



národní
úložiště
šedé
literatury

Bezkontaktní měření emisí částic spalovacích motorů: Prvotní zkušenosti s detekcí nadměrných emisí.

Vojtíšek, M.
2017

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-371092>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 08.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

„BEZKONTAKTNÍ“ MĚŘENÍ EMISÍ ČÁSTIC SPALOVACÍCH MOTORŮ: PRVOTNÍ ZKUŠENOSTI S DETEKČÍ NADMĚRNÝCH EMISÍ

Michal VOJTÍŠEK¹, Martin PECHOUT², Jan SKÁCEL¹, Vít BERÁNEK¹, Jakub ONDRÁČEK³

¹ Centrum vozidel udržitelné mobility, ČVUT v Praze
michal.vojtisek@fs.cvut.cz

² Katedra vozidel pozemní dopravy, Česká zemědělská univerzita, Praha
pechout@tf.czu.cz

³ Ústav chemických procesů AV ČR, Praha
ondracek@icpf.cas.cz

Klíčová slova: Spalovací motory, Emise, Nanočástice, Měření, Doprava, Technický stav

SUMMARY

A roadside measurement of particulate matter concentrations with two fast-response instruments, an electric mobility particle sizer and a photoacoustic sensor, with parallel CO₂ measurement used to calculate emissions per kg of fuel, was conducted as a preliminary assessment of suitability of the method to identify high particle emitters.

ÚVOD

Znečištění ovzduší je celosvětově i ve většině jednotlivých zemí jednou z nejčastějších příčin předčasných úmrtí, zejména v důsledku primárních emisí částic a oxidů dusíku (NO_x), a sekundárního vzniku částic a troposférického ozonu. Ve většině evropských měst jsou hlavním zdrojem znečištění výfukové emise ze spalovacích motorů (nejen v silničních vozidlech) a ostatní (nevýfukové) emise z dopravy.

Mezi emisemi částic individuálních motorů jsou značné, až několikařádové rozdíly, dané rozdílnou kvalitou konstrukce, výroby, seřízení, údržby a obsluhy motorů. Nejvyšší emise částic mají motory, které jsou v nevyhovujícím technickém stavu například z důvodu nadměrného opotřebení, zanedbané nebo nesprávné údržby, nebo cíleného zásahu motoristy (v ČR hojně inzerované odstraňování katalyzátorů a filtrů částic nebo často neschválené nebo nedostatečně odborně provedené úpravy motoru na vyšší výkon).

Vyhledávání motorů s nadměrnými emisemi s cílem dosažení jejich následné opravy či náhrady je, či by alespoň mělo být, cílem pravidelných technických kontrol a souvisejících měření emisí. Stávající metodika měření kouřivosti motoru metodou volné akcelerace je však pro moderní vozidla nedostačující, protože například absence filtru částic touto metodou nemusí být detekována. Lze proto předpokládat, že účinnost pravidelných technických kontrol je z různých důvodů omezená, a na veřejných komunikacích jsou provozována vozidla s nadměrnými emisemi, což bylo ostatně zjištěno při měření koncentrací podél dopravních tahů (Štolcpartová et al., 2015) a na parkovišti školy (Vojtíšek, 2015).

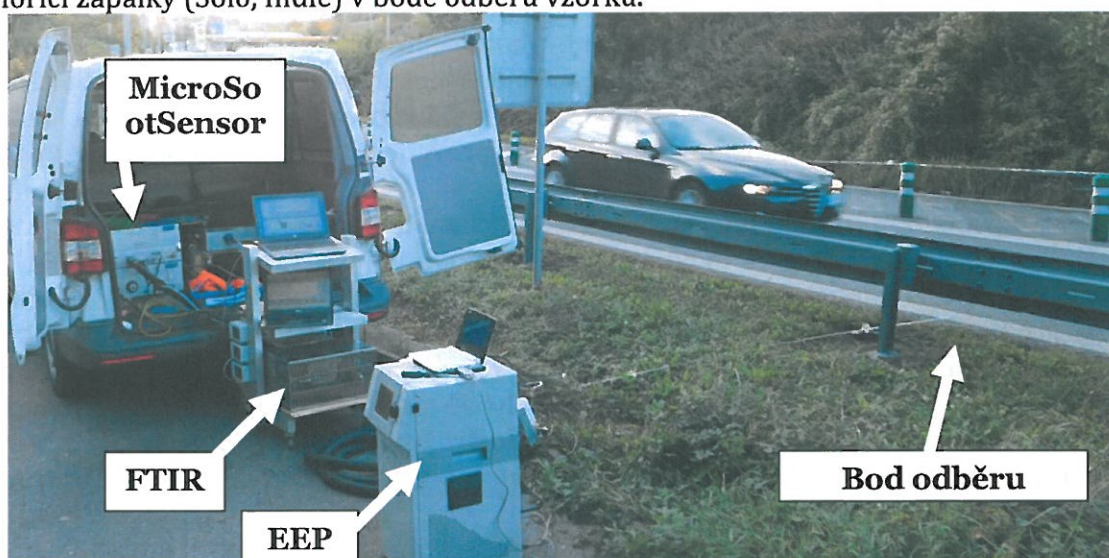
Tato studie je jedna z pilotních studií pro prvotní koncept alternativní metodiky pro detekci vozidel s nadměrnými emisemi v provozu. Pro provozní měření plynných znečišťujících látek jsou již desetiletí používány spektrometry s optickou dráhou napříč vozovkou, známé jako Remote Sensing Device (Bishop, 1989). Tímto způsobem však

prakticky nelze měřit malé částice, které jen velmi omezeně utlumují (pohlcují a rozptylují) světelný paprsek. Velmi malé částice lze naopak úspěšně detekovat kondenzačními čítači a elektrometry. Kondenzační čítače jsou již využívány pro kontroly motorů ve Švýcarsku (Bischof 2015), přičemž malé ruční přístroje na bázi difúzního nabíjení částic a následné měření náboje odevzdaného částicemi elektrometrem (Fierz et al., 2011 a 2014) jsou již běžně používané pro atmosférické studie. Hallquist a kol. (2013) sledovali částice z autobusů poháněných naftou a zemním plynem přístroji umístěnými podél dráhy průjezdu autobusu po zkušebním okruhu. Bishop a kol. (2015) měřili kondenzačním čítačem koncentrace částic ve sběrném potrubí umístěném ve stanu, kterým projížděly nákladní vozy.

V této studii je ověřován koncept měření přístroji s rychlou odezvou, které odebírají vzorek z bezprostřední blízkosti projíždějících vozidel. Je uvažován výsledek v emisích na kg paliva, který lze porovnat s emisními limity Euro (platnými pro jízdní cyklus NEDC), například při spotřebě paliva 50 g/km odpovídá 1 g/km limitu Euro 3 (50 mg/km) a 0.1 g/km limitu Euro 5.

MĚŘENÍ

Pro tuto studii byly vybrány dva přístroje s rychlou (10 Hz) odezvou – klasifikátor na bázi mobility v elektrickém poli (Engine Exhaust Particle Sizer, TSI), který měří početní koncentrace částic ve velikostních kategoriích 5-560 nm, a fotoakustickým přístrojem (MicroSoot Sensor, AVL), který detekuje zvukové vlny vzniklé pohlčením laserového paprsku částicemi, a to převážně částicemi elementárního uhlíku. Tyto přístroje byly doplněny infračerveným spektrometrem s Fourierovou transformací (FTIR, IMatrix-MGX, Bruker Optik, Německo), který měří absorbní spektra v oblasti 4000-700 cm^{-1} (2,5-14 μm) se spektrálním rozlišením 0.5 cm^{-1} a časovým rozlišením 5 Hz. Přístroje byly umístěny za svodidly na sjezdu z pražského městského okruhu ve směru od Barrandovského mostu na ulici 5. května a vzorkovaly ve výšce 2-3 cm nad okrajem vozovky nerezovou trubicí, ze které byl vzorek rozdělen do jednotlivých přístrojů. Přístroje byly napájeny sestavou akumulátorů a měniče. Fotografie sestavy je na obr. 1. Časová odezva přístrojů byla ověřena a data synchronizována přiblížením hořící zápalky (Solo, Indie) v bodě odběru vzorku.



Obr. 1: Měřicí aparatura

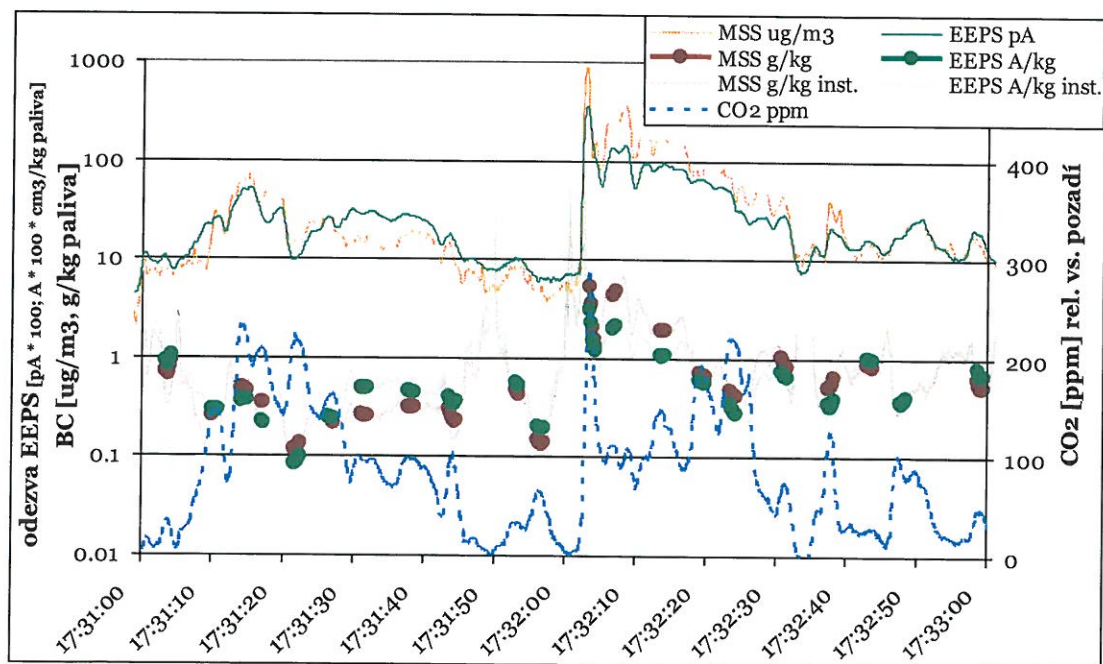
ZPRACOVÁNÍ DAT

FTIR spektra byla vyhodnocena pro koncentrace CO_2 . Kvalifikovaným odhadem byla stanovena, a od naměřených koncentrací odečtena, požadovaná koncentrace CO_2 430 ppm. Pro zjednodušení bylo předpokládáno, že vyšší koncentrace CO_2 jsou výhradně důsledkem spalování paliv v projíždějících vozidlech, a že průměrné motorové palivo obsahuje 86 % (hmot.) uhlíku, který je veškerý přeměněn na CO_2 . Podělením naměřených koncentrací částic ekvivalentním množstvím paliva v cm^3 vzorku, vypočteném na základě těchto předpokladů, byly vypočteny emisní faktory vyjádřené jako emise částic na kg paliva.

Protože velikostní distribuce částic měřené EEPS lze vyjádřit dle počtu, povrchu, objemu a hmotnosti částic, a cílem bylo zejména ověření konceptu, jsou v této studii vykazována primární (surová) data, tj. proudy naměřené jednotlivými elektrometry, a to jako průměrný proud na elektrometru, odpovídající cm^3 vzorku nebo kg paliva.

VÝSLEDKY

Jako ukázka naměřených výsledků jsou na obr. 2 vyneseny naměřené koncentrace a vypočtené emisní faktory pro dvě minuty měření. Koncentrace CO_2 jsou jako jediné vyjádřeny na pravé lineární ose, všechny ostatní veličiny jsou na levé ose v logaritmickém měřítku. Emisní faktory jsou počítány průběžně (vyjma period, kdy příspěvek CO_2 byl nižší než 20 ppm). Oblasti, kdy koncentrace CO_2 dosahují svého vrcholu a zároveň jsou rozlišitelné od blízkých vrcholů CO_2 , jsou vyneseny tlustou čarou, a lze je považovat za alespoň velmi orientační vyjádření emisních faktorů pro 21 vozidel.



Obr. 2: Naměřené koncentrace CO_2 (s odečtem pozadí, pravá osa, modře), elementárního uhlíku (žlutě, vyjádřen v $\mu\text{g}/\text{m}^3$) a průměrný proud elektrometru detekovaný EEPS (vyjádřen ve stovkách pA), emisní faktory elementárního uhlíku (g/kg paliva) a proudu EEPS (stovky $\text{A} \cdot \text{kg paliva}/\text{cm}^3$), s tučně zvýrazněnými body výpočtu emisních faktorů pro jednotlivá vozidla.

DISKUZE

Zde představené zpracování dat je velmi hrubé. Ve skutečnosti by mělo být uváženo, že naměřený signál je konvolucí příspěvků jednotlivých vozidel, které by měly být od sebe odděleny dekonvolucí. Emisní faktory by pak měly být stanoveny na základě příspěvků jednotlivých vozidel ke koncentracím částic a CO₂, a s uvážením okamžitých hodnot pozadových koncentrací. Je totiž pravděpodobné, že vozidlo, které projelo v 17:32:03, vyprodukovalo tak velké množství částic, že jím může být ovlivněn výpočet faktorů pro několik dalších vozidel. Pro zážehové motory by bylo vhodné spektra naměřená FTIR vyhodnotit i pro CO a případně, alespoň orientačně, organické plyny. Na druhou stranu je z výsledků zřejmé, že vozidla s vysokými emisemi se od vozidel v dobrém stavu neliší o desítky procent, ale řádově. Proto je možné, že pro obdobná měření bude možné využít i menší a levnější přístroje. Celkově je patrné, že zde popsany přístup představuje určitý, i když ještě ne zcela upřesněný, potenciál pro „bezkontaktní“ detekci vozidel s nadměrnými emisemi částic.

PODĚKOVÁNÍ

Autoři děkují Magistrátu hlavního města Prahy za financování pilotní studie, ÚAMK a.s., Praha (Ústřednímu automotoklubu) za technickou podporu, a MŠMT za financování přístroje MicroSoot Sensor (projekt CZ.1.05/2.1.00/19.04.08) a laboratorního zázemí (projekt NPU LO1311).

LITERATURA

- Bischof, O. Recent Developments in the Measurement of Low Particulate Emissions from Mobile Sources: A Review of Particle Number Legislations. *Emiss. Control Sci. Technol.*, 1, 203-212, (2015).
- Bishop, G. A., Starkey, J. R., Ihlenfeldt, A., Williams, W. J., & Stedman, D. H. IR long-path photometry: a remote sensing tool for automobile emissions. *Analytical Chemistry*, 61(10), 671-677A, (1989).
- Bishop, G. A., et al. On-road heavy-duty vehicle emissions monitoring system. *Environmental science & technology*, 49(3), 1639-1645, (2015).
- Fierz, M., Houle, C., Steigmeier, P., Burtscher, H. Design, calibration, and field performance of a miniature diffusion size classifier. *Aerosol Sci. Technol.* 45 (1), 1-10., (2011).
- Fierz, M., Meier, D., Steigmeier, P., Burtscher, H. Aerosol measurement by induced currents. *Aerosol Sci. Technol.* 48 (4), 350-357, (2014).
- Hallquist, Å. M., Jerksjö, M., Fallgren, H., Westerlund, J., & Sjödin, Å. Particle and gaseous emissions from individual diesel and CNG buses. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(10), 5337-5350, (2013).
- Štolcpartová, J., Pechout, M., Dittrich, L., Mazač, M., Fenkl, M., Vrbová, K., Ondráček J., Vojtíšek-Lom, M. Internal Combustion Engines as the Main Source of Ultrafine Particles in Residential Neighborhoods: Field Measurements in the Czech Republic. *Atmosphere*, 6(11), 1714-1735, (2015).
- Vojtíšek M., et al. Kolik nanočástic vdechujeme ve škole a kolem ní? Den vědy na ZŠ Sion, Hradec Králové, leden 2015. Předneseno na konferenci Ovzduší 2015, Brno, (2015).