

# Horor tranzitní dopravy ve městech

## Výfukové emise kamionů jsou výrazně vyšší při pomalém pojíždění v koloně

MICHAL VOJTÍŠEK  
JAN TOPINKA

*Výfukové emise moderních i starších vznětových (naftových) motorů jsou silně závislé nejen na konstrukci, seřízení a technickém stavu motoru, ale též na provozních podmínkách. Při volnoběhu se zhoršuje kvalita spalování, klesá teplota katalytických zařízení, pokud je jimi motor vybaven, a narůstají emise částic, převážně nanočástic, a to i při následném rozjezdu. Emise částic jsou tak násobně až řádově vyšší než při plynulém průjezdu. Relativně rychlým a účinným řešením popojíždějících kamionů tak může být regulace dopravy směřující k zajištění plynulého průjezdu.*

### Nebezpečné nanočástice v motorových emisích

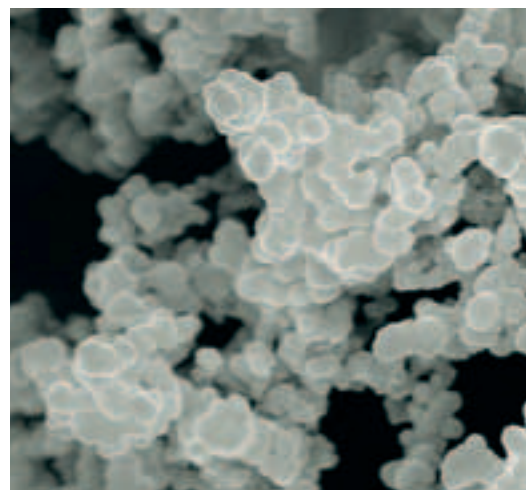
Spalovací motory jsou hlavní hnací silou většiny silničních vozidel od motocyklů přes automobily po autobusy a nákladní automobily. Jsou také jedním z nejvýznamnějších zdrojů znečištění ovzduší, a to zejména v městských aglomeracích. Na rozdíl od elektráren, tepláren a dalších stacionárních zdrojů, které jsou vybaveny vysokými komíny a lokalizovány zpravidla mimo hustě osídlené oblasti, emitují vozidla výfukové plyny v bezprostřední blízkosti lidí v dopravních prostředcích nebo na chodnicích či jinde blízko silnic. Spalovací motory produkují velmi jemné částice o střední velikosti několika desítek nanometrů (nanočástice). Takto malé částice jsou okem neviditelné, neboť jsou o řád menší, než je vlnová délka viditelného světla. Zůstávají přitom ve vzduchu podstatně déle než větší částice, protože čím jsou menší, tím pomaleji sedimentují a tím snadněji jsou unášeny prouděním vzduchu a Brownovým pohybem molekul. Na rozdíl od větších částic, které se zachycují v horních cestách dýchacích, nemá proti nanočásticím lidský organismus účinné obranné mechanismy. Nanočástice pronikají hluboko do plicních sklípků, kde se jich až desítky procent zachycují.<sup>1</sup> Odtud mohou pronikat buněčnou membránou, přes kterou větší částice neprojdou, do krevního oběhu a jsou roznášeny do dalších orgánů. Jádru částic je zpravidla tvořeno elementárním uhlíkem a má fraktální tvar s velkým povrchem (obr. 1), na který se zachytávají organické látky, kterých je ve výfukových plynech mnoho druhů, včetně karcinogenních polycyklických aromatických uhlovodíků, a látek jako 3-nitro-benzantron, které jsou v motorových emisích zastoupeny ve velmi malých množstvích, ale jsou vysoce škodlivé.<sup>2</sup> Částice ve výfukových plynech

vznětových (naftových) motorů, popřípadě výfukové plyny vznětových motorů jako celku jsou Mezinárodní agenturou pro výzkum rakoviny v Lyonu nově klasifikovány jako rakovinotvorné. Vedle zvýšeného rizika nádorových onemocnění představuje dlouhodobý pobyt v blízkosti frekventovaných komunikací vyšší riziko astmatu, chronických onemocnění dýchacích cest, infarktu a dalších nemocí. Epidemiologické studie ukazují, že riziko předčasného úmrtí, způsobené motorovými emisemi, je několiknásobně vyšší než riziko předčasného úmrtí v důsledku dopravní nehody. Nanočástice jsou obsažené, byť v menším množství, i ve výfukových plynech zážehových (benzinových) motorů.

### Malé procento vozidel je zodpovědné za většinu emisí

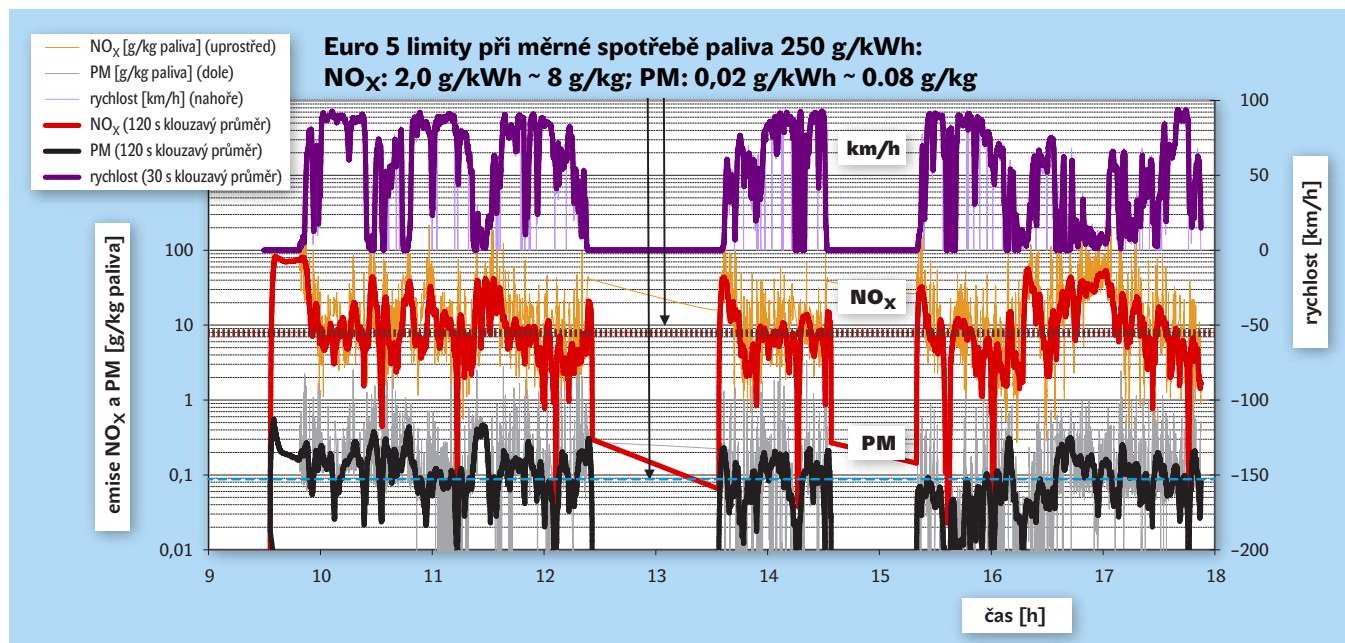
Koncentrace nanočástic závisí na technické vyspělosti motoru, jeho technickém stavu a provozních podmínkách. Například autobusy provozované dopravním podnikem města New Yorku jsou osazeny vysoce účinnými filtry částic, takže saze na vnitřní straně jejich výfukového potrubí se obtížně hledají i s bílou rukavičkou a jejich emise částic vzniklé spálením několika set litrů nafty odpovídají spálení jednoho litru benzínu v průměrné motorové pile či v motorovém křovinořezu. Většina těžkých vozidel provozovaných v České republice však takových parametrů zdaleka nedosahuje. Mno-

1. Aglomeráty částic z výfukových plynů naftového motoru zachycené na filtru. (Snímek z elektronového mikroskopu © dr. Jana Trčková, Elmarco, Liberec.)



Michal Vojtíšek, M.Sc., Ph.D., (\*1973) studoval Univerzitu v Pittsburghu (USA). Zabývá se udržitelnou dopravou a energetikou, spalováním pokročilých paliv z obnovitelných zdrojů a měřením a snižováním výfukových emisí spalovacích motorů za reálného provozu. Působí jako vědecký pracovník a odborný asistent v Ústavu automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel Fakulty strojní ČVUT v Praze a na katedře vozidel a motorů Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci.

Ing. Jan Topinka, DSc., (\*1955) vystudoval Fakultu jadernou a fyzikálně inženýrskou ČVUT v Praze. Působí jako vedoucí vědecký pracovník v Ústavu experimentální medicíny AV ČR, v. v. i., v Praze, kde vede Laboratoř genetické toxikologie a dlouhodobě se zabývá toxicitou komplexních směsí chemických látek vázaných na jemné prachové částice v ovzduší.



zí místní motoristé též zanedbávají údržbu, podvádějí při pravidelných kontrolách emisí a upravují motory na vyšší výkon (chiptuning), čímž ve většině případů při plném zatížení prudce rostou emise nanočástic, jak je zřejmé z obláček kouře vypouštěných rychle akcelerujícími automobily na dálnici. Vozidla ve špatném technickém stavu mohou mít řádově vyšší emise částic, například v Kalifornii jsou desítky procent až polovina všech emisí částic přičítány pěti až deseti procentům vozidel.<sup>3</sup> Nalezení vozidel s vysokými emisemi a jejich oprava jsou proto výrazně levnějším způsobem regulace emisí než další snižování již velmi přísných limitů u nových vozidel.

### Důležitý je provozní režim motoru

Velký vliv na emise nanočástic mají i provozní podmínky motoru. Agresivní jízda a jízda velmi vysokou rychlostí emise částic u většího vozidel výrazně zvyšují. To však způsobuje i opačný extrém, kterým je popojíždění v koloně. Zatímco teplota výfukových plynů vznětových motorů při zatížení je několik set stupňů Celsia, při volnoběhu je to již jen kolem sta stupňů a při velmi pomalém popojíždění jen o málo více. Při takové teplotě ztrácí účinnost jak oxidační katalyzátor, kterým je vybavena většina moderních vznětových motorů, tak selektivní katalyzátor pro redukci oxidů dusíku, další významně znečišťující látky. Při déle trvajícím nízkém zatížení motoru se též ochlazují vnitřní povrchy spalova-

cího prostoru. Kapičky nespálené či částečně spálené nafty tak ulpívají na povrchu spalovacího prostoru, pronikají do mazacího oleje a shromažďují se ve výfukovém potrubí. Nízké teploty výfukových plynů pak způsobují tvorbu dalších částic kondenzací semivolatilních organických látek ve výfukovém systému. Tyto částice jsou buď emitovány, nebo se shromažďují ve výfukovém potrubí. Při přechodu motoru na vysoké zatížení se pak tyto úsady ve výfukovém systému částečně spálí a částečně uvolní. Výsledky měření provedených autorem na dálničních tahačích v USA ukazují, že emise částic po dlouhém volnoběhu či popojíždění jsou po dobu až desítek minut výrazně vyšší. Další studie byla provedena autorem a kolegy na pražském okruhu. Dálniční tahač DAF s motorem splňujícím poslední emisní normu EURO 5 a s oxidačním katalyzátorem a katalyzátorem pro redukci oxidů dusíku byl opatřen speciální aparaturou pro měření okamžitých výfukových emisí za provozu vozidla. Vozidlo pak jezdilo s návěsem naloženým na celkovou hmotnost soupravy 38 tun po celý den po pražském okruhu a v okolí Prahy. Výsledky tohoto měření jsou ukázány na obr. 2, kde jsou zakresleny okamžité a průměrné hodnoty rychlosti vozidla, emisí oxidů dusíku (NO<sub>x</sub>) a částic (PM) vztažených na kg spotřebovaného paliva. Z výsledků je zřejmé, že tam, kde průměrná rychlost klesla z desítek na jednotky km/h, se emise NO<sub>x</sub> i PM oproti „normální“ jízdě navýšily několikanásobně až řádově.

### Homologační testy ve zkušebnách neodrážejí emise v reálném provozu

Jízda v reálném provozu a zejména popojíždění v kolonách se s režimy homologačních testů, které jsou přesně definované a probíhají za laboratorních podmínek, dají jen obtížně srovnávat. Proto nelze na základě měření za provozu určit, zda daný motor nebo vůz plní určený emisní limit, protože ten je vztažen ke zkušebnímu testu. Porovnáme-li však

**2. Rychlost jízdy a emise NO<sub>x</sub> a PM na kg paliva dálničního tahače DAF s motorem Euro 5 při okružních jízdách po pražském okruhu (měření provedli Michal Vojtíšek a Martin Kotek, Technická fakulta České zemědělské univerzity v Praze).**

**Abstract: Town and transportation by Michal Vojtíšek and Jan Topinka.** Exhaust emissions of modern as well as older diesel engines are heavily dependent not only on the quality their design, calibration and maintenance, but also on their operating conditions. During idle, the combustion quality deteriorates, the temperature of internal surfaces of the engine and catalytic aftertreatment devices decreases, and the emissions of particulate matter, especially nanoparticles, are increasing not only during idling, but also during subsequent operation at a load. Under such conditions, the particulate matter emissions are increased several-fold compared to steady driving. Transportation planning and management decisions aimed to limit congestion and ensure smooth passage of transit trucks may offer a relatively expedient and inexpensive measure to curb the transit truck particle emissions problem.

1) Gerde P., Muggenburg B. A., Lundborg M., Dahl A. R., The rapid alveolar absorption of diesel soot-adsorbed benzo(a)pyrene: bioavailability, metabolism and dosimetry of an inhaled particle-borne carcinogen, *Carcinogenesis* 22, 741-749, 2001.

2) Arlt V., 3-Nitrobenzanthrone, a potential human cancer hazard in diesel exhaust and urban air pollution: a review of the evidence. *Mutagenesis* 20, 399-410 (2005).

3) Park S. S. et al.: Emission Factors for High-Emitting Vehicles Based on On-Road Measurement of Individual Vehicle Exhaust with a Mobile Measurement Platform. *Journal of the Air and Waste Management Association* 61, 10, 2011, 1046-1056, doi:10.1080/10473289.2011.595981.

*Tento příspěvek vznikl v rámci projektu MEDETOX, Inovativní metody měření emisí naftových motorů v podmínkách reálného městského provozu, financovaného evropským programem LIFE+ (LIFE10 ENV/CZ/651).*

emise na kg paliva s teoretickými emisemi na kg paliva, které odpovídají limitům EURO 5, pak při „normální“ jízdě po místních silnicích, dálnici i okruhu byly emise na kg paliva nižší, než odpovídá limitům EURO 5, a to i přesto, že kamion měl najeto více než půl milionu km deklarovaných v normě EURO 5 jako životnost motoru. Při pomalém popojíždění však byly emise na kg paliva vyšší než hodnoty odpovídající limitům EURO 5.

#### **Závěr**

Z uvedeného rozboru a získaných výsledků lze vyvodit závěr, že delší provoz moderního vznětového motoru při nízkých zatíženích, typických pro pomalé pojíždění v koloně, je velmi nepříznivý pro emise oxidů dusíku a zejména částic, které jsou několikanásobně vyšší než při jízdě v plynulém provozu.

#### **Co s tím?**

Z toho vyplývají dvě doporučení. Jedno se týká budoucích evropských emisních limi-

tů, které by měly zohledňovat nejen kvantitu, ale i kvalitu částic, především však jejich zdravotní rizika a reálné provozní podmínky s důrazem na provoz v hustě osídlených aglomeracích, který může být problematický a při kterém je oproti průměrnému provozu vyšší hustota příjemců emisí. Druhé se týká současné místní a národní dopravní politiky, která by měla podporovat opatření, jež by vedla k udržení co nejvyšší plynulosti provozu. Nemusí se přitom jednat o obchvaty, které vedou k rozptýlené výstavbě v jejich blízkosti a tím k dalšímu navyšování intenzity provozu, ale spíše o opatření, která na pravém místě a v pravý čas sníží intenzitu dopravy pod reálnou kapacitu dané komunikace, uzlu nebo oblasti. Jak úpravy emisních limitů pro nová vozidla, tak obnova vozového parku jsou během na dlouhou trať. Naopak opatření v oblasti dopravního plánování a politiky mohou být mnohem rychlejší, zároveň relativně nenákladná a mohou přinést velmi rychlý účinek. ∞