | Kontrola při provozu | Periodická kontrola výfukových plynů | OBD |
| Stanovený cíl | prokázání, že u daného typu vozidla jsou dodrženy požadavky zákona | prokázání, že u daného typu vozidla jsou dodrženy požadavky zákona | statistická jistota v sériové výrobě | odhalování technických nedostatků daného typu automobilů nebo nedostatečné předpisy pro údržbu | odhalování automobilů s velkými emisemi; údaje o stavu údržby automobilů | identifikace nesprávné funkce konstrukčních skupin pro ošetřování výfukových plynů a identifikace pro požadavky oprav |
| Zodpovědnost | výrobce /dovozce automobilu | výrobce /dovozce automobilu | výrobce /dovozce automobilu | výrobce /dovozce automobilu | držitel automobilu | držitel automobilu |
| Výběr automobilu | prototyp | prototyp nebo sériový automobil | zkouška náhodně vybraných automobilů, max. 3 automobily | zkouška náhodně vybraných automobilů z provozovatele parku, min. 3, max. 20 automobilů | všechny automobily v provozu | všechny automobily v provozu |
| Časový interval zkoušek | jednorázově | jednorázově | sporadicky | pravidelně | podle platné legislativy | trvale |
| Druh zkoušky | typová zkouška | dlouhodobá zkouška nebo výpočetem s pevným faktorem zhoršení | typová zkouška | typová zkouška | zkrácený test | podle aplikace výrobce (reálné podmínky) |
| Vliv na snížení emisí | použitá technologie | životnost v laboratorních podmínkách | použitá technologie a její realizace při výrobě | použitá technologie a její realizace při výrobě | stav péče a údržba automobilu | životnost a údržba v reálných podmínkách |
| Zákonné podklady | směrnice EU o opatřeních proti znečišťování ovzduší emisemi z automobilů 91/441/EHS; 94/12/ES; 98/69/ES | | | 98/69/ES | 98/69/ES | 98/69/ES |

5.1 Měření emisí u vozidel dle předpisu EHK 83

Stručná charakteristika předpisu EHK 83 z hlediska měření emisí:

- tento předpis platí pro vozidla kategorie M_1, M_2, N_1 a N_2 s maximální referenční hmotností 2 610 kg (na žádost výrobce vozidla maximálně 2 840 kg)
- zavádí používanou terminologii (např. emise výparu, ...)
- zahrnuje tato zkušební paliva: benzín, motorovou naftu, LPG, NG/biomethan, E85, biopaliva a vodík
- vyhodnocuje emise u vozidel na jedno palivo i na kombinace paliv + zahrnuje i vozidla hybridní (spalovací motor + elektromotor)
- pro vozidla se zážehovým motorem předepisuje zkoušky typu I až VI + zkoušku OBD
- pro vozidla se vznětovým motorem předepisuje zkoušky typu I a V + zkoušku OBD
- měření probíhá na válcovém dynamometru simulací jízdního režimu (předpis také předepisuje požadavky na zkušební zařízení, měřicí techniku a podmínky měření)

U vozidel se v závislosti na druhu motoru provádí dle předpisu EHK 83 tyto zkoušky:

- **Typ I** – ověření průměrných emisí z výfuku po startu za studena
- **Typ II** – emise oxidu uhelnatého při volnoběhu
- **Typ III** – emise plynů z klikové skříně
- **Typ IV** – emise výparu
- **Typ V** – životnost zařízení k regulaci znečišťování
- **Typ VI** – ověření průměrných emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků z výfuku za nízkých teplot po startu za studena
- **OBD**

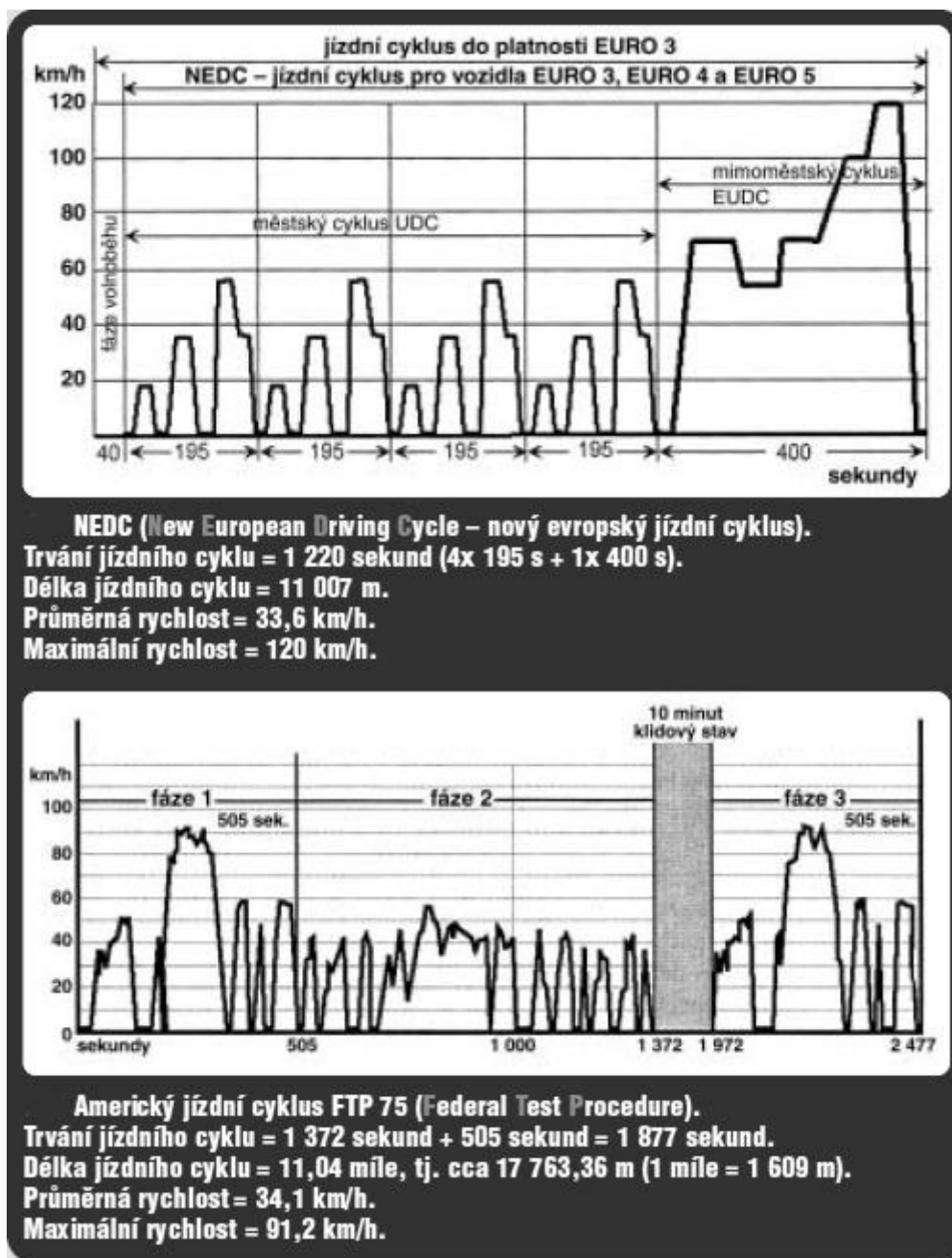
Všechny zkoušky jsou prováděny při přesně definovaných zkušebních podmínkách a těmi v závislosti na typu zkoušky může být zejména: teplota t [°C] (např. okolí, motoru, paliva ...), tlak p [Pa], vlhkost H [g H_2O / kg s.vz.], schválené zkušební palivo, předepsaný jízdní režim atd. Bližší popis jednotlivých zkoušek provedeme nyní.

5.1.1 Zkouška typu I

Tato zkouška zjišťuje průměrné emise z výfuku po studeném startu a provádí se u všech vozidel do hmotnosti 3500 kg. Vozidlo se při této zkoušce umístí na válcový dynamometr vybavený simulací jízdního režimu dle cyklu NEDC. Zkouška se provádí 19 minut a 40 sekund (prvních 40 sekund od normy EURO 3 výše odpadá) a skládá se ze dvou částí. První část se skládá ze čtyř základních městských cyklů a každý cyklus obsahuje 15 fází (volnoběh, zrychlení, stálá rychlost, zpomalení atd.). Druhá část je tvořena jedním mimoměstským cyklem, který obsahuje 13 fází. Při zkoušce jsou odebírané výfukové plyny ředěny, je odebírán jejich vzorek do sběrného vaku či vaků a následně se provede jejich analýza metodou CVS.

U vznětových motorů se kromě emisí CO, HC a NO_x zaznamenávají též i emise PM. Tato zkouška se musí dle předpisu třikrát opakovat a výsledky se vynásobí tzv. faktory zhoršení.

Na obr. 5.1 je uveden zkušební cyklus NEDC pro homologační zkoušku typu I. Pro srovnání je také uveden cyklus FTP – 75, který se používá v USA. V tab. 5.2 jsou uvedeny mezní hodnoty pro cyklus NEDC dle předpisu EHK 83.



Obr. 5.1 – Jízdní cyklus NEDC a FTP – 75 [1]

Tab. 5.2 – Mezní hodnoty emisí pro zkoušku typu I [10]

| | | (RM) [kg] | Mezní hodnoty | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|-------|------------------|---------------|-----|-------|----|--------|----|--------------------|-----|------------------------|-----|------------------|-----|------|--------------------|
| | | | (CO) | | (THC) | | (NMHC) | | (NO _x) | | (THC+NO _x) | | (PM) | | (PN) | |
| | | | [mg/km] | | | | | | | | | | | | | |
| Kategorie | Třída | | PI | CI | PI | CI | PI | CI | PI | CI | PI | CI | PI ¹⁾ | CI | PI | CI |
| M | - | všechny | 1000 | 500 | 100 | - | 68 | - | 60 | 180 | - | 230 | 4,5 | 4,5 | - | 6×10 ¹¹ |
| N ₁ | I | RM ≤ 1305 | 1000 | 500 | 100 | - | 68 | - | 60 | 180 | - | 230 | 4,5 | 4,5 | - | 6×10 ¹¹ |
| | II | 1305 < RM ≤ 1760 | 1810 | 630 | 130 | - | 90 | - | 75 | 235 | - | 295 | 4,5 | 4,5 | - | 6×10 ¹¹ |
| | III | 1760 < RM | 2270 | 740 | 160 | - | 108 | - | 82 | 280 | - | 350 | 4,5 | 4,5 | - | 6×10 ¹¹ |
| N ₂ | | všechny | 2270 | 740 | 160 | - | 108 | - | 82 | 280 | - | 350 | 4,5 | 4,5 | - | 6×10 ¹¹ |

Legenda:
PI – zážehový motor
CI – vznětový motor
THC – celková hmotnost uhlovodíků
NMHC – hmotnost uhlovodíků neobsahujících metan
¹⁾ – mezní hodnoty hmotnosti částic u zážehových motorů se vztahují pouze na vozidla s motory s přímým vstřikem

5.1.2 Zkouška typu II

Zkouška tohoto typu se provádí u všech vozidel se zážehovým motorem a zjišťuje emise CO při volnoběhu. Pokud vozidlo je poháněno dvěma palivy, vykoná se pro každé z nich. Maximální povolený obsah CO je při volnoběhu stanoven výrobcem vozidla, ale jeho obsah nesmí překročit 0,3 % obj. Při vysokých otáčkách nejméně 2000 min⁻¹ nesmí překročit obsah CO 0,2 % při hodnotě $\lambda=1\pm 0,03$.

5.1.3 Zkouška typu III

Tato zkouška slouží k ověření emisí plynů z klikové skříně a vykonává se u všech vozidel, s výjimkou vozidel se vznětovým motorem. U vozidel s motorem na benzín a LPG se provádí jen s benzínovým palivem. Systém odvětrání klikové skříně použitý u současných vozidel, nesmí umožňovat únik emisí do ovzduší.

5.1.4 Zkouška typu IV

Tato zkouška stanovuje emise výparu, jedná se o tzv. SHED TEST a provádí se u všech vozidel, s výjimkou vozidel s motorem na naftu či LPG a CNG. V případě kombinovaného pohonu se vykoná jen při pohonu na benzín.

Vozidlo se při zkoušce umístí do plynotěsné komory a nádrž se asi do jedné poloviny naplní palivem o teplotě 10÷14,5 °C. V ovzduší komory se změří aktuální koncentrace emisí, poté se palivo zahřeje na teplotu vyšší (20÷35 °C) a provede se vyhodnocení výparu. Během zkoušky musí být kufr i dveře vozidla otevřeny a celkový výpar za 24 hodin nesmí být větší než 2 gramy.

5.1.5 Zkouška typu V

Tato zkouška slouží ke zkoušce životnosti zařízení proti znečišťujícím látkám. Vykonává se pro všechna vozidla, pro která byla provedena zkouška typu I. Podstatou zkoušky je ujetí 160 000 km podle cyklu SBC (vozidla se zážehovým motorem), což je 60-ti sekundový cyklus, který se v případě potřeby opakuje.

Cílem je vyvolat stárnutí katalyzátoru vozidla a kyslíkové sondy. V případě vozidel s naftovým motorem se používá cyklus SDBS, který má za úkol vyvolat řízené regenerace filtru pevných částic.

Zkouška může být prováděna laboratorně (na dynamometru) nebo při jízdě na silnici či zkušební dráze. V tomto případě hovoříme o cyklu SRC.

5.1.6 Zkouška typu VI

Tato zkouška slouží pro ověření emisí CO a HC z výfuku po studeném startu při nízkých teplotách okolí. Zkouška je prováděna u vozidel kategorie M₁ a N₁ se zážehovým motorem, s výjimkou vozidel, jejichž motor spaluje jen LPG či CNG. Vozidlo se při zkoušce umístí na válcový dynamometr, u kterého je možno nastavit různé setrvačné hmoty. Průběh zkoušky je složen ze čtyř základních částí, viz zkouška typu I. Zkouška se provádí bez přerušování a trvá 780 sekund.

Začíná se startem motoru při teplotě $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odebrané výfukové plyny se opět ředí a z nich se odebere zkušební vzorek, který se vyhodnotí některou z vhodných metod. Celý postup se třikrát opakuje.

Pro následnou analýzu a zjištění obsahu CO a HC je třeba též zaznamenat celkový objem zředěných výfukových plynů. V tab. 5.3 jsou uvedeny mezní hodnoty pro zkoušku typu VI.

Tab. 5.3 – Mezní hodnoty pro zkoušku typu VI [10]

| Kategorie | Třída | Hmotnost oxidu uhelnatého L ₁ [g/km] | Hmotnost uhlovodíků L ₂ [g/km] |
|------------------------------|-------|---|---|
| M ₁ ¹⁾ | - | 15 | 1,8 |
| N ₁ | I | 15 | 1,8 |
| N ₁ ²⁾ | II | 24 | 2,7 |
| | III | 30 | 3,2 |

Legenda:
¹⁾ – S výjimkou vozidel určených k přepravě více než šesti osob a vozidel, jejichž maximální hmotnost přesahuje 2 500 kg
²⁾ – a vozidla M₁ uvedená v poznámce ¹⁾

5.1.7 Zkouška OBD

Podstatou této zkoušky je využití palubní diagnostiky vozidla (OBD) ke zjištění, zda veškeré systémy ve vztahu k emisím jsou funkční. Prostřednictvím OBD se musí sledovat minimálně:

- **u zážehových motorů** – činnost katalyzátoru, výpadky zapalování, funkce λ – sond a obvodu proti emisím z výparu paliva
- **u vznětových motorů** – činnost katalyzátoru a částicového filtru (jsou-li použity), vstříkovací systém a další podsystémy ve vztahu k emisím (např. přeplňování, vstříkávání močoviny,...)

Případné závady v systémech pro omezování emisí musí být uloženy do vnitřní paměti palubní diagnostiky OBD.

V případech, kdy jsou překročeny hodnoty dané tab. 5.4 musí dojít k rozsvícení kontrolního světla na přístrojové desce, tzv. MI svítilny s přesně definovaným symbolem. Tato kontrolka se musí také rozsvítit, pokud hrozí poškození např. katalyzátoru či systém OBD nedokáže kvalitně hlídat produkci emisí.

Pokud se během 40-ti bezvadných startů a provozu motoru závada již neobjeví, záznam se z paměti systému OBD může smazat. Pokud pominou důvody pro rozsvícení svítilny MI, tak může být tato zhasnuta.

Tab. 5.4 – Mezní hodnoty pro zkoušku OBD z hlediska emisí [10]

| Vozidlo | | Referenční hmotnost RW [kg] | CO | | NMHC | | NO _x | | PM | |
|------------------------------|-------|-----------------------------|---------|------|------|-----|-----------------|-----|------------------|------------------|
| | | | [mg/km] | | | | | | | |
| Kategorie | Třída | | PI | CI | PI | CI | PI | CI | PI ¹⁾ | CI ²⁾ |
| M | - | všechny | 1900 | 1900 | 250 | 320 | 300 | 540 | 50 | 50 |
| N ₁ ³⁾ | I | RM ≤ 1305 | 1900 | 1900 | 250 | 320 | 300 | 540 | 50 | 50 |
| | II | 1305 < RM ≤ 1760 | 3400 | 2400 | 330 | 360 | 375 | 705 | 50 | 50 |
| | III | 1760 < RM | 4300 | 2800 | 400 | 400 | 410 | 840 | 50 | 50 |
| N ₂ | - | všechny | 4300 | 2800 | 400 | 400 | 4110 | 840 | 50 | 50 |

Legenda:
 PI – zážehový motor
 CI – vznětový motor
 NMHC – hmotnost uhlovodíků neobsahujících metan
¹⁾ – Mezní hodnoty hmotnosti částic u zážehových motorů platí jen pro vozidla s motory s přímým vstřikem
²⁾ – Mezní hodnota 80 mg/km pro PM platí pro vozidla kategorií M a N s referenční hmotností větší než 1 760 kg do 1. září 2011 pro homologaci typu nových vozidel
³⁾ – Zahrnuje vozidla kategorie M₁, která splňují definici vozidla, které má zvláštní sociální funkci (např. sanitní vůz)

5.2 Měření emisí u vozidel dle předpisu EHK 49

Stručná charakteristika předpisu EHK 49 z hlediska měření emisí:

- tento předpis platí pro vozidla kategorie M₁, M₂, N₁ a N₂ přesahující referenční hmotnost 2 610 kg a pro všechna vozidla kategorie M₃ a N₃
- zavádí potřebnou terminologii (např. cyklus stárnutí, rodina motorů, ...)
- daný motor se zkouší mimo vozidlo pomocí dynamometru
- předpis předepisuje požadavky na zkušební zařízení, měřící techniku a podmínky měření
- pro měření se používají zkušební cykly WHTC a WHSC
- definuje zkoušku OBD z hlediska emisí (zde uváděna spíše jako OTL)

Předpis EHK 49 definuje dva postupy měření emisí, které jsou naprosto rovnocenné:

- „vzorky plyných složek se odebírají kontinuálně ze surového výfukového plynu a částice se určí s použitím systému s ředěním části toku” [10]
- „plynné složky a částice se určí s použitím systému s ředěním plného toku (systém CVS)” [10]

Oba tyto postupy je možno použít pro zkušební cykly WHTC a WHSC a je přípustná jejich kombinace.

Vzorky pro emisní testy dle EHK 49 jsou odebírány dvěma způsoby, a to:

- kontinuálním odběrem vzorků

„U kontinuálního odběru vzorků se měří kontinuálně složky v surovém nebo ve zředěném výfukovém plynu. Tato koncentrace se vynásobí kontinuálním průtokem výfukového plynu (surového nebo zředěného) v místě odběru emisí k určení hmotnostního průtoku složky.

Emise složky se kontinuálně sčítají v průběhu zkušebního cyklu. Tento součet je celkovou hmotností emitované složky.”[10]

- odběrem vzorků dávkami

„U odběru dávek se kontinuálně odebírá vzorek surového nebo zředěného výfukového plynu a ukládá se k pozdějšímu změření. Odebraný vzorek musí být proporcionální k průtoku surového nebo zředěného výfukového plynu. U jednotlivých odebraných dávek jsou plynné složky shromážděny ve vaku a znečišťující částice jsou zachyceny na filtru. Koncentrace složek odebraných do dávky se vynásobí celkovou hmotností výfukového plynu nebo hmotnostního průtoku (surového nebo zředěného plynu), z nichž byla dávka odebrána v průběhu zkušebního cyklu. Výsledkem je celková hmotnost nebo hmotnostní průtok emitované složky. K výpočtu koncentrace znečišťujících částic se částice zachycené z proporcionálně odebraného výfukového plynu na filtru vydělí množstvím výfukového plynu, které prošlo filtrem.”[10]

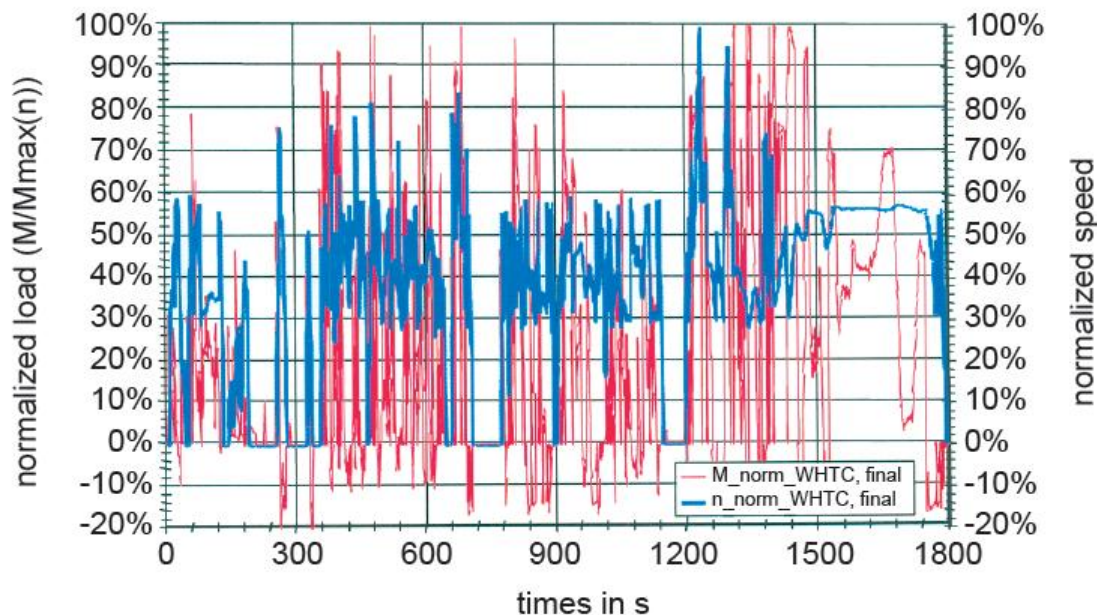
Během měření emisí nesmí být emise z klikové skříně odváděny mimo měřicí soustavu, ale musí být odvedeny do proudu výfukových plynů, aby mohly být též vyhodnoceny.

5.2.1 Zkušební cyklus s neustálenými stavy (WHTC)

Tento cyklus je charakteristický rychle se měnícím sledem normalizovaných hodnot otáček a točivého momentu. Tyto normalizované hodnoty se převedou na skutečné hodnoty pro daný motor na základě tzv. křivky mapování motoru. Vlastní převádění normalizovaných hodnot se nazývá dle předpisu jako denormalizace, čímž se vytvoří příslušný referenční cyklus pro zkoušený motor. Pomocí těchto referenčních hodnot otáček a točivého momentu se provede zkouška na dynamometru, přičemž jsou zaznamenávány skutečné otáčky, točivý moment a výkon zkoušeného motoru. Na závěr zkoušky musí být provedeno vyhodnocení zkoušky pomocí regresní analýzy hodnot referenčních a skutečných.

Pro výpočet vlastních emisí produkovaných motorem je třeba znát skutečnou vykonanou práci motoru v průběhu zkušebního cyklu. Tato skutečná práce se opět srovnává s referenční hodnotou a musí být v příslušných mezích.

Plynné emisní vzorky se odebírají a zpracují výše uvedenými způsoby v souladu s předpisem EHK 49. Záznam ze zkušebního cyklu WHTC je zobrazen na obr. 5.2.



Obr. 5.2 – Schematický záznam cyklu WHTC [11]

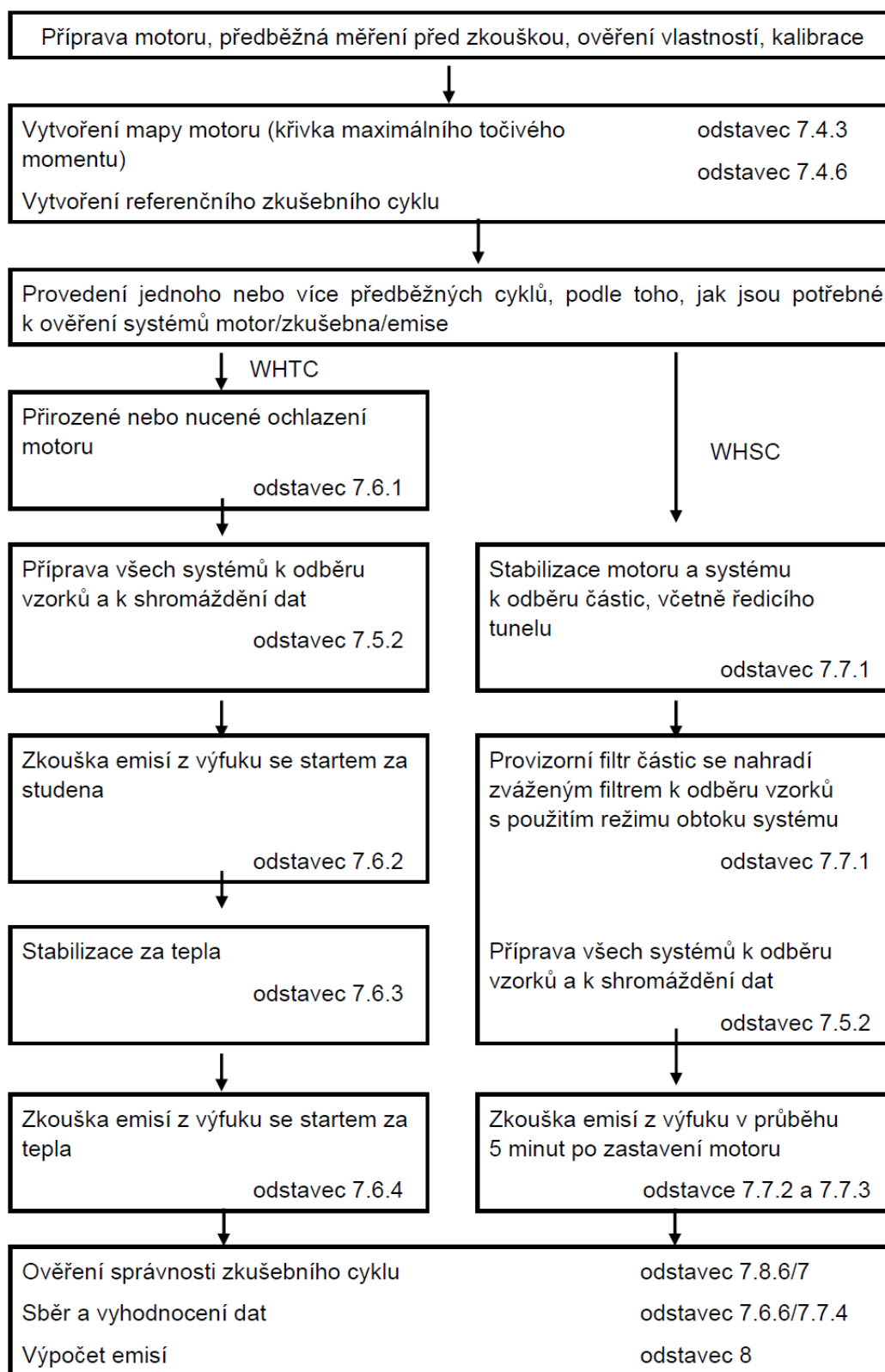
5.2.2 Zkušební cyklus s ustálenými stavy a lineárními přechody (WHSC)

„Zkušební cyklus s ustálenými stavy a lineárními přechody WHSC se skládá z určitého počtu režimů s normalizovanými otáčkami a zatížením, které se musí konvertovat na referenční hodnoty pro individuální motor, který se zkouší na základě křivky mapování motoru.“ [10]

Doba činnosti motoru v každém režimu cyklu WHSC je dána předpisem, otáčky a zatížení se mění během tzv. přechodové doby, která činí 20 ± 1 s.

Plynné emise se měří v průběhu celého testu (koncentrace a průtok) a dále se zaznamenává výkon motoru připojeného na záznamové zařízení dynamometru. Analýza vzorků může probíhat průběžně nebo se využívá jejich jímání do vaků a poté se vzorek naředí ředícím médiem a provede vlastní analýza dané emisní složky, která se zachytila na vhodném filtru. Pro výpočet množství emisí je nutné znát také skutečnou práci motoru vykonanou v průběhu cyklu. Tato práce se vypočítává integrací skutečného výkonu.

Obr. 5.3 zachycuje schéma sledu zkoušek dle předpisu EHK 49 obecně a tab. 5.5 poskytuje přehled o mezních hodnotách emisí pro cykly WHTC a WHSC.



Obr. 5.3 – Sled zkoušek dle předpisu EHK 49 (výběr) [10]

Tab. 5.5 – Mezní hodnoty emisí pro zkušební cykly WHSC a WHTC [10]

| | CO | THC | NMHC | CH ₄ | NO _x | NH ₃ | PM | PN |
|----------|----------|-----|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|----------------------|
| | [mg/kWh] | | | | | [ppm] | [mg/kWh] | [#/kWh] |
| WHSC (V) | 1500 | 130 | - | - | 400 | 10 | 10 | 8,0×10 ¹¹ |
| WHTC (V) | 4000 | 160 | - | - | 460 | 10 | 10 | 6,0×10 ¹¹ |
| WHTC (Z) | 4000 | - | 160 | 500 | 460 | 10 | 10 | - |

Legenda:
(V) – vznětový motor
(Z) – zážehový motor
THC – celková hmotnost uhlovodíků
NMHC – uhlovodíky neobsahující metan
CH₄ – obsah metanu
PN – počet částic PM na kWh

5.3 Metody analýz výfukových plynů

V této podkapitole si stručně popíšeme jednotlivé metody pro analýzu výfukových plynů, resp. emisí v nich obsažených.

5.3.1 Metoda CVS (Constant Volume Sampling)

„Zkušební metoda CVS byla zavedena v roce 1972 v USA pro osobní a lehké užitkové automobily.“ [1]

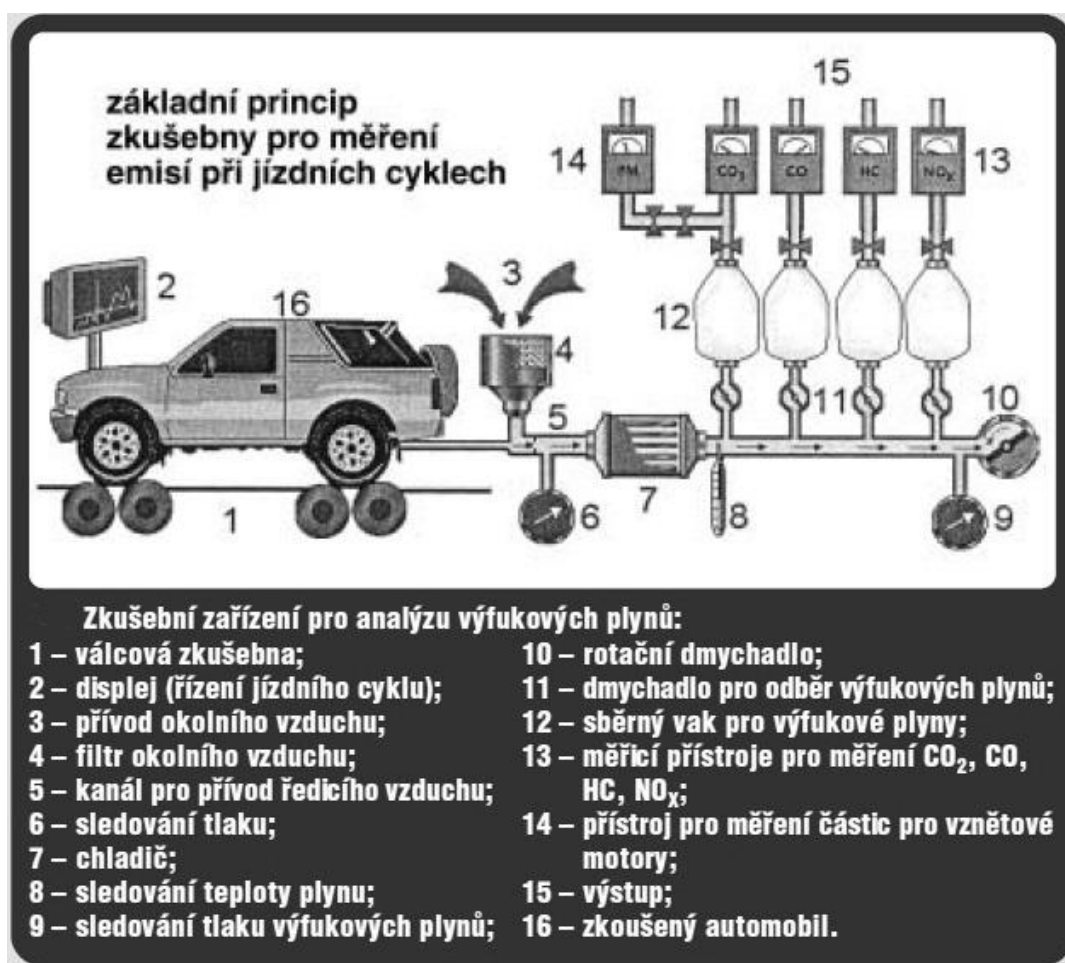
Metoda CVS pracuje na principu odběru vzorků výfukových plynů, které se následně zředí čistým vzduchem na konstantní objem směsi. Tento postup zaručí, že:

- budou zohledněny skutečné individuální objemy výfukových plynů
- budou podchyceny nestacionární jízdní režimy (zpomalování, zrychlování)
- bude zabráněno kondenzaci vodních par a nedojde k reakci složek emisí ve výfukovém plynu
- budou sníženy ztráty složek emisí NO_x ze vzorku

Pohled na zkušební zařízení pro analýzu výfukových plynů metodou CVS je na obr. 5.4.

Během příslušného jízdního cyklu proudí výfukové plyny do místa sběru, kde se nejprve zředí vyčištěným vzduchem a z této směsi o konstantním objemu je odebrána určitá část, která je odvedena do příslušného sběrného vaku, kde se hromadí. Koncentrace škodlivin ve vaku odpovídá střední hodnotě koncentrace nasávané směsi výfukových plynů a celkový objem plynů tedy známe. Díky tomu už máme vše k analýze příslušného vzorku a můžeme přesně vypočítat množství dané složky emisí ve vaku. Konkrétní výpočtové vztahy a další podrobnosti obsahuje kompletní měřící předpis, např. EHK 83.

Pro korekci výsledků je odebírán zkušební vzorek také z ředícího vzduchu.



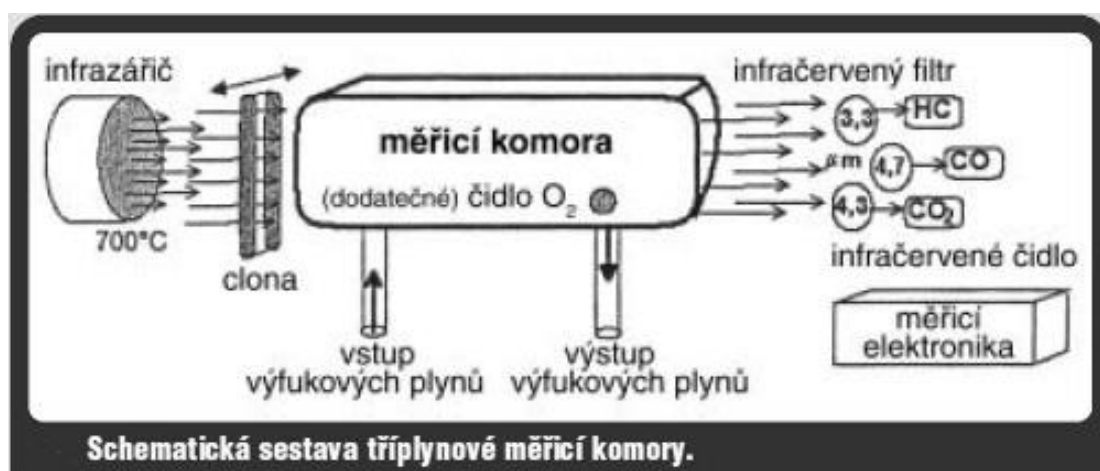
Obr. 5.4 – Zkušební zařízení pro metodu CVS [1]

5.3.2 Metoda FID (Flame Ionisation Detection)

Tato metoda, jak název napovídá, využívá k analýze emisí detekci plamenovou ionizací. Tato metoda je hojně používaná v průmyslu a využívá se i pro tzv. typovou zkoušku automobilů. Podstatou plamenové ionizace je, že plamen vodíku v elektrickém poli uvolní proud iontů. Výhodné je použití této metody zvláště díky její necitlivosti na kolísání okolní teploty. Naproti tomu se uvádí, že přesnost analýzy leží v rozsahu několika jednotek ppm (part per milion) a 100 %, což je velký rozptyl a zároveň i nevýhodou této metody.

5.3.3 Metoda NDIR (Non Dispersive Infra Red)

Tato metoda, jak název napovídá, je označena jako nedisperzní a využívá infračerveného záření, které je během analýzy absorbováno atomy výfukového plynu. Tato absorpce je tím větší, čím více daného výfukového plynu je ve vzorku přítomno. Protože složky výfukového plynu reagují každá různě, je možné využít tzv. tříplynové měřicí komory, jejíž schéma je na obr. 5.5.



Obr. 5.5 – Schéma tříplynové měřicí komory [1]

5.3.4 Metoda měření množství částic

Metoda se využívá zejména pro homologační zkoušku vozidla a dále při vývoji nových motorů. Jedná se o velmi přesnou metodu analýzy emisí PM, která využívá vážení filtrů na mikrometrických vahách. Filtry se musí chránit před vlhkostí, která toto velmi přesné měření ohrožuje. Používají se filtry ze skleněných vláken a filtry ze skleněných vláken s povrchovou vrstvou z teflonu. Schéma měřicí komory pro PM částice je na obr. 5.6. Starší metodou na měření množství PM je třeba metoda zčernání filtračního činidla, která se vyhodnocovala na základě tzv. Bacharachovy stupnice šedi nebo tzv. čísla zčernání dle Bosche. Uvést lze i metodu vizuální, která využívala pouze zrakového posouzení kouřivosti dle příslušné stupnice.



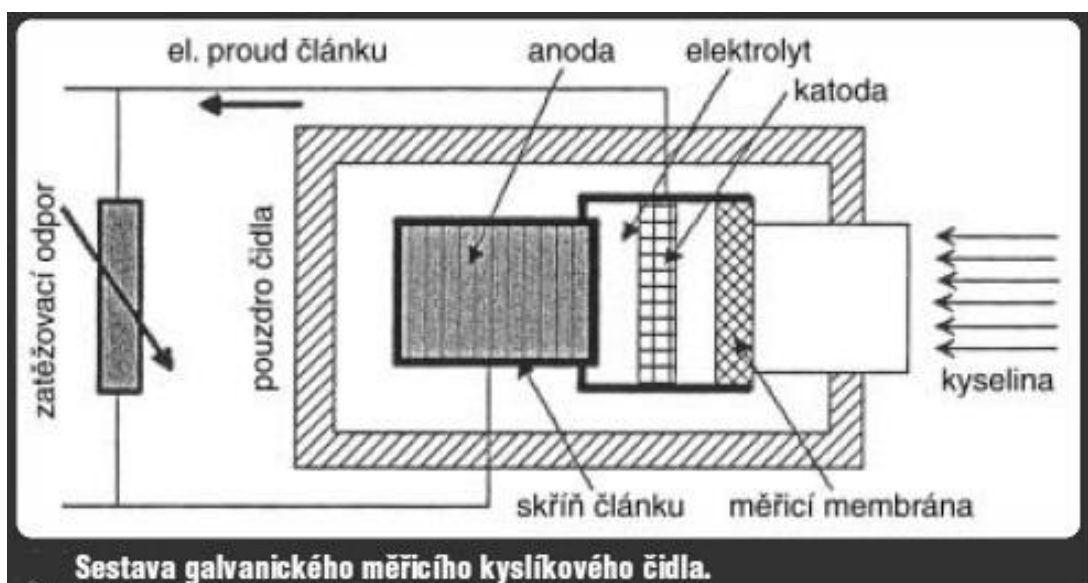
Obr. 5.6 – Měřicí komora pro PM částice [1]

5.3.5 Metody pro měření obsahu kyslíku

Tyto metody vznikly zejména kvůli tomu, že kyslík, jako složka emisí, na infračervené záření nereaguje a nelze tedy předchozí metodu NDIR použít.

Pro měření obsahu kyslíku ve výfukových plynech slouží různé typy kyslíkových senzorů (často označeny jako λ -sondy), které jsou použity i přímo ve vozidlech. Tyto sondy pracují na principu reakce kyslíku se speciálním elektrolytem sondy.

V závislosti na obsahu kyslíku můžeme snímat buďto odpor čidla (udržujeme referenční napětí) anebo přímo změnu napětí ΔU , které se mění v řádech jednotek mV. Pomocí těchto signálů je informována EŘJ vozidla o stavu spalování (chudá či bohatá směs). Tato metoda tedy není pouze záležitostí laboratorní, ale i praktickou, neboť se používá u soudobých vozidel v rámci OBD diagnostiky a to v řadě variant (sonda napěťová, odporová, univerzální). Schematický náčrt kyslíkového čidla je na obr. 5.7.



Obr. 5.7 – Schéma kyslíkového čidla (snímače) [1]

5.4 Měřící technika

Použitou měřící techniku rozdělujeme především v závislosti na typu měřeného motoru. Podle toho, zda se jedná o motor zážehový či vznětový, můžeme měřící přístroje (emisní analyzátory) rozdělit na:

- čtyřsložkové analyzátory; používány pro zážehové motory
- analyzátory kouřivosti (též opacimetry); používány pro vznětové motory
- modulární stanice; dle modulů a výbavy pro všechny typy motorů

V následujících odstavcích si jednotlivé druhy analyzátorů popíšeme blíže a zaměříme se při tom na jejich použití zejména ve stanicích měření emisí (SME) při pravidelných emisních kontrolách vozidel v provozu. Tyto kontroly se v závislosti na kategorii a určení vozidla provádí v pravidelných lhůtách jednoho nebo dvou let. Samozřejmě se analyzátory používají i pro tzv. homologační zkoušky vozidel v akreditovaných zkušebnách. V ČR je to například společnost DEKRA a.s. či TÜV SÜD Czech s.r.o.

Rozdíl v analyzátoch akreditované zkušebny a SME je především v přesnosti a také v tom, že přístroje používané zkušebnou jsou schopny analyzovat více složek najednou, resp. zjistit více druhů plyných emisí.

5.4.1 Čtyřsložkové analyzátory emisí

Tyto analyzátory se používají pro analýzu emisí u zážehových motorů a umožňují vyhodnotit legislativou požadované hodnoty obsahu emisí CO a HC ve výfukových plynech a taktéž hodnotu λ , což je parametr, který dává informaci o stavu motoru a kvalitě spalování. Ke stanovení hodnoty λ je nutno změřit složky emisí: CO [% vol.], HC [ppm], CO₂ [% vol.] a O₂ [% vol.]. Jelikož je obsah emisí HC ve výfukových plynech daleko menší, než ostatních, tak je pro měření stanovena jiná jednotka, a to [ppm]. Převod mezi jednotkami je následující: 1 [% vol.] = 10 000 [ppm].

Pro měření prvních tří složek využívá analyzátor metody měření NDIR, která byla popsána výše. K měření obsahu O₂ je použit elektrochemický snímač (sonda), popsany taktéž výše na obr. 5.7. Životnost této sondy je omezená a je nutno ji v běžném provozu SME vyměnit po cca půl roce.

Mezi doplňkové funkce analyzátoru patří schopnost snímat otáčky motoru n [min⁻¹] a dále umožňuje sledovat teplotu oleje t [°C]. Otáčky je možno sledovat díky tzv. induktivním kleštím, které snímají impulzy ze zapalovacích kabelů vozidla. K měření teploty se používá tepelné čidlo, přesněji snímač, který se zasune místo olejové měřky motoru. Moderní analyzátory jsou schopny, pokud testované vozidlo disponuje rozhraním palubní diagnostiky (dnes již většina), využít i signálů z diagnostické zásuvky vozidla (OBD).

Znalost otáček a teploty motoru je pro příslušný emisní test důležitá. Příslušná emisní směrnice v případě měření na SME stanovuje u vozidel se zážehovým motorem měřit emise při volnoběžných a zvýšených otáčkách při provozní teplotě motoru. Předepsané otáčky tvoří vždy určité pásmo, a to pro každý typ a značku vozidla jiné, např. volnoběžné 650–850 [min⁻¹] a zvýšené 2 500–2 800 [min⁻¹]. Celá sestava analyzátoru je napojena na počítač s tiskárnou, který obsahuje příslušný emisní software. Tento software provádí výpočet množství emisí v procházejícím výfukovém plynu a na základě tzv. Brettschneiderova vzorce provádí i výpočet součinitele přebytku vzduchu λ , viz následující rovnice.

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \left\{ \frac{H_{cv}}{4} \times \frac{3,5}{3,5 + \frac{[CO]}{[CO_2]}} - \frac{O_{cv}}{2} \right\} \times ([CO_2] + [CO])}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \times ([CO_2] + [CO] + K_1 \times [HC])}$$

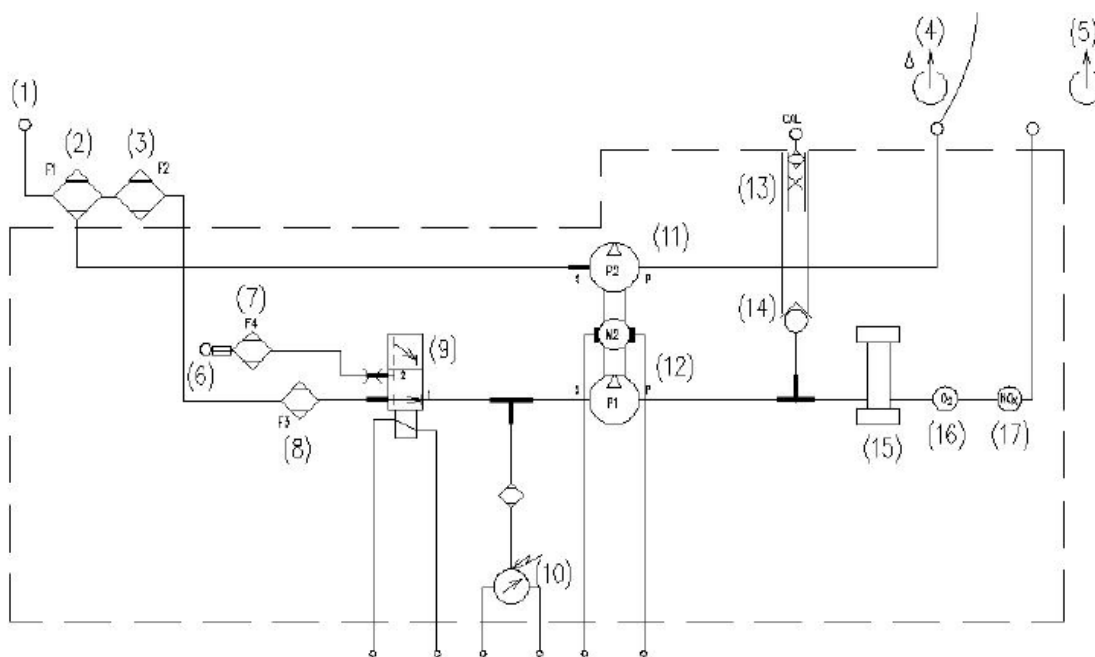
, kde [] – koncentrace dané složky emisí v % vol., K_1 – přepočítávací faktor metody FID ku NDIR (= $6 \cdot 10^{-6}$ dle výrobce ATAL), H_{cv} – poměr atomových čísel vodíku k uhlíku a O_{cv} – poměr atomových čísel kyslíku k uhlíku.

Všechny vypočtené hodnoty se následně porovnají s hodnotami stanovenými příslušným předpisem (jedná se opět o určité pásmo) a v případě kladného výsledku, kdy emise nepřekročí dané meze, je dané vozidlo způsobilé k dalšímu provozu na pozemních komunikacích. Řidič vozidla obdrží kontrolní výtisk z měření emisí a dostane záznam do tzv. Osvědčení o měření emisí, které je povinnou přílohou technického průkazu vozidla. Doposud běžnou zelenou kontrolní plaketu na RZ vozidla již od 1. 1. 2015 SME nevydává.

Fotografie moderního čtyř (pěti) složkového analyzátoru ATAL AT 505 je na obr. 5.8 a schéma jeho pneumatické části je na obr. 5.9.



Obr. 5.8 – Analyzátor ATAL AT 505 [12]



Legenda:

- | | |
|---|---|
| (1) – vstup spalin | (10) – podtlakový spínač |
| (2) – hrubý filtr (F1) | (11) – čerpadlo kondenzátu (P2) |
| (3) – jemný filtr (F2) | (12) – čerpadlo hlavní (P1) – měřeného plynu |
| (4) – výstup kondenzátu | (13) – redukce tlaku – vstup kalibračního plynu |
| (5) – výstup spalin | (14) – zpětný ventil |
| (6) – vstup vzduchu (okolního-nulovacího) | (17) – optická lavice |
| (7) – filtr s aktivním uhlím (F4) | (18) – kyslíkové čidlo (O2) |
| (8) – filtr jemný (F3) – bezpečnostní | (19) – NO _x čidlo |
| (9) – solenoid | cal – kalibrační vstup |

Obr. 5.9 – Schéma pneumatické části analyzátoru ATAL AT 505 [12]

5.4.2 Analyzátoři kouřivosti (opacimetry)

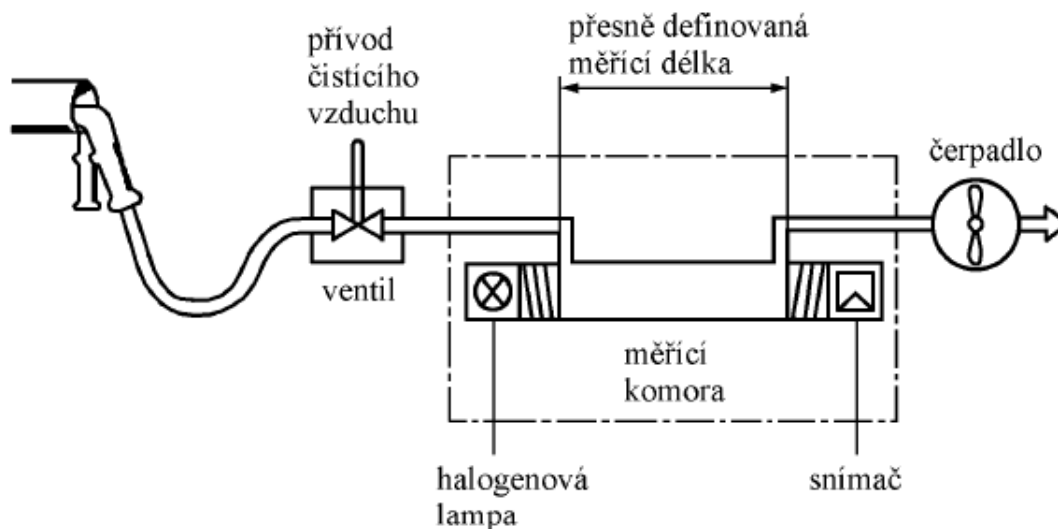
Tento druh analyzátorů se používá při měření emisí u vznětových motorů. Zde si popíšeme opacimetr využívající metodu prosvěcování výfukových plynů (průtoková metoda měření).

Základním měřicím principem opacimetru je měřicí komora skládající se z dvojice lampa-detektor, viz schéma na obr. 5.10. Jako detektoru se používá nejčastěji fotodiody, která měří, kolik světla vyzářeného lampou na ní v závislosti na hustotě škodlivin dopadne. Vzdálenost mezi lampou a detektorem musí být přesně dána (určuje citlivost) a též musí být zaručena konstantní vlnová délka světla lampy opacimetru. Kalibrace měřicího systému se provádí čistým vzduchem (hodnota opacity 0 %) a dále tmavým kontrolním plynem (hodnota opacity 100 %). Tímto krokem je zajištěno přesné měření.

Změnu množství dopadajícího světla neovlivňují pouze pevné částice PM ve výfukovém plynu, ale do jisté míry také mazací olej z motoru, který při teplotách pod 180 °C kondenzuje.

Měření kouřivosti se nejčastěji provádí metodou tzv. volné akcelerace s vyhodnocením kouřivosti při tzv. přeběhových otáčkách (náhlé prudké sešlápnutí pedálu akcelérátoru).

Opacita (tmavost) kouře je indikována na monitoru počítače s tiskárnou buď v lineárních jednotkách HSU (0–100), nebo v absolutních jednotkách součinitele absorpce k [m^{-1}] anebo přímo v [%] kouřivosti. Mezi nejrozšířenější opacimetry patří přístroje Bosch RRT 100/110, ATAL AT 605 a další.



Obr. 5.10 – Schéma opacimetru Bosch RRT 110 [6]

5.4.3 Modulární měřicí stanice

Tento typ emisních analyzátorů je v současnosti při měření na SME nejvíce používán, protože jednotlivé části, tzv. moduly, umožňují sestavit analyzátor přesně na míru potřebám dané SME. Můžeme sem například zařadit měřicí stanici BEA 850 od firmy Bosch, viz obr. 5.11. Tato stanice nahrazuje samostatný čtyřsložkový analyzátor a opacimetr a navíc umožňuje provést i OBD diagnostiku vozidla.



Obr. 5.11 – Modulární stanice Bosch BEA 850 pro měření emisí [13]; legenda viz další strana

Legenda k obr. 5.11

- (1) monitor analyzátoru
- (2) dálkové ovládání
- (3) tiskárna
- (4) měřicí modul
- (5) RTM 430 – modul opacimetru
- (6) klávesnice
- (7) PC modul
- (8) BEA 050 – modul čtyřsložkového analyzátoru emisí
- (9) dílenský vozík
- (10) diagnostický modul KTS 515,530, 540 či 570 pro OBD diagnostiku

6 ZÁVĚR A DALŠÍ VÝVOJ PROBLEMATIKY EMISÍ

Přestože jsme se v této práci snažili zachytit a shrnout veškeré důležité informace týkající se emisí motorových vozidel, můžeme si být jisti, že naše práce pokrývá pouze část této velice obsáhlé problematiky. Z důvodu rozsahu této práce nebylo možno například rozvést kompletní postupy emisních zkoušek, následného měření a zpracování výsledků dle předpisů EHK 83 a EHK 49. Tyto postupy čítají v originále stovky stran, a to nemluvíme o souvisejících předpisech. Dále zde nemohly být zmíněny základní způsoby snižování emisí u současných vozidel a související konstrukční úpravy jejich motorů. Tato témata jsou už jistě alespoň částečně zpracována jinými autory a lze tedy doporučit jejich další studium.

V závěru můžeme shrnout výsledky, kterých bylo v oblasti emisí, takto:

- emise CO u vozidel se zážehovým motorem se mezi normami EURO 1 a 6 podařilo snížit o cca 68 %
- kombinované emise HC+NO_x u vozidel s naftovým motorem se mezi normami EURO 1 a 6 snížily o cca 85% a emise PM se snížily o cca 97 %.
- došlo ke snížení obsahu síry v palivu a byly zakázány olovnaté antidetonátory
- došlo k nasazení dokonalejších katalyzátorů a filtrů pevných částic (SCR, DPF)
- byl rapidně optimalizován vlastní spalovací proces v motoru (řízení vstřikování paliva, zapalování, řízení přívodu vzduchu, ...) a byla zavedena diagnostika emisí za provozu vozidla

Dále můžeme očekávat především pokračující trend inovace vozového parku na území Evropy, kdy staré vozy nahradí vozidla s moderními maloobjemovými motory. Tento krok je nutný k tomu, aby se nová emisní norma EURO 6 mohla plně využít. Je tedy třeba postupně „vytlačit“ z provozu vozidla, která plní normu EURO 1 až 3, kterých není zrovna málo. Dalším moderním trendem je, že čím dál tím více automobilů se nabízí s automatickými převodovkami, které jsou schopny ušetřit nemalou část paliva, a tím i vyprodukovaných emisí.

Dobrou cestou se zdá použití i tzv. hybridních vozidel, která jsou již na dnešním trhu k dostání v řadě variant, a to od částečně elektricky poháněných až po plně elektricky poháněné městské vozy. Zatím spíše snem je pohon vozidel na vodík, kde je překážkou zejména obtížné skladování vodíku v nádržích a s tím související bezpečnost.

Pokud se vrátíme k emisím, tak za odborníky z oblasti měření emisí můžeme jen doufat, že uvedený počáteční zmatek v emisních předpisech bude nějakou vhodnou úmluvou celosvětově sjednocen, tak jako tomu je v případě norem ISO. Používání jednotných emisních předpisů by spousta odborníků z praxe uvítala. Současně řada odborníků z automobilového průmyslu zastává obecný názor, že další přísnější emisní normy (např. budoucí EURO 7) již nebudou možné, jelikož dnešní motory jsou již „naladěny“ na maximum. Důvodem znepokojení odborníků může být také fakt, že nová norma EURO 6 přinesla komplikace v podobě požadavku na nové měřicí přístroje a kalibrační plyny.

Mezi nové emisní měřicí přístroje patří tzv. FTIR spektroskopy. Tyto přístroje mají za úkol změřit nežádoucí emise amoniaku, které se mohou z moderních vozidel, využívajících systém SCR a Ad-Blue, uvolňovat. Dále se vyvíjejí metody a přístroje pro měření emisí PM na množství s rozlišením jejich velikosti.

Kalibrační plyny slouží k nastavení přístrojů a umožňují také jejich čím dál tím větší přesnost. To ovšem za předpokladu, že dodavatel plynů (v ČR například společnost LINDE) bude schopen dodat plyny v požadované čistotě, což není zrovna jednoduché. Nejčastějšími kalibračními plyny jsou: CO, CO₂, NO, NO₂, CH₄, C₂H₆ a C₃H₈. Dále jsou dodávány směsi helia a vodíku jako palivo pro detektory využívající metody měření emisí FID.

Snad tento text, kterým jsme se snažili postihnout to nejdůležitější v oblasti emisí motorových vozidel, bude pro budoucího čtenáře přínosem a pomůže alespoň částečně objasnit některé taje této technické oblasti.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Brož, Jiří a Trnka, Luboš. Praktická dílna – Snižování emisí spalovacích motorů vozidel I a II. *autoExpert*. 2009, roč. 14, č. 9 a 10. Praha: Autopress, s.r.o., 2009. ISSN 1211-2380
- [2] *Hluk & emise: Vliv emisí na zdraví (NO_x, PM a další)*. [online]. 2007, [cit. 15. 2. 2015]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/vliv-emisi-na-zdravi/>
- [3] MACEK, Jan. *Spalovací motory I – skriptum ČVUT*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 260 s. ISBN 978-80-01-03618-1
- [4] *Ministerstvo životního prostředí České republiky: Integrovaný registr znečišťování – Informace o látkách ohlašovaných do IRZ*. [online]. [použ. 15. 2. 2015]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/20>
- [5] JAN, Zdeněk a ŽDÁNSKÝ, Bronislav. *Automobily 4 – příslušenství*. 5. přepracované vydání. Brno: Nakladatelství Avid, s.r.o., 2007. 286 s. ISBN 978-80-903671-8-0
- [6] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Mokrohorská 34, 2003. 791 s. ISBN 80-238-9681-4
- [7] *DieselNet: Emission Standards*. [online]. © 1997-2015, [použ. 19. 2. 2015]. Dostupné z: <https://www.dieselnet.com/standards/>
- [8] *Cummins Emission Solutions: Brochures – CES On-Highway Emissions Regulations – Pocket Guide*. [pdf]. © 2011, rev. 2/14, [použ. 4. 4. 2015]. Dostupné z: http://cumminsemissionsolutions.com/CES/CESContent//SiteContent/en/BinaryAsset/PDF/Final_CES_Pocketcard_On-Hwy_Rev2014.pdf
- [9] *Ministerstvo dopravy České republiky: Příloha k metodickému pokynu 9/2008 – Prokázání stupně plnění emisní úrovně* [online]. [použ. 19. 2. 2014]. Dostupné z: http://www.mdcr.cz/NR/ronlyres/15DBADD5-A300-4D49-98B8-98FCDD7853C2/0/Priloha_x.doc
- [10] TÜV SÜD Czech s.r.o.:
Platné emisní limity EURO 5 a EURO 6 [chráněný dokument]
Předpis EHK 49: E/ECE/324Rev.1/Add.48/Rev.6 – nákladní vozy [chráněný dokument]
Předpis EHK 83: E/ECE/TRANS/505/Rev.1/Add.82 – osobní vozy [chráněný dokument]
Více informací je dostupných z: <http://www.tuv-sud.cz/cz-cz>
- [11] *DELPHI: Worldwide Emissions Standards Heavy Duty and Off-Highway Vehicles*. [pdf]. Verze 2014-2015, [použito dne: 18. 3. 2015]. Dostupné z: <http://delphi.com/docs/default-source/old-delphi-files/2014-2015-delphi-worldwide-emissions-standards-heavy-duty-off-highway-vehicles.pdf>

- [12] *ATAL: Gas Analyser AT 505 – Návod na obsluhu.* [pdf]. Poslední aktualizace 23. září 2014, [použ. 18. 3. 2015]. Dostupné z:
http://www.atal.cz/data/docs-gas/gas_manual_cz.pdf
- [13] *Bosch Česká republika: Katalog diagnostiky Bosch* [pdf]. 2014, 120 s. Dostupné z: <http://aa.bosch.cz/download/automobilova-diagnostika/katalog-diagnostiky-2014.pdf>
- [14] Jenne, Diana. Speciální plyny a evropská emisní norma EURO 6. *Chemagazin*. 2014, roč. 14, č. 6, strana 27. [pdf]. Vydává CHEMAGAZÍN s.r.o. Dostupné z:
http://www.chemagazin.cz/userdata/chemagazin_2010/file/PDF_full/CHEMAGAZ%C3%84DN%206-2014.pdf

8 SEZNAM ZKRATEK A POUŽITÝCH VELIČIN

8.1 Použité zkratky

(E)OBD, OTL – označení systému elektronické palubní diagnostiky vozidel
AbBlue – označení redukčního činidla (močoviny) pro katalyzátory systému SCR
BA – benzín automobilní, je to jedna z lehčích frakcí ropy; motorové palivo
CARB – California Air Resources Board, organizace vydávající emisní předpisy
CNG – stlačený zemní plyn, alternativní motorové palivo
CO – chemická značka oxidu uhelnatého, složka emisí
CO₂ – chemická značka oxidu uhličitého, složka emisí
CVS – Constant Volume Sampling, označení metody analýzy emisních vzorků
DEKRA – označení akreditované státní zkušebny pro emise motorových vozidel
DPF – označení filtru, který zachycuje pevné emisní částice PM
E85 – označení moderního alternativního paliva s podílem 85 % alkoholu
EC – Evropská komise, organizace vydávající emisní předpisy
EEV – Enhanced Environmentally Friendly Vehicle, označení vozidla s velmi nízkou produkcí emisí
EGR – Exhaust Gas Recirculation, označení systému recirkulace výfukových plynů
EHK (ECE) – označení emisních předpisů Evropské hospodářské komise, součást OSN
EHK 49, EHK 83 – hlavní předpisy pro měření emisí vydané Evropskou hospodářskou komisí
Emise – látky, které jsou uvolňovány do ovzduší ze svého zdroje (spal. motor, ...)
EPA – Environmental Protection Agency, označení organizace vydávající emisní předpisy; též označení emisního testu (zkoušky)
ŘJ – elektronická řídicí jednotka spalovacího motoru
ES/EHS (EC/EEC) – označení emisních norem dle zvyklostí Bruselu, součást EU
EU – označení Evropské unie
EURO – tento název spolu s číslem (1 až 6) označuje danou emisní normu
FID – Flame Ionisation Detection, označení metody analýzy emisních vzorků
FTIR – označení spektroskopu pro měření emisí amoniaku, moderní měřicí přístroj
FTP-75 – označení cyklu měření během zkoušky EPA
H₂O – chemické označení vody, složka emisí
H₂S – chemické označení sirovodíku (sulfanu), vzácná složka emisí
HC – obecné chemické označení uhlovodíků, složka emisí
CH₄, C₂H₆, C₃H₈ – chemické vzorce metanu, etanu a propanu; tyto plyny se používají jako kalibrační pro emisní měřicí techniku
CHINA – označení čínských emisních norem
I-VI – označení jednotlivých emisních zkoušek dle předpisu EHK 83
LEV (TIER) – označení emisních norem na území Kalifornie (USA)
LNG – zkapalněný zemní plyn, alternativní motorové palivo
LPG – zkapalněný propan-butan, alternativní motorové palivo
M₁ – kategorie motorových vozidel s nejvýše 8-mi místy pro přepravu osob, mimo řidiče
M₂ (M₃) – kategorie motorových vozidel s více než 8-mi místy pro přepravu osob, mimo řidiče a do hmotnosti 5 000 kg (nad 5 000 kg)
MI – označení kontrolky pro indikaci poruchy v emisním systému vozidla
MLIT – Japonské ministerstvo dopravy, které vydává emisní předpisy
mod 10+15 (11) – měřicí cykly pro analýzu emisí používané v Japonsku

MTBE, ETBE, TAME – označení moderních bezolovnatých antidetonátorů používaných jako přísada do automobilních paliv

N₁ – kategorie nákladních motorových vozidel s největší přípustnou hmotností do 3 500 kg

N₂ – kategorie středně těžkých nákladních motorových vozidel s přípustnou hmotností od 3 500 kg do 12 000 kg

N₃ – kategorie velmi těžkých nákladních motorových vozidel s přípustnou hmotností nad 12 000 kg

NDIR – Non Dispersive Infra Red, označení metody analýzy emisních vzorků

NEDC – New European Driving Cycle, simulační režim prováděný na válcovém dynamometru při měření emisí ve zkušebně

NH₃ – chemické označení čpavku, složka emisí a součást redukčního činidla AdBlue

NM – nafta motorová, je to jedna z těžších frakcí ropy; motorové palivo

NO_x – obecné chemické označení oxidů dusíku, složka emisí; patří sem NO, NO₂, N₂O a N₂O₅

OSN – označení Organizace spojených národů

PAU – označení polycyklických aromatických uhlovodíků, složka emisí

Pb – chemická značka olova, obsaženo v dřívějších olovnatých antidetonátorech

PM (ang. particulate matter) – označení pevných částic (prachu), jež tvoří složku emisí

PN – emisní kategorie pro počet částic PM emitovaných na jeden kilometr jízdy

RM (RW) – označení pro referenční hmotnost vozidla

RZ – označení pro registrační značku motorového vozidla (dříve SPZ)

SBC, SDBC – měřicí cykly pro zkoušku typu V dle předpisu EHK 83

SCR – Selective Catalytic Reduction, označení katalyzátoru pro selektivní emisní systém omezující emise NO_x

SHED TEST (IV) – označení pro test emisí z výparu

SME – označení stanice pro pravidelné měření emisí a emisní kontroly

SO_x – obecné chemické označení oxidů síry, složka emisí; patří sem např. SO₂

SRC – označení pro testy emisí prováděné na zkušební dráze či silnici

STK – označení stanice technické kontroly

TEO, TMO – označení olovnatých antidetonátorů v dřívějších palivech, např. u nás v benzínu Special 91 (BA 91)

TLEV, LEV, ULEV, SULEV, EZEV a ZEVE – kategorie vozidel v USA dle množství emisí na ujetou míli

TÜV SÜD – označení akreditované státní zkušebny pro emise motorových vozidel

USA – označení Spojených států amerických

WHTC (WHSC) – zkušební testy pro analýzu emisí dle předpisu EHK 49

λ-sonda – snímač zbytkového kyslíku ve výfukovém plynu

8.2 Použité veličiny

[% vol.], [obj. %] – objemová procenta, jednotka používaná při měření emisí CO, CO₂ a O₂; jednotka převzatá z měřicích předpisů (nemá definován název)

H [g H₂O/ kg. s. vz.] – vlhkost v měřeném prostředí, fyzikální veličina

HSU [0-100] – označení lineárních jednotek, v nichž se měří opacita; jednotka převzatá z měřicích předpisů

k [m⁻¹] – součinitel absorpce, měření opacity probíhá v absolutních jednotkách

m [kg] – hmotnost, fyzikální veličina

n [min⁻¹] – otáčky motoru, pomocná veličina

p [Pa] – tlak, fyzikální veličina

[ppm] – part per milion, jednotka používaná k měření obsahu emisí HC; jednotka převzatá z měřicích předpisů

t [°C] – teplota, fyzikální veličina

U [V] – elektrické napětí, fyzikální veličina

λ [-] – zbytkový obsah O₂ ve výfukovém plynu, neboli vzdušný součinitel; hodnota λ=1 udává tzv. hodnotu stechiometrické směsi (ideální směšovací poměr palivo-vzduch); pomocná veličina

τ [s] – čas, fyzikální veličina