

## EMISE ZÁKLADNÍCH SLOŽEK VÝFUKOVÝCH PLYNŮ NÁKLADNÍCH VOZIDEL PŘI SIMULACI PRŮJEZDU KŘÍŽOVATKOU

Jakub Šiška<sup>a</sup>, Milan Pospíšil<sup>b</sup>, Daniel Maxa<sup>b</sup>, Pavel Šimáček<sup>b</sup>, Petr Říha<sup>c</sup>, Jiří Vavřina<sup>c</sup>, Jan Karel<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Momentive Specialty Chemicals, a.s., Tovární 2093, 356 01 Sokolov

<sup>b</sup>Ústav technologie ropy a alternativních paliv, VŠCHT Praha, Technická 1905/5, 166 28 Praha 6

<sup>c</sup>DEKRA Automobil a.s., Türkova 1001, 149 00 Praha 4

<sup>d</sup>ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o., Hvoždanská 2053/3, 148 01 Praha 4

e-mail: jakub.siska@momentive.com

*Pro výpočet emisí z křižovatek je i v celosvětovém měřítku absolutní nedostatek výzkumných prací, ze kterých by bylo možné čerpat potřebná data. Tento fakt se týká především nákladních automobilů, pro které měření emisních dat představuje experimentálně i finančně poměrně náročný úkol. Byl navržen a experimentálně ověřen unikátní postup provedení motorových zkoušek a emisních testů pro těžká nákladní vozidla, pomocí kterého lze získat velmi cenný a poměrně ojedinělý soubor informací o emisních charakteristikách zástupců vozového parku nákladních automobilů v České republice při specifických jízdních režimech v prostoru křižovatky.*

*Klíčová slova: automobilová doprava, nákladní vozidla, emise škodlivin, emisní modelování, průjezdy křižovatkou*

Došlo 12. 9. 2013, přijato 22. 11. 2013

### 1. Úvod

Pro rozhodování v oblasti ochrany ovzduší jsou nezbytným předpokladem podrobné a přesné informace o emisích škodlivých látek ze stacionárních zdrojů a především i z liniových zdrojů – ze silniční dopravy. Zatímco emise ze stacionárních zdrojů lze poměrně spolehlivě a přesně experimentálně změřit, měření emisí škodlivin z liniových zdrojů v „terénu“ je mnohem náročnější a nákladnější. Vhodným operativním a finančně dostupným zdrojem emisních informací jsou proto modelové výpočty, které vycházejí ze stanovení množství emisí znečišťujících látek pro vhodný „etalon“ dopravních prostředků při určitých typických režimech provozu.

Podmínkou je ovšem použití takových predikčních emisních modelů, které přesně popisují reálné podmínky modelované situace. Dosavadní emisní metodiky však většinou obsahují pouze postupy pro stanovení emisí za podmínek ustáleného jízdního režimu. Nejsou v nich obsaženy postupy např. pro výpočet nevýfukových emisí prachových částic (sekundární prašnost), víceemisí ze studeného startu vozidla a nestandardních jízdních režimů v prostoru křižovatek. Tyto faktory se však ve skutečnosti vyskytují a zásadně ovlivňují reálnou produkci emisí zejména ve městech [1].

Z hlediska celkové emisní bilance dopravního proudu nákladních vozidel tvoří největší emisní příspěvky nestandardní režimy v prostoru křižovatek a popojíždění v kolonách vozidel, které jsou charakteristické pro průjezd nákladních vozidel velkými aglomeracemi bez dálničních obchvatů. V tomto případě jsou víceemise ze studených startů zcela zanedbatelné, jelikož nákladní vozidla během dne vykazují v porovnání s ostatními kategoriemi vozidel minimální dobu odstavení, většinou ráno nastartují a motory běží celý den [2].

Pro výpočet emisí z křižovatek je i v celosvětovém měřítku absolutní nedostatek výzkumných prací a dat, ze kterých by bylo možné čerpat. Nejvíce informací poskytuje prakticky pouze jedna výzkumná práce Matzorose a kol. [3]. Matzoros uvádí emise pro pět charakteristických fází pohybu vozidla v křižovatce – popojíždění (cruise), brzdění (deceleration), volnoběh (idle), zrychlení (acceleration) a popojíždění (creeping)

Práce se zabývá modelováním dopravních situací a jízdních režimů při průjezdu nákladních vozidel v prostoru křižovatky a vlastním experimentálním měřením emisí ve válcové emisní zkušebně.

### 2. Experimentální část

#### 2.1. Výběr nákladních automobilů pro emisní testy

S ohledem na limitované finanční možnosti poměrně finančně nákladných emisních zkoušek nákladních vozidel (významná část experimentálního času i finančních prostředků byla věnována nastavení a optimalizaci nastavení motorové brzdy) byla testována pouze dvě nákladní vozidla se vznětovými motory různého stáří a různých emisních kategorií – tahač návěsů MERCEDES-BENZ Actros s moderní konstrukcí vznětového motoru (common rail) a s pokrokovým systémem odbourání spalín (BlueTec – SCR) splňujícím emisní limity Euro 5 a dále valník Avia A 30 N s nepřeplňovaným vznětovým motorem bez úpravy spalín splňujícím „před Euro“ emisní limity. Základní parametry obou testovaných vozidel jsou uvedeny v tab. 1 a 2 [1].

Vozidlo MB Actros bylo vybaveno nejmodernějším systémem úpravy výfukových plynů pro minimalizaci emisí oxidů dusíku, tzv. selektivní katalytickou redukcí (SCR) se vstřikováním vodného roztoku močoviny do výfukových plynů.

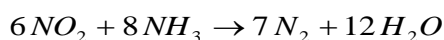
**Tab. 1:** Základní parametry testovaného vozidla Mercedes-Benz Actros

Druh a kategorie vozidla:	Nákladní automobil N <sub>3</sub> – tahač návěsů
Tovární značka, typ, obchodní označení:	Mercedes-Benz Actros 1844 4x2 3600
Rok výroby:	2007
Provozní hmotnost:	7 800 kg
Celková hmotnost	19 000 kg
Typ motoru:	OM501 LA V6
Palivo:	Motorová nafta
Zdvihový objem:	11 946 cm <sup>3</sup>
Maximální výkon:	320 kW/1 800 min <sup>-1</sup>
Max. točivý moment:	2 100 Nm/1 080 min <sup>-1</sup>
Příprava směsi:	vstříkování nafty Common-rail
Úprava výfukových plynů:	BlueTec - SCR
Emisní limity:	Euro V - 2006/51G (B2)
Proběh vozidla v době zkoušky:	24 000 km

**Tab. 2:** Základní parametry testovaného vozidla Avia

Druh a kategorie vozidla:	Nákladní automobil N <sub>2</sub> - valník
Tovární značka, typ, obchodní označení:	Avia A 30 N
Rok výroby:	1976
Provozní hmotnost:	2 905 kg
Celková hmotnost	5 950 kg
Typ motoru:	712.15
Palivo:	Motorová nafta
Zdvihový objem:	3 596 cm <sup>3</sup>
Maximální výkon:	59 kW/3 200 min <sup>-1</sup>
Max. točivý moment:	196 Nm /2 200 min <sup>-1</sup>
Příprava směsi:	vstříkování komůrkové
Úprava výfukových plynů:	bez úpravy
Emisní limity:	dle roku výroby vozidla EHK č. 24.00
Proběh vozidla v době zkoušky:	70 000 km

Disproporcionační reakcí NO<sub>2</sub>/NO a amoniaku vzniklého tepelným rozkladem močoviny vzniká inertní plynný dusík:



Nákladní automobil Avia představuje jeden z nejvíce rozšířených „veteránů“, které se pohybují v různém technickém stavu na českých silnicích a ne nevýznamně přispívají k znečištění ovzduší.

## 2.2. Modifikace emisních testů pro měření nestandardních jízdních režimů

Pro testování jízdních režimů, které by reálně simulovaly průjezd nákladních vozidel křižovatkou, neexistují žádné standardní motorové zkoušky. Proto bylo nutno navrhnout a experimentálně ověřit vhodný postup motorových jízdních zkoušek na válcovém dynamometru, včetně optimální konfigurace zapojení emisních analyzátorů, sběru a vyhodnocení získaných dat.

### 2.2.1 Nastavení zatížení dynamometru

Na zkoušeném vozidle byl upraven tlak huštění kol hnací nápravy na tlak huštění předepsaný výrobcem na nejvyšší zatížení vozidla. Následně bylo vozidlo umístěno do válcového dynamometru umožňujícího simulaci jízdních odporů. Nastavení dynamometru bylo provedeno tak, aby byly simulovány podmínky jízdy částečně vytíženého vozidla (40 – 60 % provozní hmotnosti) na rovném silničním úseku. Zvolenému nastavení zatížení dynamometru odpovídala v ustálených rychlostech jízdy vozidla zatížení uvedená v tab. 3.

**Tab. 3:** Nastavení parametrů zatížení dynamometru pro simulaci silničního provozu testovaných nákladních vozidel

Parametry zatížení dynamometru	MB Actros	Avia
Hmotnost vozidla – m (kg)	17 000	6 000
Součinitel odporu vzduchu – c <sub>x</sub>	0,6	0,8
Čelní plocha vozidla – S <sub>x</sub> (m <sup>2</sup> )	7,9	3,29
Součinitel odporu valení – f	0,015	0,015
celkový absorbovaný výkon:		
při 40 km/h (kW)	32	10
při 50 km/h (kW)	45	15
při 80 km/h (kW)	83	38

Uvedené nastavení pracovních parametrů dynamometru na motorové zkušebně DEKRA Automobil a.s. (dřívější Ústav silniční a městské dopravy), pracoviště Praha 4 – Chodovec bylo následně použito pro simulaci jak dynamických, tak i statických jízdních režimů obou testovaných nákladních vozidel.

### 2.2.2 Simulace jízdních režimů

Vlastní emisní měření probíhala za následujících dynamických a statických jízdních režimů simulujících reálné podmínky provozu nákladních vozidel na silničních komunikacích a při průjezdu křižovatkou.

#### a) Režim volnoběhu motoru

Emisní měření jednotlivých složek škodlivin ve výfukových plynech produkovaných stojícím vozidlem v režimu volnoběžných otáček:

- MB Actros – otáčky motoru 550–560 min<sup>-1</sup>, teplota chladicí kapaliny 82–83 °C,

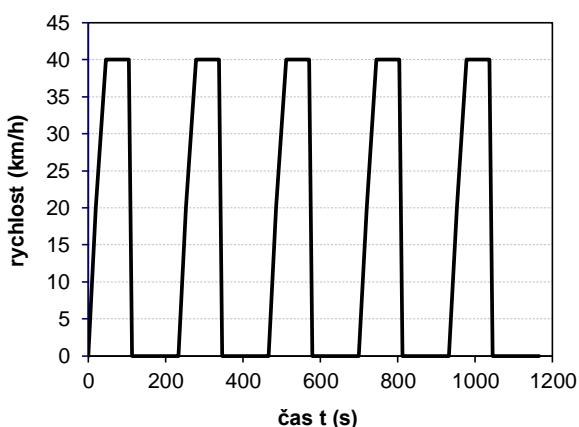
- Avia A 30 N – otáčky motoru  $790 \text{ min}^{-1}$ , teplota chladicí kapaliny  $85\text{--}95 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### b) Režim rozjezdů vozidla

Testované vozidlo absolvovalo měření emisí v průběhu celkem 5 opakovaných cyklů s následující specifikací jízdních režimů v každém cyklu:

- rozjezd vozidla s postupným řazením I. až VII. (MB Actros), resp. I. – IV. (Avia) převodového stupně na konečnou rychlost  $40 \text{ km/h}$  – doba trvání  $45 \text{ s}$ ,
- jízda ustálenou rychlostí  $40 \text{ km/h}$  na VII. (MB Actros) nebo IV. (Avia) převodový stupeň – doba trvání  $60 \text{ s}$ ,
- decelerace vozidla s brzděním, před zastavením zařazen neutral – doba trvání  $8 \text{ s}$ ,
- volnoběžný režim motoru, stojící vozidlo – doba trvání  $120 \text{ s}$ .

Grafický záznam dynamiky jízdy při simulaci rozjezdů nákladního vozidla uvádí obr. 1.



**Obr. 1:** Dynamika jízdy v režimu simulace rozjezdů nákladního vozidla

#### c) Režim jízdy vozidla ustálenou rychlostí $50 \text{ km/h}$

Měření jednotlivých složek škodlivin výfukových plynů produkovaných vozidlem jedoucím ustálenou rychlostí  $50 \text{ km/h}$ . Zařazen VIII. (MB Actros), resp. IV. (Avia) převodový stupeň:

- MB Actros – otáčky motoru  $1860\text{--}1880 \text{ min}^{-1}$ , teplota chladicí kapaliny  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- Avia A 30 N – otáčky motoru  $1780 \text{ min}^{-1}$ , teplota chladicí kapaliny  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### d) Režim jízdy vozidla ustálenou rychlostí $80 \text{ km/h}$

Měření jednotlivých složek škodlivin výfukových plynů produkovaných vozidlem jedoucím ustálenou rychlostí  $80 \text{ km/h}$ . Zařazen X. (MB Actros), resp. IV. (Avia) převodový stupeň:

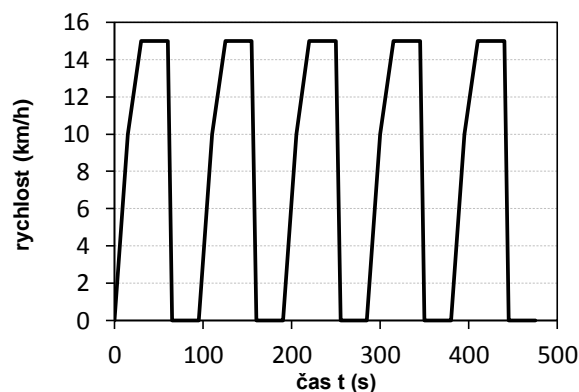
- MB Actros – otáčky motoru  $1410\text{--}1420 \text{ min}^{-1}$ , teplota chladicí kapaliny  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ ,
- Avia A 30 N – otáčky motoru  $2820 \text{ min}^{-1}$ , teplota chladicí kapaliny  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### e) Režim popojíždění vozidla

Testované vozidlo absolvovalo měření emisí v průběhu celkem 5 opakovaných cyklů s následující specifikací jízdních režimů v každém cyklu:

- rozjezd vozidla s postupným řazením na konečnou rychlost  $15 \text{ km/h}$  – doba trvání  $30 \text{ s}$ ,
- jízda ustálenou rychlostí  $15 \text{ km/h}$  – doba trvání  $30 \text{ s}$ ,
- decelerace vozidla s brzděním, před zastavením zařazen neutral – doba trvání  $5 \text{ s}$ ,
- volnoběžný režim motoru, stojící vozidlo – doba trvání  $30 \text{ s}$ .

Grafický záznam dynamiky jízdy v režimu simulace popojíždění nákladního vozidla uvádí obr. 2.



**Obr. 2:** Dynamika jízdy v režimu simulace popojíždění nákladního vozidla

### 2.3. Použité měřicí zařízení

Pro realizaci motorových zkoušek a emisních měření byla použita následující měřicí a diagnostická zařízení:

- Válcový dynamometr HOFMANN Dynatest 312 WD II (simulace jízdních odporů vozidla)
- Analyzátor výfukových plynů BRISK JT 283 A s příslušenstvím (měření otáček motoru, teploty motorového oleje)
- Digitální teploměr AHLBORN 2290 se sadou snímacích sond (měření teplot motorového oleje a prostředí zkušebny)
- Sběrný modul AVL 490 DISPEED pro snímání otáček motoru na bázi vyhodnocení signálu zvuku a vibrací generovaných motorem (měření otáček motoru)
- Softwarové vybavení VAG-COM a VAG-SCOPE pro komunikaci a záznam parametrů řídicích systémů vozidel, sada MAX 2000, verze SVO 704.1 (odečet a záznam parametrů řídicího systému motoru vozidla MERCEDES BENZ)
- Kombinovaný měřicí přístroj COMETER pro měření teploty a vlhkosti vzduchu, barometrického tlaku (měření uvedených parametrů v rámci měření škodlivin)
- Stopky mechanické pro přesné měření času
- Tlakoměr WIKA pro měření tlaku vzduchu v pneu

- i) Kontinuálně pracující multikomponentní analyzátor Horiba PG 250 (Japonsko). Odběr vzorku pro analýzu byl proveden přenosnou jednotkou úpravy vzorku PSS-5 (výrobce M&C, Rakousko). Jednotka je tvořena vyhříváním vstupním filtrem, vyhříváním teflonovou hadicí, teflonovým membránovým čerpadlem plynů a Peltierovým chladičem spalin s příslušnou řídicí elektronickou jednotkou. Teplota chladiče byla nastavena na +2 °C. Nastavení měřícího rozsahu přístroje bylo provedeno standardně pomocí certifikovaných kalibračních plynů.
- j) Pro kontinuální stanovení celkového obsahu organických látek vyjádřených jako celkový organický uhlík (CH) bylo použito analyzátorů M145 (VAM-ET, Satalice) a Micro-FID 100 (Hartmann&Braun, SRN). Přístroje jsou určeny ke kontinuálnímu měření obsahu organických látek v plynných médiích. K určení celkového obsahu uhlovodíků (spalitelných látek) vyjádřených jako celkový organický uhlík využívají plamenového ionizačního detektoru (FID). Přístroje udávají obsah uhlovodíků v analyzované vzdušině jako objemový zlomek kalibrační složky (propanu) v kalibračním plynu. Teplota detektoru přístrojů je udržována na hodnotě 190 °C, mez stanovitelnosti je 1 % rozsahu. K nastavení měřícího rozpětí bylo použito syntetického vzduchu (nulovací plyn) a certifikované referenční plynné směsi.
- k) Kontrolní měření složení spalin bylo provedeno přístrojem TESTO 350 XL. Nastavení měřícího rozsahu přístroje bylo provedeno standardně pomocí certifikovaných kalibračních plynů.
- l) Kontinuální měření vlhkosti proudících spalin bylo provedeno přístrojem Hygrophil H 4220 (Bartec-Ultrakust, SRN). Tímto přístrojem pracujícím na principu vysokoteplotního psychrometru lze stanovit vodní páru v proudícím plynu o teplotě až 800 °C.
- m) Prandtlova trubice (Airflow) a elektrické membránové diferenční tlakoměry (Greisinger Electronic a Ahlborn) pro měření rychlosti a průtoku proudících spalin.
- n) Clona s měřením tlakové difference pro stanovení okamžitého průtoku spalin. Tlaková difference byla měřena diferenčním tlakovým čidlem před měrnou clonou, za clonou byl uvažován atmosférický tlak. Signál z tlakového senzoru byl prostřednictvím modulu s A/D převodníkem a připojeného PC snímán a zaznamenáván v intervalu 1 s.

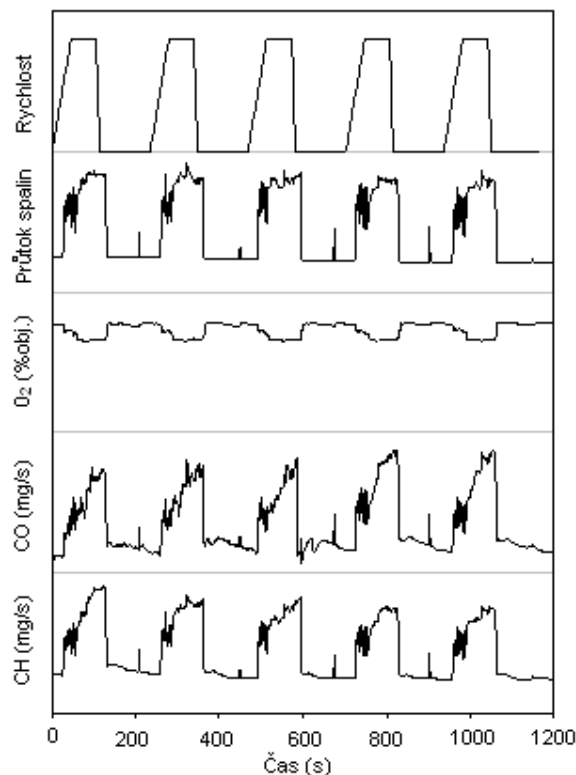
#### 2.4. Postup provedení motorových zkoušek a emisních měření

Hnací náprava testovaného vozidla byla upevněna do válců dynamometru a na výfuk vozidla byl nasazen a zatěsněn speciální „transfer-line“ odběrový mezikus, na který byly připojeny sondy měřících přístrojů a teplotní čidlo pro on-line měření dat. V odběrovém mezikuse byla rovněž instalována clona s měřením tlakové difference pro stanovení okamžitého průtoku spalin. Spojovací cesty mezi sondami a vlastními měřícími přístroji

byly temperovány nad teplotu rosného bodu spalin, aby se zabránilo kondenzaci vody.

Měření škodlivin produkovaných vybranými nákladními automobily bylo realizováno v simulovaných režimech provozu dle výše uvedených specifikací. On-line bylo prováděno měření koncentrací CO, CO<sub>2</sub>, CH, NO<sub>x</sub>, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>. Současně byl na výfuku automobilů sledován a zaznamenáván průtok spalin a jejich teplota. Sběr analogových dat z měřících přístrojů byl realizován v intervalu 1 – 10 sekund, data byla pomocí A/D převodníků digitalizována a ukládána do připojeného přenosného PC, případně datalogeru. Měření částic ve výfukových plynech nebylo možné z důvodu chybějícího potřebného technického vybavení (např. laserový on-line čítače částic v proudícím plynném médiu) realizovat. Klasický odběr částic na filtry s následným gravimetrickým vyhodnocením nebyl pro daný typ krátkodobých jízdních zkoušek použitelný.

Všechny motorové zkoušky a emisní měření byly prováděny opakovaně tak, aby bylo možné eliminovat případné nahodilé chyby měření. Grafický záznam „surových“ experimentálních dat při simulaci rozjezdů nákladních vozidel je pro ilustraci prezentován na obr. 3. Soubor experimentálních emisních a teplotních dat a dat charakterizujících průtok plynů na výstupu z výfukového systému testovaného vozidla byl následně matematicky a statisticky vyhodnocen s cílem získat emisní faktory pro jednotlivé základní složky výfukových plynů (CO, CH, NO<sub>x</sub>).



**Obr. 3:** Grafický záznam parametrů snímáných a počítaných při simulaci rozjezdu z křižovatky (0 – 40 km/h) pro testovaný nákladní automobil MB Actros

### 3. Výsledky a diskuse

V rámci provedených experimentálních prací byla navržena, odzkoušena a ověřena metodika měření emisí základních složek výfukových plynů (CO, CH, NO<sub>x</sub>) nákladních automobilů na válcové brzdě za podmínek simulujících dynamické jízdní režimy (akcelerace, popojíždění), chování motoru za ustálených podmínek (volnoběh, 50 km/h, 80 km/h), a to jak po stránce optimálního nastavení motorové brzdy, tak i konfigurace a připojení analytických přístrojů pro měření koncentrace škodlivin ve výfukových plynech.

Výsledné vypočtené emisní faktory vztažené na jednotku času pro obě testovaná vozidla shrnuje tab. 4, emisní faktory vztažené na ujetou vzdálenost pak tab. 5.

**Tab. 4:** Vypočtené emisní faktory vztažené na jednotku času pro obě testovaná nákladní vozidla

Vozidlo	Emise	Volnoběh (mg.s <sup>-1</sup> )	Popojíždění (mg.s <sup>-1</sup> )	Rozjezd (mg.s <sup>-1</sup> )	50 km/h (mg.s <sup>-1</sup> )	80 km/h (mg.s <sup>-1</sup> )
MB Actros	CO	7,0	19,8	14,2	29,5	56,7
	HC	0,26	0,56	0,38	0,66	0,81
	NO <sub>x</sub>	44,3	43,2	42,4	42,0	50,0
Avia A 30 N	CO	82,6	146,0	199,0	59,0	92,6
	HC	18,8	31,0	59,5	13,2	37,8
	NO <sub>x</sub>	20,1	28,5	89,3	80,0	353,5

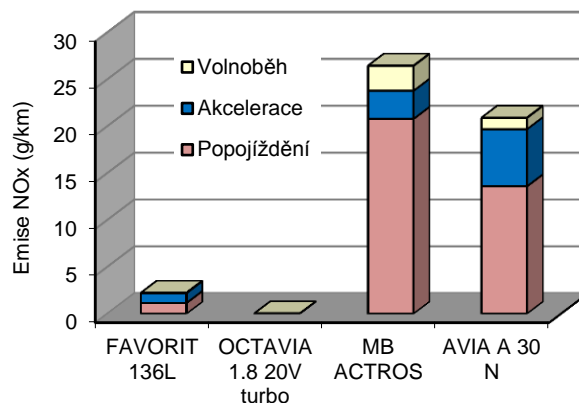
**Tab. 5:** Vypočtené emisní faktory vztažené na ujetou vzdálenost pro obě testovaná nákladní vozidla

Vozidlo	Emise	Popojíždění (g.km <sup>-1</sup> )	Rozjezd (g.km <sup>-1</sup> )	50 km/h (g.km <sup>-1</sup> )	80 km/h (g.km <sup>-1</sup> )
MB Actros	CO	9,5	1,0	2,1	2,6
	HC	0,268	0,027	0,048	0,036
	NO <sub>x</sub>	20,8	3,0	3,0	2,2
Avia A 30 N	CO	70,3	13,6	4,3	4,2
	HC	14,9	4,1	0,95	1,7
	NO <sub>x</sub>	13,6	6,1	5,8	15,9

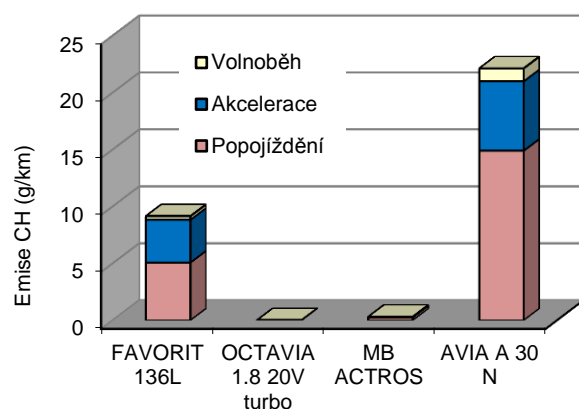
Zjištěné emisní faktory velmi názorně dokumentují velký technický pokrok v konstrukci motorových vozidel, ke kterému došlo v průběhu posledního desetiletí. Systémy vysokotlakého vstřiku paliva common rail v kombinaci se sofistikovanými systémy minimalizace emisí polutantů ve výfukových plynech (SCR) umožňují v případě velmi výkonných těžkých nákladních vozidel emise škodlivin snížit na úroveň typickou v 90. letech pro lehké nákladní automobily, s významně menším výkonem, nosností a užitnými vlastnostmi. Situace je markantní zejména v případě emisí HC, kdy spalování velmi chudých směsí zaručuje výrazně ekologičtější provoz s minimálními emisemi nespálených podílů motorové nafty.

Porovnání emisí ze simulace křižovatek mezi testovanými osobními automobily a nákladními vozidly jsou ukázány na sekvenci následujících grafů na obr. 4 až 6. Pro porovnání byly vybrány osobní automobily s katalyzátorem (Š Octavia 1.8T) [2], bez katalyzátoru

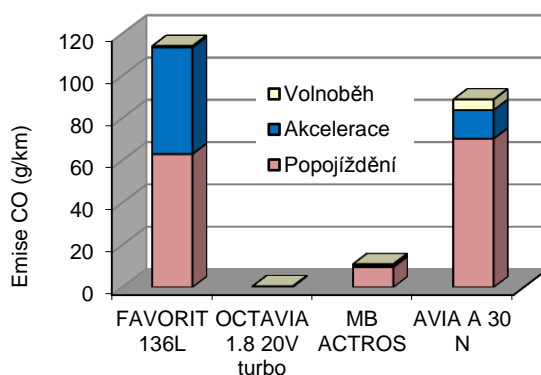
(Š Favorit) [2] a obě testovaná nákladní vozidla (MB Actros a Avia).



**Obr. 4:** Porovnání měrné emise NO<sub>x</sub> při jednotlivých fázích průjezdu křižovatkou



**Obr. 5:** Porovnání měrné emise CH při jednotlivých fázích průjezdu křižovatkou



**Obr. 6:** Porovnání měrné emise CO při jednotlivých fázích průjezdu křižovatkou

Z obr. 4 je patrné, že největším producentem NO<sub>x</sub> je vozidlo MB Actros ve fázi popojíždění, kdy předstihlo i mnohem konstrukčně starší AVII. Možným důvodem toho může být moderní systém SCR na redukci emisí NO<sub>x</sub> u vozidla MB Actros, který je účinný až

v průběhu akcelerace, kdy dojde k zahřátí motorového systému a nástřiku většího množství palivové směsi. V porovnání s osobními automobily jsou emise  $\text{NO}_x$  řádově vyšší u nákladních vozidel, což platí pro vozidla s dieselovým motorem obecně.

V případě emisí CH (obr. 5) lze vidět jasný pokrok v technologii systému spalování v motorovém systému, kdy nejvíce emise vyprodukovalo lehké nákladní vozidlo Avia a Š Favorit, zatímco vozidla opatřená katalyzátorem či jinou technologií spalování (např. spalování ultra-chudých směsí vozidla MB Actros) v motorovém systému vyprodukovala řádově méně emisí CH.

Největším producentem emisí CO bylo vozidlo Favorit, které předčilo i nákladní AVII s rokem výroby 1976 se zdvihovým objemem motoru  $3596 \text{ cm}^3$ , což potvrzuje fakt, že benzínová vozidla obecně vyprodukuje více emisí CO, což je také dáno režimem stechiometrického spalování palivové směsi či lehce chudé směsi (obr. 6). V tomto případě bylo zavedení účinného katalytického konvertoru emisí CO více než potřebné. Tento fakt potvrzují i emise CO v případě vozidla Š Octavia, které klesly o dva řády téměř na nedetekovatelnou úroveň. Z těchto výsledků vyplývá, že v podstatě jedno vozidlo staršího data výroby (Euro 0) vyprodukuje stejné množství emisí CO jako 100 nových vozidel emisní třídy Euro 4.

#### 4. Závěr

Byl navržen a experimentálně ověřen vlastní postup provedení motorových zkoušek a emisních testů pro nákladní vozidla, pomocí kterého lze získat velmi cenná reálná emisní data z nestandardních dynamických jízdních režimů. V tomto případě byly zvoleny nákladní automobily zcela odlišných emisních úrovní – Avia A30 N z roku 1976 a Mercedes-Benz Actros splňující limit Euro 5 (r.v. 2007). Výstupy měření poskytly rozsáhlý soubor emisních dat pro obě emisní kategorie vozidel. Získaná data představují cenný a poměrně ojedinělý soubor informací o emisních charakteristikách zástupců vozového parku nákladních automobilů v České republice při specifických jízdních režimech v prostoru křižovatky.

#### Poděkování

Práce byla realizována za podpory MD ČR v rámci projektu 1F54E/121/520 a dále v rámci výzkumného záměru MŠMT ČR č. 6046137304.

#### Literatura

1. Šiška J.: Výfukové emise při studených startech motorových vozidel a jejich průjezdu křižovatkou. Disertační práce, VŠCHT Praha, 2013.
2. Šebor G., Pospíšil M., Šiška J., Karel J., Píša V.: Souhrnná metodika pro hodnocení emisí znečišťujících látek ze silniční dopravy. Souhrnná zpráva za rok 2007 projektu MD 1F54E/121/520, VŠCHT Praha, 2008.

3. Matzoros A.: Results from a Model of Road Traffic Air Pollution, Featuring Junction Effects and Vehicle Operating Modes, Traffic Engineering and Control, 1990.

#### Summary

*Jakub Šiška<sup>a</sup>, Milan Pospíšil<sup>b</sup>, Daniel Maxa<sup>b</sup>, Pavel Šimáček<sup>b</sup>, Petr Říha<sup>c</sup>, Jiří Vavřina<sup>c</sup>, Jan Karel<sup>d</sup>*

*<sup>a</sup>Momentive Specialty Chemicals, a.s., Sokolov,*

*<sup>b</sup>Institute of Chemical Technology in Prague,*

*<sup>c</sup>DEKRA Automobil a.s., Prague 4,*

*<sup>d</sup>ATEM - Ateliér ekologických modelů, s. r. o., Prague 4*

#### *Experimental measurement of exhaust emissions of trucks in the simulation at the road junctions traffic*

For the calculation of emissions from the junctions it exist an absolute lack of research works, from which it would be possible to draw the necessary data. This fact applies especially trucks, for which measurement of emission data is experimentally and financially quite a challenging task. It was designed and experimentally verified unique process to perform engine and emission tests for heavy duty vehicles through which we can obtain a very valuable and quite unique set of information on emission characteristics of the representatives of the fleet of trucks in the Czech Republic during specific driving modes in the area of the junction.