

## Nanočástice emitované spalovacími motory

Michal Vojtíšek

Katedra vozidel a motorů, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci  
Studentská 2, 461 17 Liberec, [michal.vojtisek@tul.cz](mailto:michal.vojtisek@tul.cz), tel. 774 262 854

Pístové spalovací motory jsou v současné době převažující hnací silou většiny dopravních prostředků a mobilních strojů. Patří mezi ně zejména silniční vozidla, od mopedů přes automobily a lehké nákladní automobily po autobusy a těžké nákladní vozy, ale i motorové lokomotivy, lodě, sněžné skútry a rolby, terénní vozítka, a malá letadla. Mobilní stroje poháněné spalovacími motory zahrnují například traktory a různé stavební stroje, ale též malé stroje jako křovinořezy, motorové pily a zahradní sekačky, i stroje podstatně větší, například těžké nakladače a sklápěčky v dolech a na velkých stavbách. V menších strojích, a tam, kde je důraz na nízkou hmotnost a nízkou cenu, se používají zpravidla zážehové (benzinové, Ottovy) motory, kde ke vznícení směsi paliva a vzduchu je použita zapalovací svíčka nebo obdobné zařízení. Ve větších strojích, a tam, kde je důraz kladen na hospodárnost provozu a životnost, se využívají motory vznětové (naftové, Diesellovy).

Většina spalovacích motorů je poháněna ropnými deriváty, i přes problematické odhady její budoucí dostupnosti z důvodu ubývajících zásob [1] a nestabilní a narůstající ceny [2]. Palivem pro zážehové motory je převážně benzín, v menší míře propan-butan, etanol a zemní plyn, a ve velmi mizivé míře různá alternativní paliva (vodík, bioplyn, butanol) a nízkonákladové náhražky benzínu, jež zde záměrně nejsou jmenovány. Palivem pro vznětové motory je zpravidla motorová nafta, hojně je využívána bionafta (směs n-alkylesterů mastných kyselin, v ČR zpravidla metylestery řepkového oleje), v neznámé míře jsou využívány rostlinné oleje palivové i jiné kvality, nízkonákladové náhražky nafty jako použitý fritovací olej a řada paliv která zde záměrně nejsou uvedena, ve velmi malé míře jsou využívána experimentální paliva jako 95% etanol, dimethyléter, další étery a alkoholy. Celková spotřeba benzínu v České Republice je přibližně 2 Tg (2 miliony tun) ročně, nafty pak 4 Tg (4 miliony tun) ročně [3]. Tento trend až donedávna narůstal rychlostí přibližného zdvojnásobení celkové spotřeby za 15 let. Od roku 2008 nárůst spotřeby stagnuje, přičemž tato stagnace je připisována převážně kombinaci zvyšování cen pohonných hmot a zpomalení růstu ekonomiky.

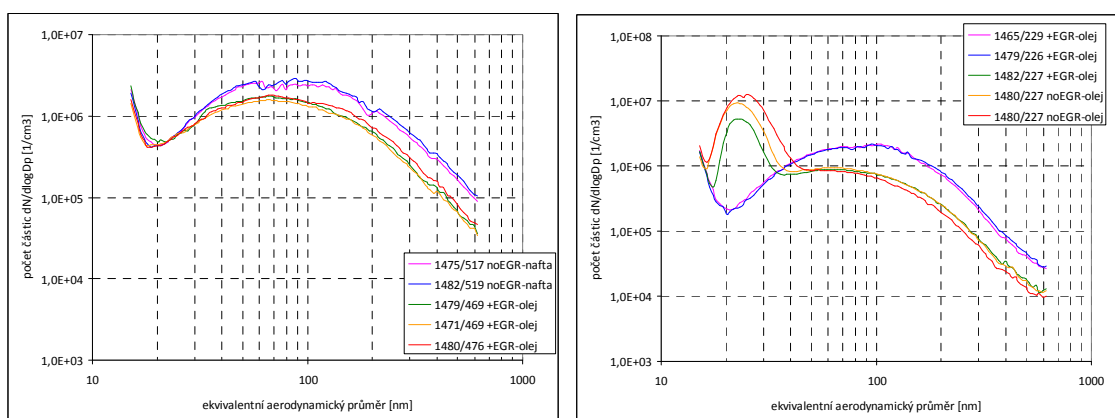
Spalovací motory jsou také zdrojem znečištění ovzduší. Neúplným spálením paliva je produkován oxid uhelnatý, reakcí atmosférického dusíku a kyslíku jsou produkovány oxidy dusíku. Nespálené a neúplně spálená uhlíkatá paliva (všechna paliva vyjma vodíku, oxidu dusnatého nebo amoniaku) a nespálený nebo neúplně spálený mazací olej jsou emitovány jako složitá směs organických látek nebo jako elementární uhlík. Ten je tvořen pláty z aromatických jader, které jsou vrstveny, a „zabaleny“ do primární částice o velikosti řádově desítky nanometrů [4]. Další částice vznikají kondenzací těžších organických látek. Tyto primární částice se dále shlukují do fraktálních útvarů s velkým povrchem, a na tyto útvary se zachytávají další částice i organické látky. Vzniká tak složitý aglomerát, jehož jádro je zpravidla tvořeno elementárním uhlíkem, na kterém jsou zachyceny organické látky.

Organické látky jsou tradičně děleny na organické plyny (plynné organické látky, uhlovodíky), a na „částice“, to jest zpravidla těžší látky v kapalně formě. Toto dělení však není jednoznačné, protože mnohé látky mohou být v plynné i kapalně formě (semivolatilní látky) v závislosti na rovnováze mezi plynnou a kapalnou fází. Většina organických látek opouští ve většině případů spalovací prostor motoru v plynné fázi a k jejich přeměně na částici dochází po jejich ochlazení ve výfukovém systému a v ovzduší. Protože mnohé děje jsou příliš rychlé na to, aby bylo vždy dosaženo rovnováhy, je rozložení semivolatilních látek mezi plynnou fází a částice také dáno průběhem ředění a ochlazování výfukových



plynů. Ochlazováním dochází ke kondenzaci semivolatilních látek a podporuje proto tvorbu a růst částic, zatímco ředěním dochází ke snížení koncentrace plynných látek, čímž se tvorba částic potlačuje.

Velikost částic emitovaných spalovacími motory je v jednotkách až stovkách nanometrů [5,6]. Tato velikost je definována zpravidla jako aerodynamický průměr, hypotetický průměr kulaté částice, na kterou působí při pohybu ekvivalentní síla odporu vzduchu. Velikostní distribuce částic zpravidla vykazuje dva dominantní píky, z nichž každý, pokud vyneseno na logaritmické ose (logaritmus průměru), je považována za normální distribuci. Jeden pík má dominantní velikost v řádu deseti nanometrů (kolem 20 nm, ale i v jednotkách nm) a je nazýván nukleačním módem, druhý má dominantní velikost v řádu sta nanometrů a je nazýván akumulacním módem [5]. Typická velikostní spektra částic jsou na obr. 1.



**Obr. 1: Typická velikostní spektra částic vznětového motoru (měření autora)**

Menší množství částic je tvořeno kovovými ořevými částicemi z motoru, částicemi které byly obsaženy v okolním vzduchu, a většími aglomeráty částic uvolněných z výfukového potrubí.

Za nejvíce škodlivou složku jsou pokládány částice v nukleačním módu, nazývané nanočástice. Ty se s účinností v řádu desítek procent zachycují v plicních sklípcích [7], a mají schopnost pronikat buněčnou membránou do krevního oběhu a přispívat k výskytu chronických onemocnění a celkově ke škodám na lidském zdraví [8].

Naftové motory starší konstrukce produkovaly, měřeno dle hmotnosti, většinu částic v akumulacním módu ve formě elementárního uhlíku, což odpovídá formě viditelného černého kouře. Nanočástice zaujímaly cca desetinu celkové hmotnosti částic, ale desítky procent, v mnohých případech většinu, celkového počtu částic [5,6].

Emise byly měřeny nejprve opticky [9], jako opacita nebo kouřivost motoru, přičemž tento způsob měření přetrvává na stanicích technické kontroly, kde je využíván jako levná metoda pro nalezení motorů v nevyhovujícím technickém stavu. Poté byly emise částic měřeny gravimetricky, jako celková hmotnost částic zachycená na filtru, jímž je prosáváno známé množství vzorku výfukových plynů, při dané teplotě [10,11].

U benzinových motorů nebyly emise částic limitovány, protože tyto motory neprodukovaly ve větší míře viditelný kouř. Tyto motory však také produkují částice přibližně stejné velikosti jako motory vznětové, a to převážně při provozu na bohatou směs, i když v relativně malém množství. Měření provedená autorem poukázala na to, že automobil Škoda Favorit s benzinovým motorem produkoval méně částic než dvě modernější vozidla se vznětovým motorem [12], kterýmžto argumentem lze polemizovat s dopadem daně uvalené na registraci starších vozidel. Lze však předpokládat, že nezanedbatelná množství částic budou produkovat novější zážehové motory s přímým vstřikem.

Měřítkem postupného snižování emisí částic byla jejich celková hmotnost. Hmotnostní limity pro nové vznětové motory byly sníženy o jeden až dva řády [13]. Vývojem technologie spalovacích motorů, včetně počítačově řízeného vstřikování paliva, a nástupem pokročilých technologií pro dodatečné zpracování výfukových plynů, bylo tohoto snížení dosaženo, a to převážně úbytkem částic v akumulacím módu. Emise nanočástic se však úměrně nesnížily, dokonce není zřejmé, že k jejich snížení vůbec došlo [14,15].

Výrazným snížením hmotnosti emitovaných částic vlivem pokročilých technologií také nastala situace, že tam, kde tato technologie není správně nasazena a využita (režimy pro které motor nebyl optimalizován, různé poruchy z nichž mnohé výrazně neovlivní jiné než emisní parametry, neodborné zásahy do seřízení včetně tzv. číptuningu), jsou emise částic nepoměrně vyšší. Zkušenosti s obdobnými trendy zážehových motorů poukazují na to, že celkové emise vozového parku jsou tak dominovány relativně malým počtem vozidel [16-18] a relativně malou částí celkové provozní doby [19,20], což znesnadňuje přesné stanovení emisí celého vozového parku [21].

Souběh postupné kondenzace a akumulace semivolatilních látek na částicích, distribuovaného rozmístění zdrojů znečištění (zpravidla konec výfukového potrubí), a blízkosti receptorů (zejména občanů nalézajících se na přilehlých chodnících, v přilehlých budovách a v dopravních prostředcích), znesnadňuje tradiční rozlišení mezi emisemi (znečišťující látky opouštějící zdroj) a imisemi (znečišťující látky rozptýlené v ovzduší), neboť v mnohých případech lze polemizovat o tom, že občané v bezprostřední blízkosti vozidla inhalují výfukové plyny, které ještě nebyly zcela „rozptýleny“.

Technickým řešením jsou filtry částic, ve kterých výfukové plyny procházejí porézními stěnami z karbidu křemíku, keramických materiálů, zeolitů, apod., na kterých se částice zachytí. Zachycené částice jsou pak průběžně nebo periodicky spalovány, často s dopomocí katalyzátorů přidávaných do paliva nebo nanesených na povrch filtru nebo předřazeného oxidačního katalyzátoru. V některých případech se ke zvýšení teploty výfukových plynů využívá paliva. Filtry částic jsou používány na většině těžkých vozidel prodaných v USA od roku 2007, na většině těžkých vozidel a pojízdných strojů provozovaných ve Švýcarsku, a na mnohých vozidlech provozovaných v EU. Je pravděpodobné, že s nabytím účinnosti nově zavedeného limitu na počet částic (Euro 5B, Euro 6), a to i pro zážehové (benzinové) motory, se zvýší míra nasazení filtrů částic. Mezi motoristickou veřejností v ČR jsou však filtry částic vnímány negativně a mnohá internetová diskuzní fóra i některé servery otevřeně sdílejí možnosti odstranění filtru částic u dovezeného vozidla, kterým je vybaveno. Podobně problematickou praktikou je neautorizované zvyšování výkonu „číptuningem“, které ve většině případů též výrazně zvyšuje emise částic při vyšších zatíženích motoru.

**Nanočástice jsou považovány za nejvíce rizikovou složku ve výfukových plynech spalovacích motorů, protože se zachycují v plicních sklípcích, mají schopnost pronikat buněčnou membránou do krevního oběhu, a dodávají tak organismu složitou směs více i méně škodlivých organických sloučenin vznikajících spalováním uhlíkatých paliv a mazacích olejů. Emise nanočástic nebyly sníženy úměrně snížení limitované celkové hmotnosti částic, naopak se zvyšují s narůstající intenzitou silniční dopravy a využívání stavebních a dalších strojů. Emisní limity na nové motory neošetřují emise ze stávajícího vozového parku. Rozdíly až několika řádů v emisích částic způsobené rozdílnými technologiemi motorů, jejich technickým stavem a provozními podmínkami znesnadňují jejich přesné stanovení. Komplexita směsi organických látek pak znesnadňuje přesné stanovení jejich vlivu na organismus z jejich chemického složení, které je často obtížné plně určit. Bezprostřední blízkost občanů od spalovacích motorů a neklesající intenzita dopravy jsou důvodem k pečlivému a uváženému přístupu, který by měl vést ke snižování negativních dopadů emisí ze spalovacích motorů na lidské zdraví.**

## Literatura:

- [1] Ivanhoe, L.F.: World Oil, October 1995, p. 77-87.
- [2] Energy Information Administration, USA, [www.eia.gov](http://www.eia.gov).
- [3] Statistická ročenka České Republiky, 2000 až 2009.  
[http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/statisticke\\_rocenky\\_ceske\\_republiky](http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/statisticke_rocenky_ceske_republiky)
- [4] Dimopoulos-Eggenschwiler P., Liati A.: Characterization of particulate matter deposited in diesel particulate filters: Visual and analytical approach in macro-, micro- and nano-scales. *Combustion and Flame* 157 (2010) 1658–1670.
- [5] Kittelson D. B., Watts W. F., Johnson, J. P., 2006a. On-road and Laboratory Evaluation of Combustion Aerosols Part 1: Summary of Diesel Engine Results. *J. Aerosol Sci.* 37, 913-930.
- [6] Kittelson D. B., Watts W. F., Johnson, J. P., Schauer, J.J., Lawson, D.R., 2006b. On-road and Laboratory Evaluation of Combustion Aerosols Part 2: Summary of Spark Ignition Engine Results. *J. Aerosol Sci.*, 37, 931-949.
- [7] Gerde P., Muggenburg, B.A., Lundborg, M., Dahl, A.R., 2001. 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.
- [8] Künzli, N, R Kaiser, R, Medina, S, Studnicka, M., Chanel, O., Filliger, P., Herry, M., Horak, F., Puybonnieux-Texier, V., Quénel, P., Schneider, J., Seethaler, R., Vergnaud, J.-C., Sommer, H., 2000. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment, *The Lancet* 356, 895-901.
- [9] Merrion, D.: Heavy Duty Diesel Emissions Regulations – Past, Present and Future. Society of Automotive Engineers Technical Paper 2003-01-0040.
- [10] Předpis EHK 49. UN ECE document ECE/TRANS/180/Add.4;  
<http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a4e.pdf>
- [11] Federální zákon USA o emisích ze spalovacích motorů. United States Code of Federal Regulation, Title 40, Part 86. Online at [ecfr.gpoaccess.gov](http://ecfr.gpoaccess.gov).
- [12] Přehled emisních předpisů na DieselNet, [www.dieselnet.com](http://www.dieselnet.com)
- [13] Vojtíšek M., Fenkl M., Dufek M.: Effect of high-speed, performance driving on exhaust emissions of modern light-duty vehicles. In: *Advances in Automotive Engineering*, edited by Pavel Novotný, Tribun EU, Brno, 2008. ISBN 978-80-7399-496-9.
- [14] Biswas, S., Hu, S., Verma, V., Herner, J.D., Robertson, W.H., Ayala, A., Sioutas, C., 2008. Physical properties of particulate matter (PM) from late model heavy-duty diesel vehicles operating with advanced PM and NOx emission control technologies. *Atmospheric Environment*, 42, 5622-5634.
- [15] Tzamkiozis, T., Ntziachristos, L., Samaras, Z., 2010. Diesel passenger car PM emissions: From Euro 1 to Euro 4 with particle filter. *Atmospheric Environment*, 44, 909-916.
- [16] Bishop, G. and D. Stedman (1990). "On-road carbon monoxide emission measurement comparisons for the 1988-1989 Colorado oxy-fuels program." *Environmental Science & Technology* 24: 843-847.
- [17] Guenther, P.L., Bishop, G.A., Peterson, J.E., Stedman, D.H.: Emissions from 200 000 vehicles: a remote sensing study. *The Science of The Total Environment*, vol. 146-147, 1994, pp. 297-302.
- [18] Ross, M.: *Automobile Fuel Consumption And Emissions - Effects Of Vehicle And Driving Characteristics*. Annual Review Of Energy And The Environment, 19, 1994, 75.
- [19] Kelly, N.A., Groblicki, P.J.: Real-world emissions from a modern production vehicle driven in Los Angeles. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 43, 1993, pp.1351-7.
- [20] St. Denis, M.J.; Cicero-Fernandez, P.; Winer, A.M.: Effects of in-use driving conditions and vehicle/engine operating parameters on 'off-cycle' events. Comparison with FTP conditions. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 44, 1994, pp.31-38.
- [21] Vojtíšek, M.: Současné trendy ve výfukových emisích z pístových spalovacích motorů, vliv provozních podmínek a dalších faktorů na emise, metody měření. *Ochrana ovzduší*, ISSN 1211-0337, 2011, 2, 4-11.



# Nanočástice emitované spalovacími motory a jejich rizika

**Michal Vojtíšek**, M.Sc., Ph.D.  
Fakulta Strojní, Technická univerzita v Liberci  
michal.vojtisek@tul.cz, tel. (+420) 774 262 854



# Úvod

Emise ze spalovacích motorů jsou z hlediska zdravotního rizika jedním z největších zdrojů znečištění ovzduší v městských aglomeracích.

Většina našich odhadů celkových emisí je založena převážně na měření relativně malého počtu relativně nových motorů za ideálních podmínek v laboratoři, a na měření imisí.

Emise z daného vozidla v daném okamžiku jsou velmi různé – závisí na technologii motoru, technickém stavu, atmosférických a provozních podmínkách, způsobu jízdy, ... na to se často zapomíná!

Splňuje-li nějaký motor nové emisní normy (Euro 3,4,5,...) při homologačních zkouškách za ideálních podmínek, neznamená to nutně že má odpovídající nízké emise i po celou dobu reálného provozu.

**Pouze sledováním emisí (regulovaných i neregulovaných) po celou dobu životnosti vozového parku můžeme získat podklady pro uvážená rozhodnutí o vhodných opatřeních pro snížení emisí.**



## Současná situace silniční dopravy

- **Intenzita dopravy i spotřeba paliva rostou**
- **Emise ze spalovacích motorů, zejména velmi jemné částice, se stávají jedním z hlavních problémů většiny měst**
- Spalování fosilních paliv vede k emisím skleníkových plynů, jejich narůstající koncentrace spojena s rizikem klimatických změn
- Zásoby fosilních zdrojů jsou omezené
- **ČR i EU jsou energeticky závislé na jiných zemích**



# Spalovací motory jsou dnes jedním z největších zdrojů znečištění ovzduší





# Počet automobilů (osobních i nákladních) na našich silnicích neustále roste



# Automobilismus



Praha, 2009





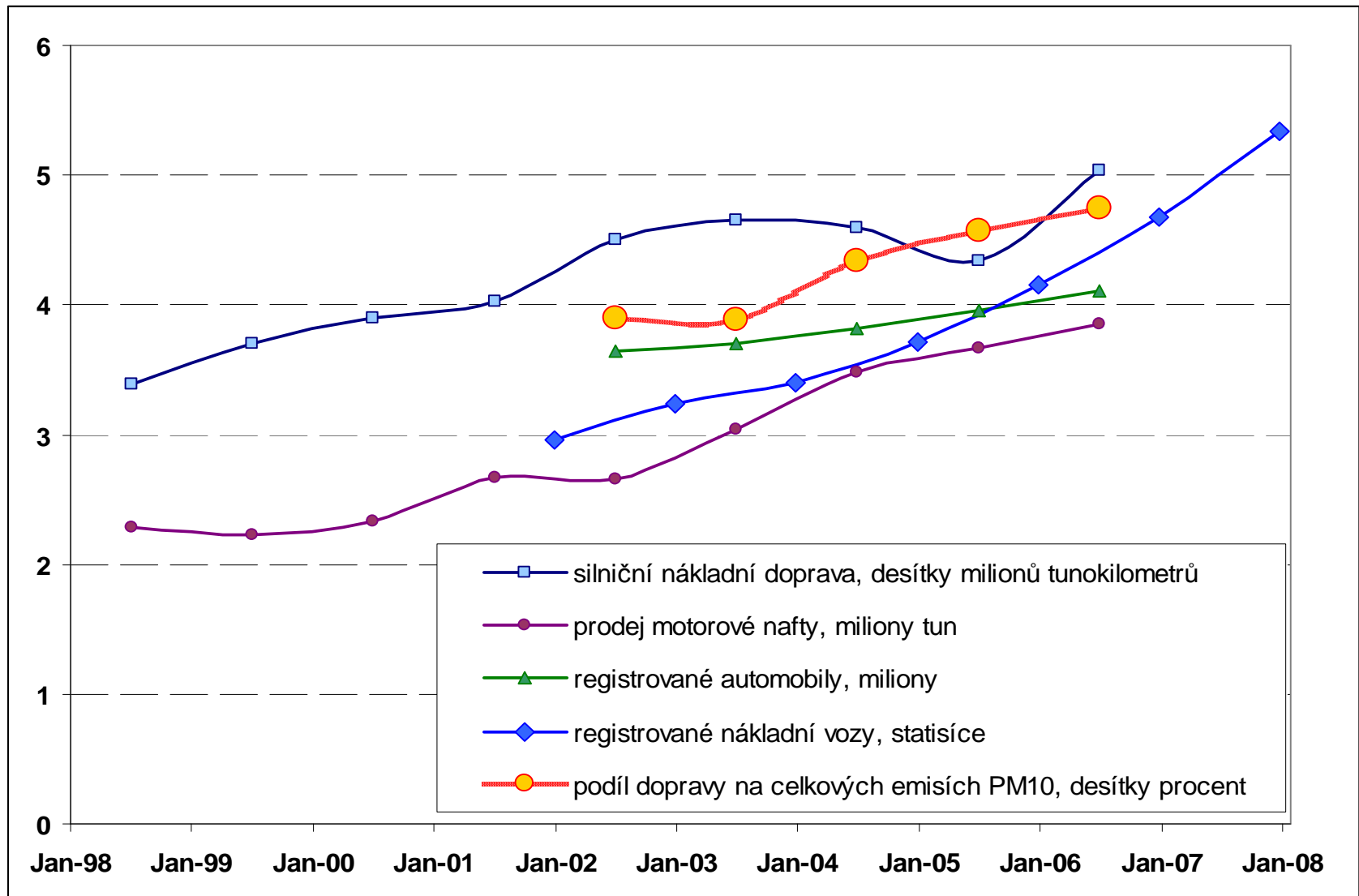
In the Czech Republic, in the period from 1990 to 2004, energy consumed by transport rose by almost 100%, increasing by 6.7 percent from 2003 to 2004.

Ministry of the Environment

*(Report on The Environment in the Czech Republic in 2004 – December 2005)*



# Nárůst intenzity dopravy způsobuje, že téměř polovina emisí pevných částic pochází z mobilních zdrojů



Zdroj: Ročenka životního prostředí, MŽP ČR, 2007; Centrální registr motorových vozidel; Ministerstvo dopravy



# Emise ze spalovacích motorů - plyny

- Oxid uhelnatý (CO) – jedovatý plyn
- Směs uhlovodíků (vyjma metanu) (NMHC)
- Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>)
  - látky podílející se na tvorbě přízemního ozonu a smogu
- Metan (CH<sub>4</sub>)
- Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)
  - Skleníkové plyny
- Těkavé organické sloučeniny (VOC) odpařené z paliva
- Toxické látky, zejména formaldehyd, acetaldehyd, benzen, acrolein, 1,3-butadien, a směs plynných, kapalných a pevných organických látek vznikajících spalováním nafty ve vznětových motorech





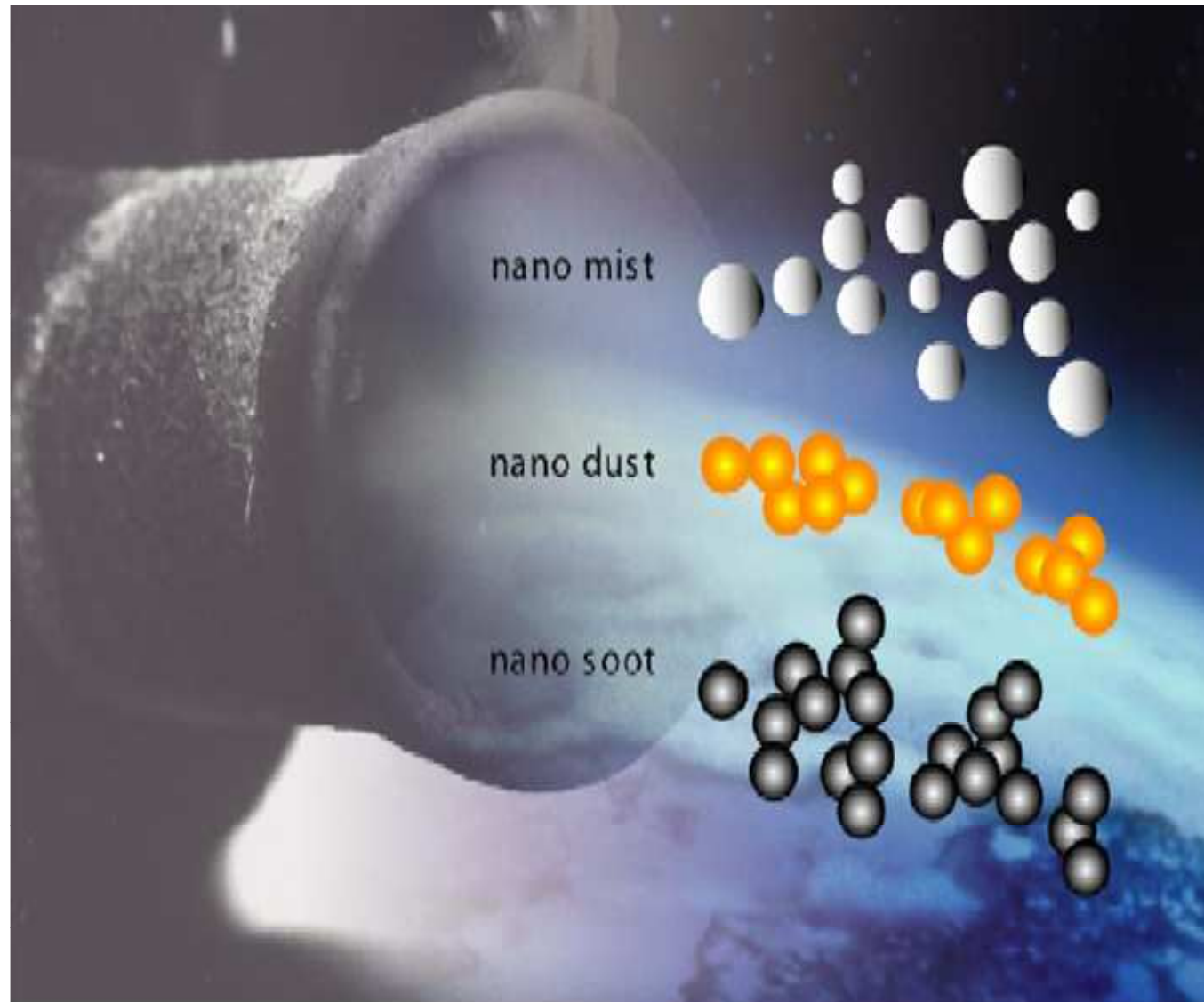
# Emise ze spalovacích motorů - částice

- Černé saze – povětšinou „čistý“ uhlík, částice mají velikost 0.1 až 1 mikrometr, mají složitý fraktální tvar připomínající sněhové vločky, na těchto částicích se nachytávají aerosoly, plyny, pyl, mikroorganismy, atd.
- Aerosoly – směs organických látek z nespáleného nebo částečně spáleného paliva a oleje, kyseliny sírové a dusičné a jejich sloučenin, částice mají velikost řádově od 0.005 do 0.1 mikrometru, nejsou proto téměř viditelné
- Částice se zachycují a usazují v plicích, vyvolávají onemocnění dýchacích cest, napadají i srdce a mozek

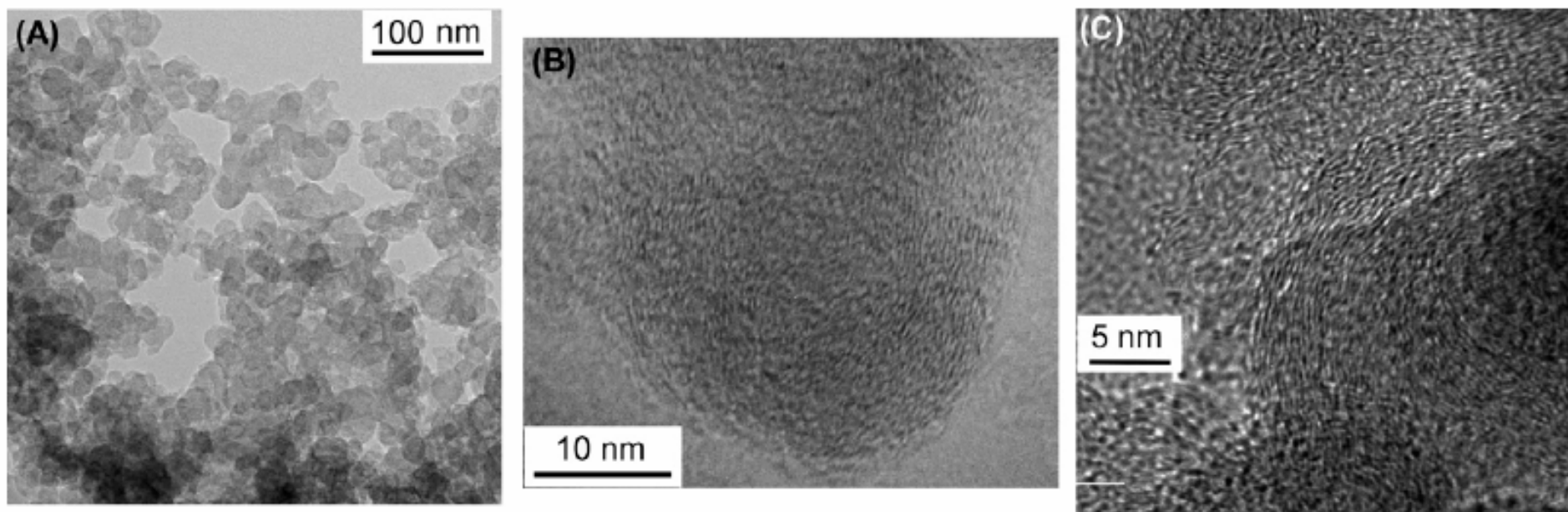
# Základní typy výfukových aerosolů

- elementární uhlík (saze)
- anorganické sloučeniny a kovy
- volatilní látky

*A.Mayer, TTM*

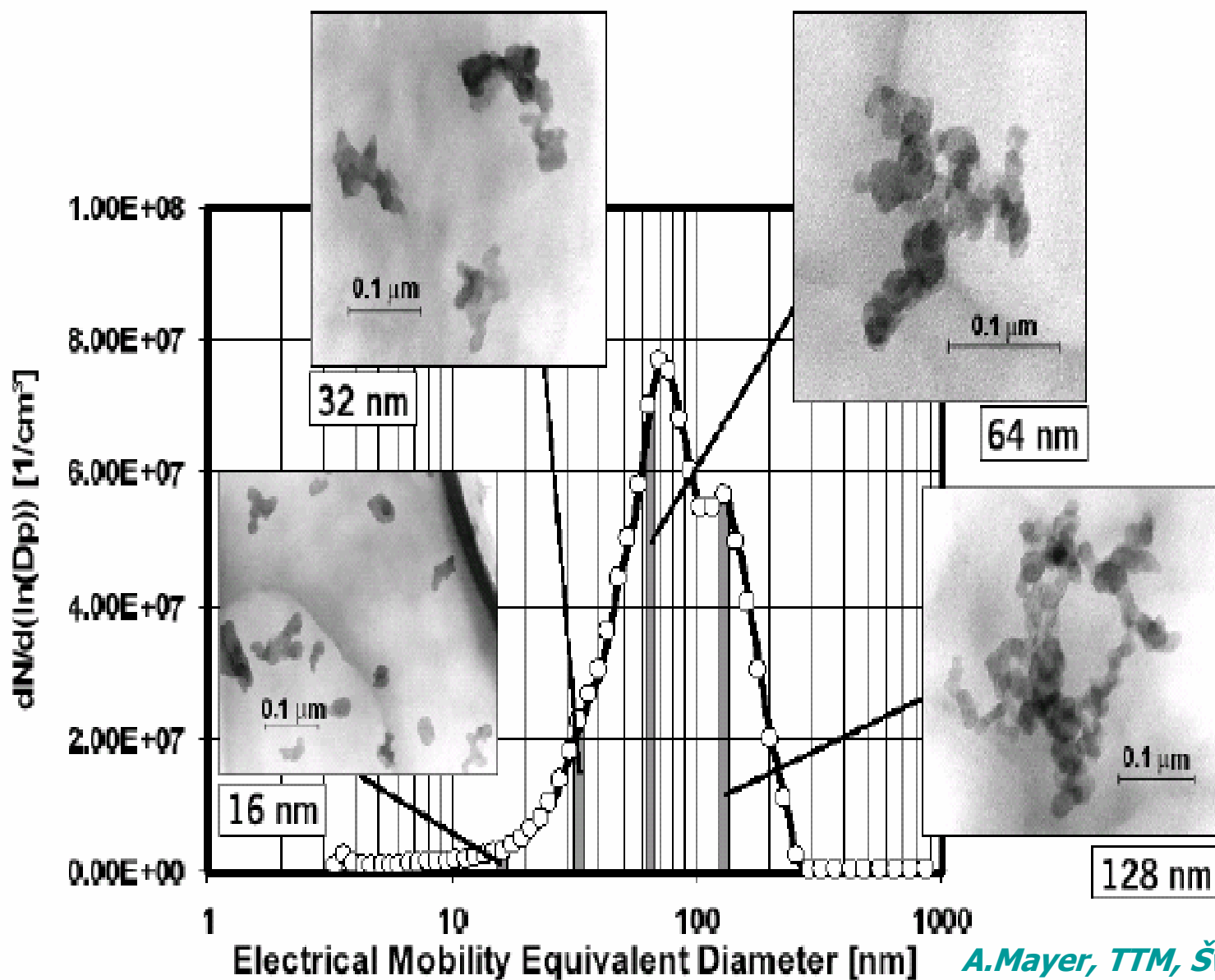


# Částice ve výfukových plynech naftového motoru



Liatí A., Dimopoulos P.E., *Combustion and Flame* 157 (2010) 1658–1670.

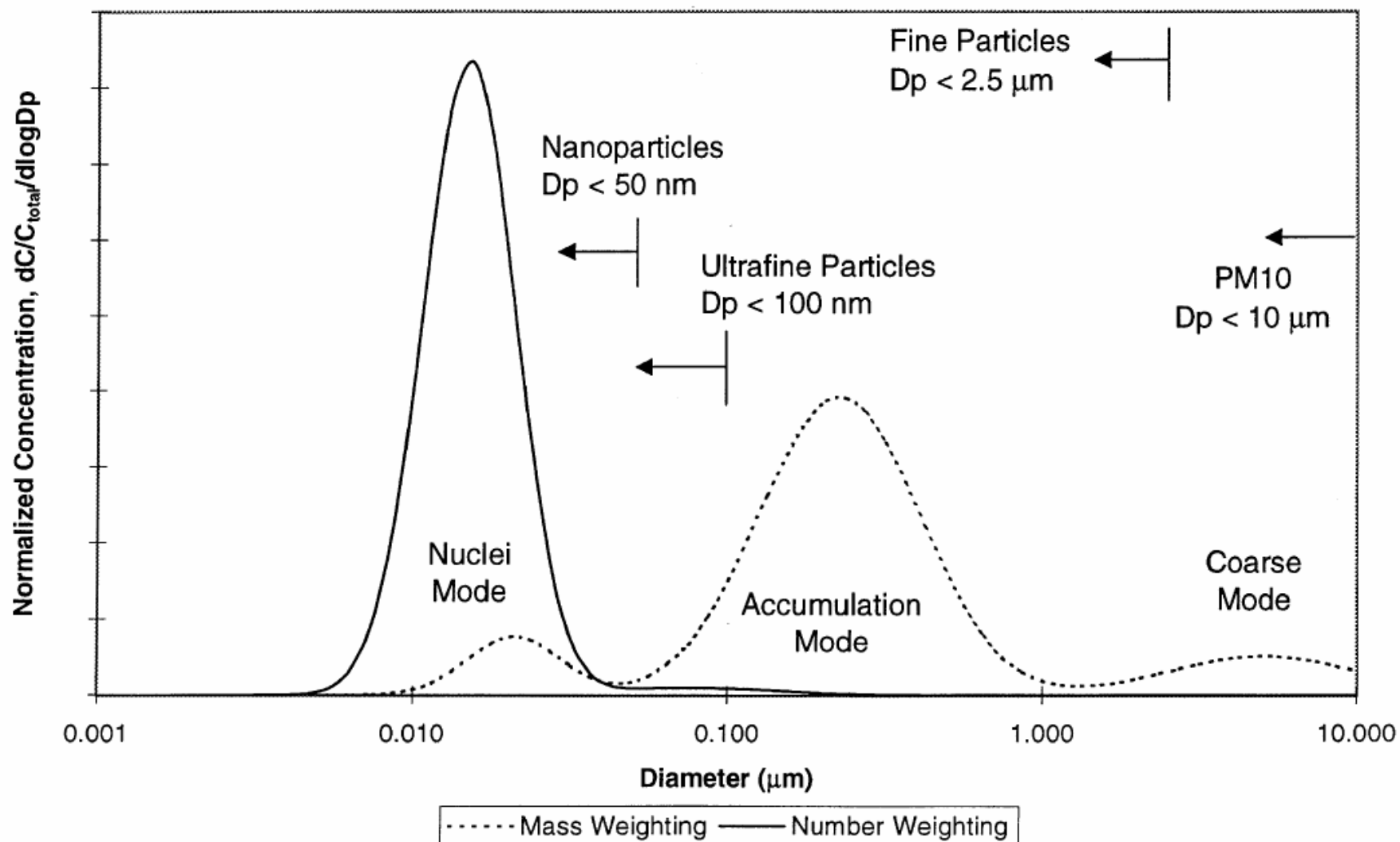
# Částice ve výfukových plynech naftového motoru



A.Mayer, TTM, Švýcarsko  
Přednáška na MŽP 2009



## Typické velikostní spektrum částic - vznětové motory



Kittelson, *J. Aerosol Sci.* Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588, 1998





# Zachycovací účinnost dýchacího systému

## Fractional Deposition of Inhaled Particles (Oberdörster)

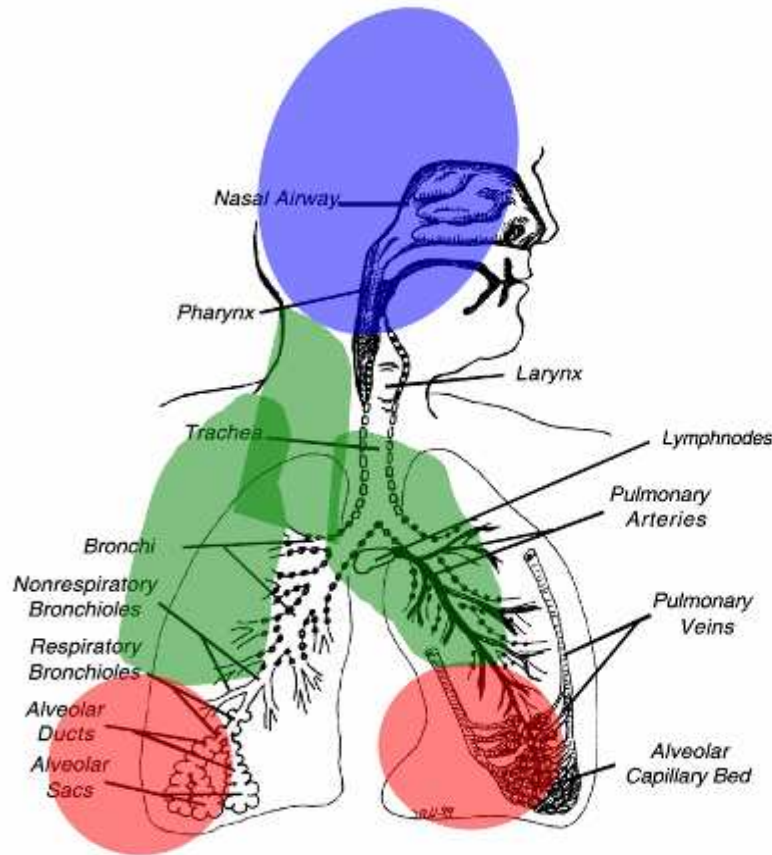
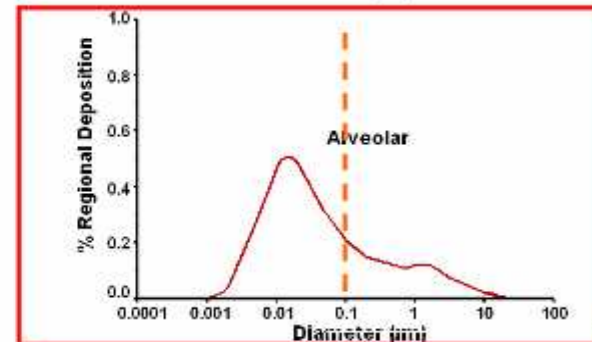
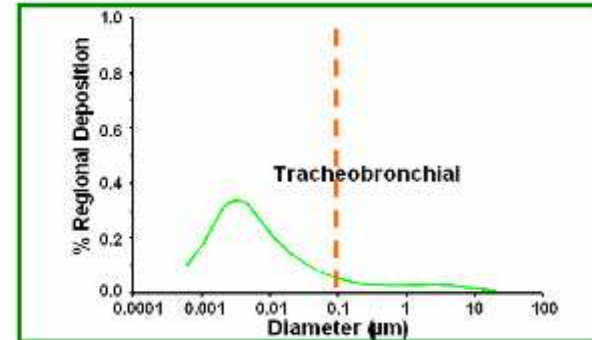
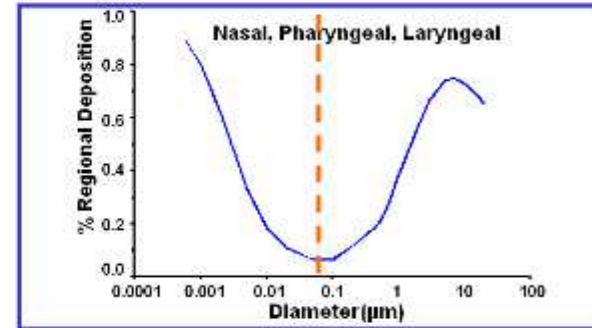


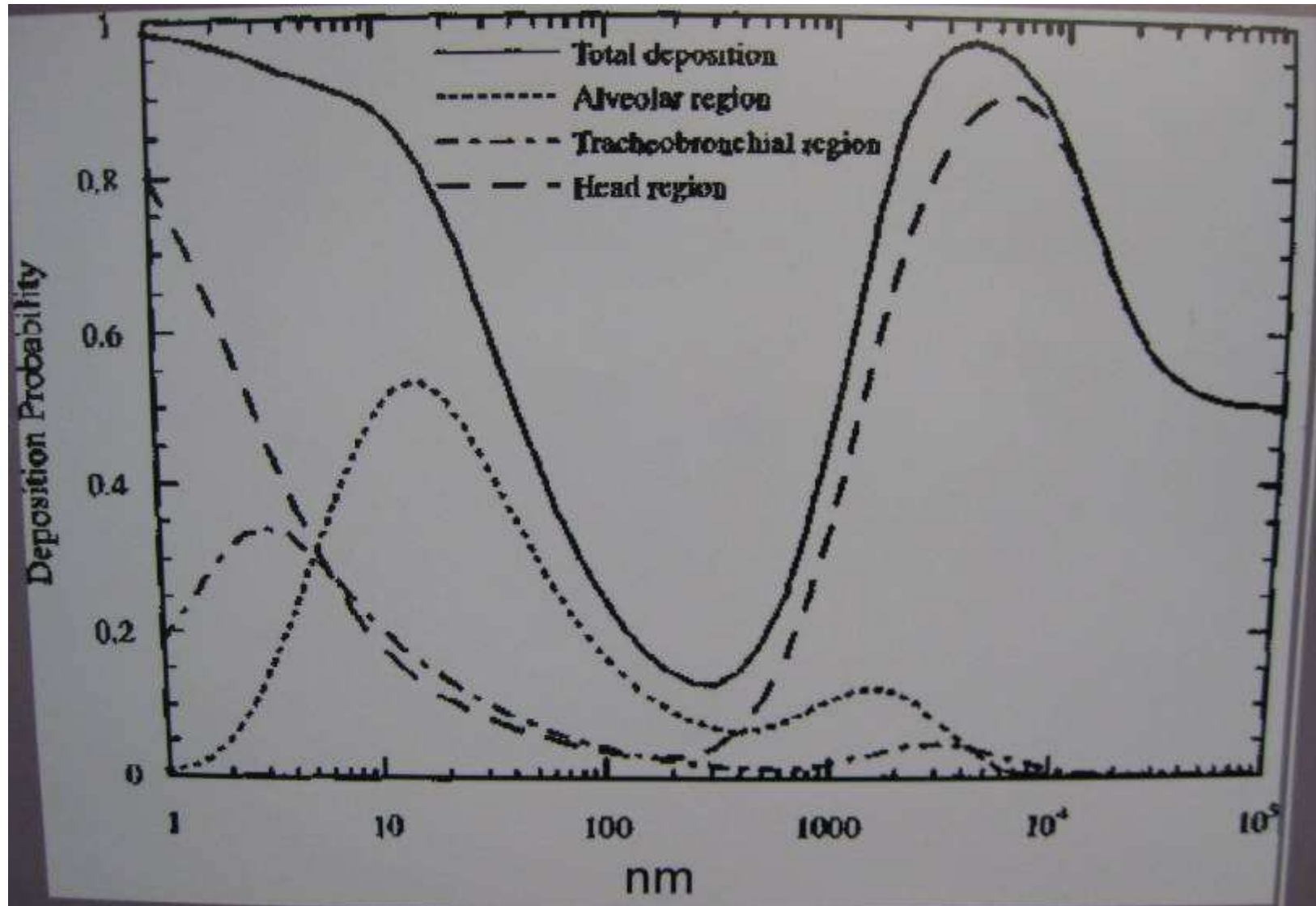
Figure courtesy of J.Harkema



A. Mayer, 12th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich, 2008

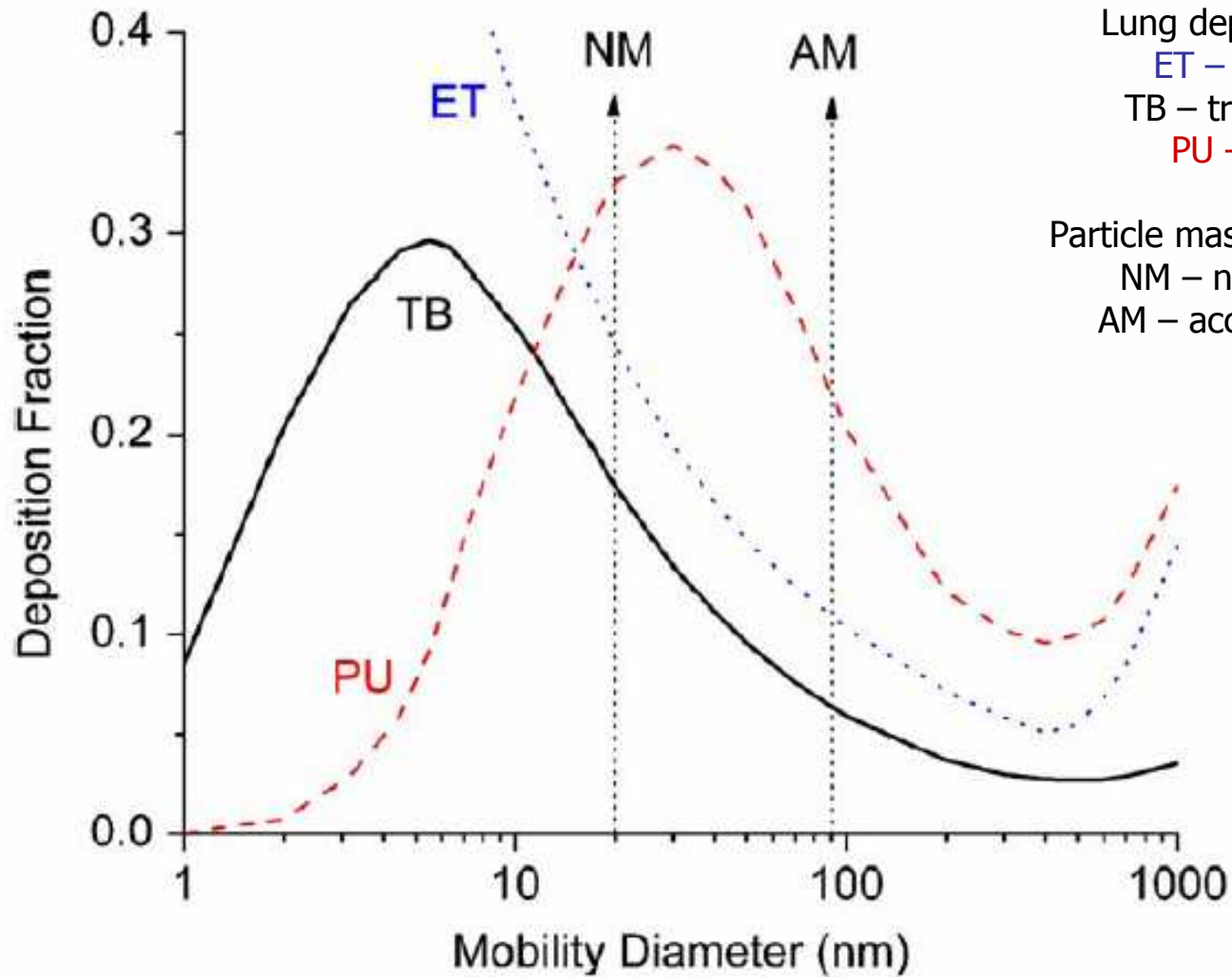


## Zachycovací účinnost dýchacího systému



Muir, R. et al., High-level symposium on nanotechnology safety, Praha, 30.11.2011

# Zachycovací účinnost dýchacího systému



Lung deposition fraction:

ET – extrathoracic

TB – tracheobronchial

PU – pulmonary

Particle mass median diameter:

NM – nucleation mode

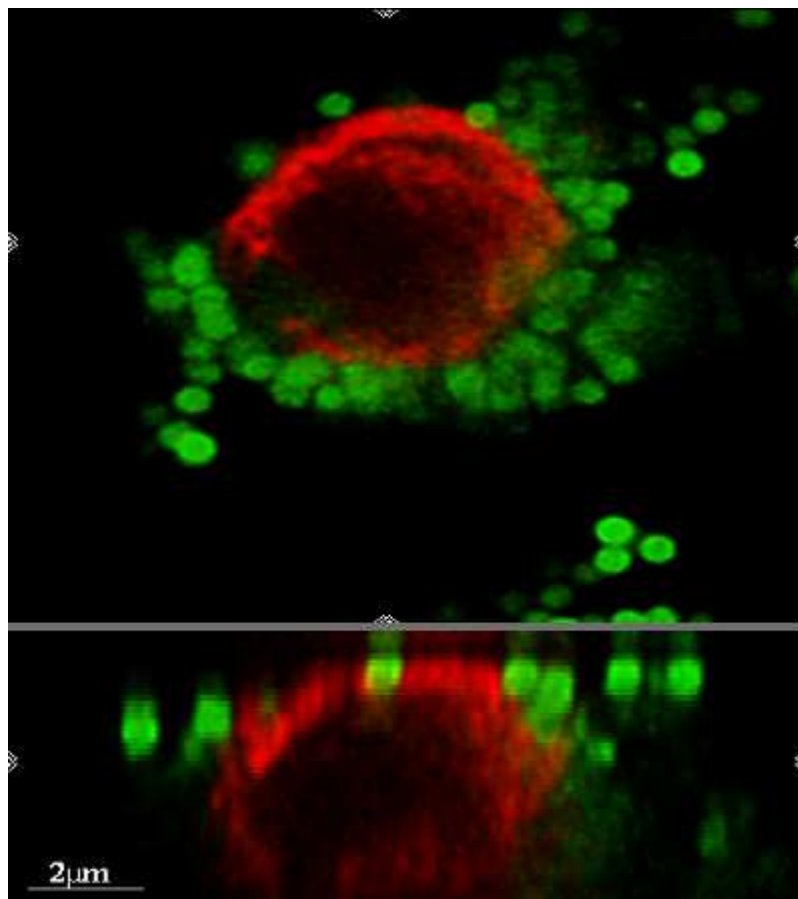
AM – accumulation mode

B. Alföldy et al., *Aerosol Science* 40 (2009) 652–663.

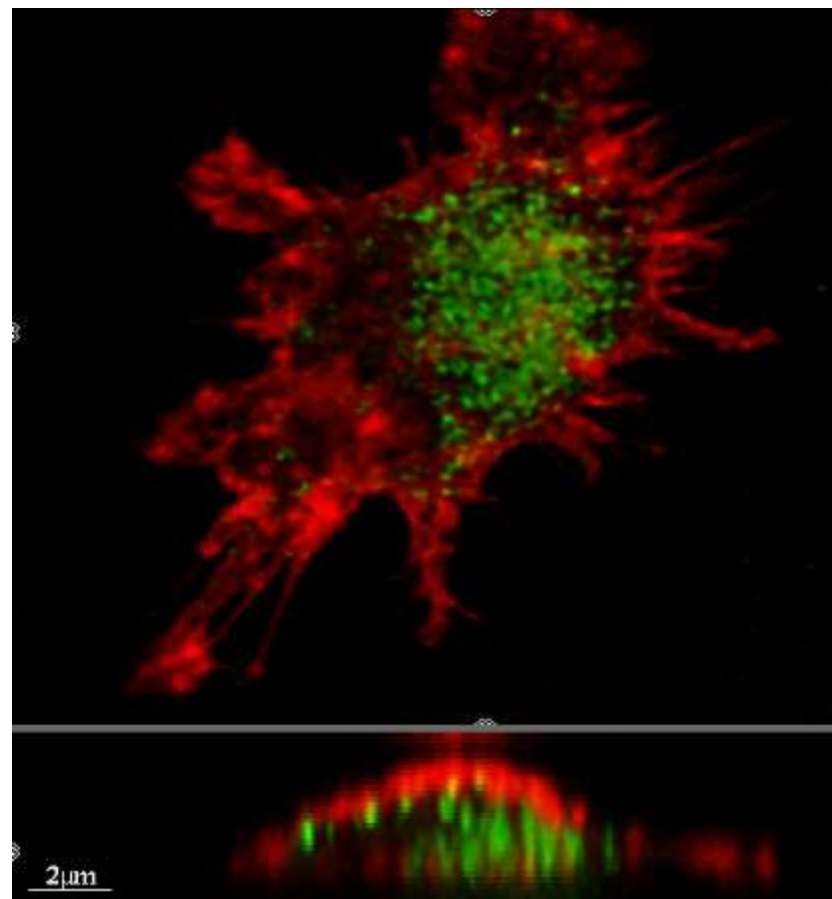


## Pronikání velmi jemných částic (desítky nm) buněčnou membránou

■ 1000 nm  
Polystyrene Particles



■ 78 nm  
Polystyrene Particles



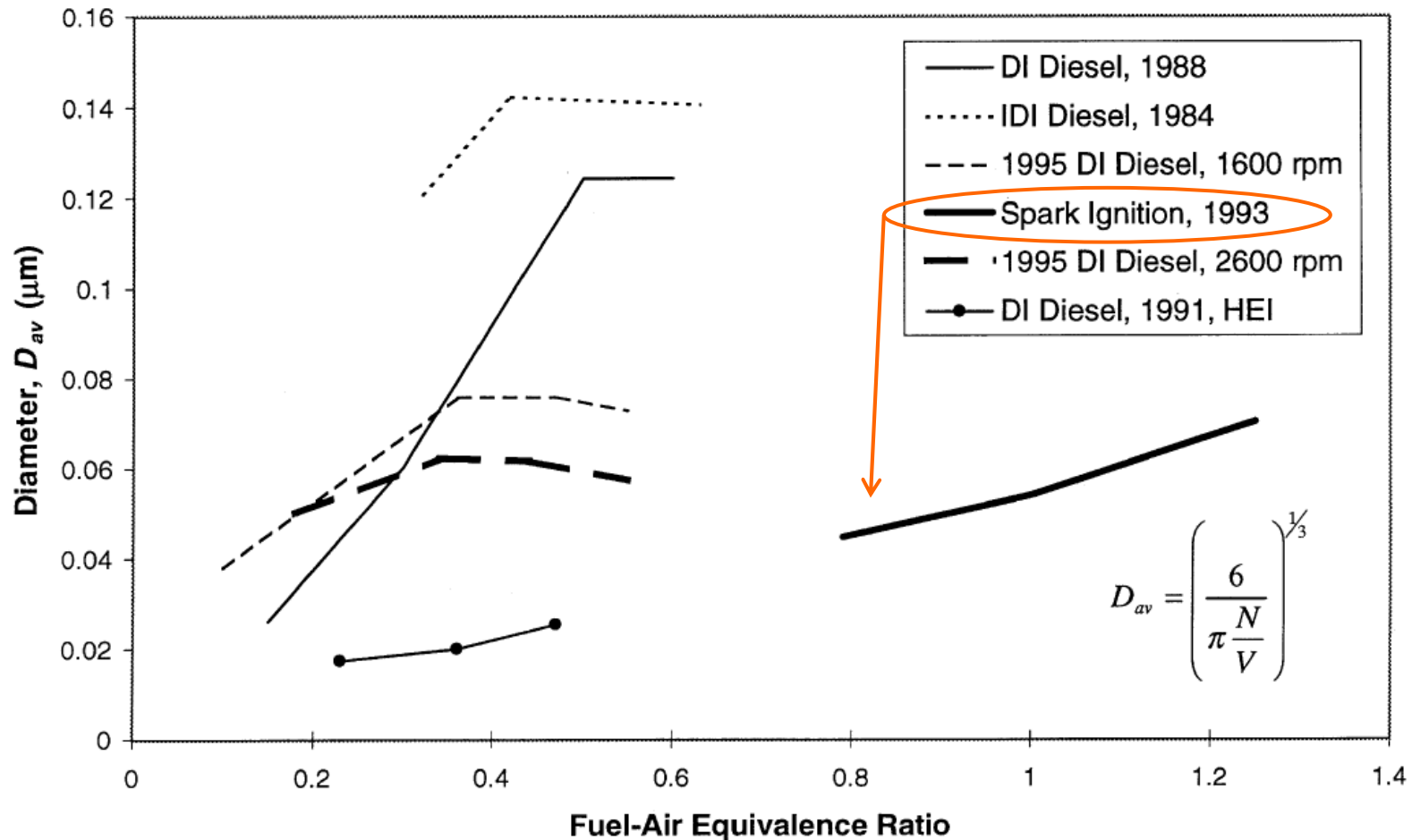
Barbara Rothen-Rutishauer, as quoted by A. Mayer, 12th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles



# Typické velikostní spektrum částic Zážehové vs. Vznětové motory (USA)



Engine Exhaust Particles  
Diameter of Average Volume

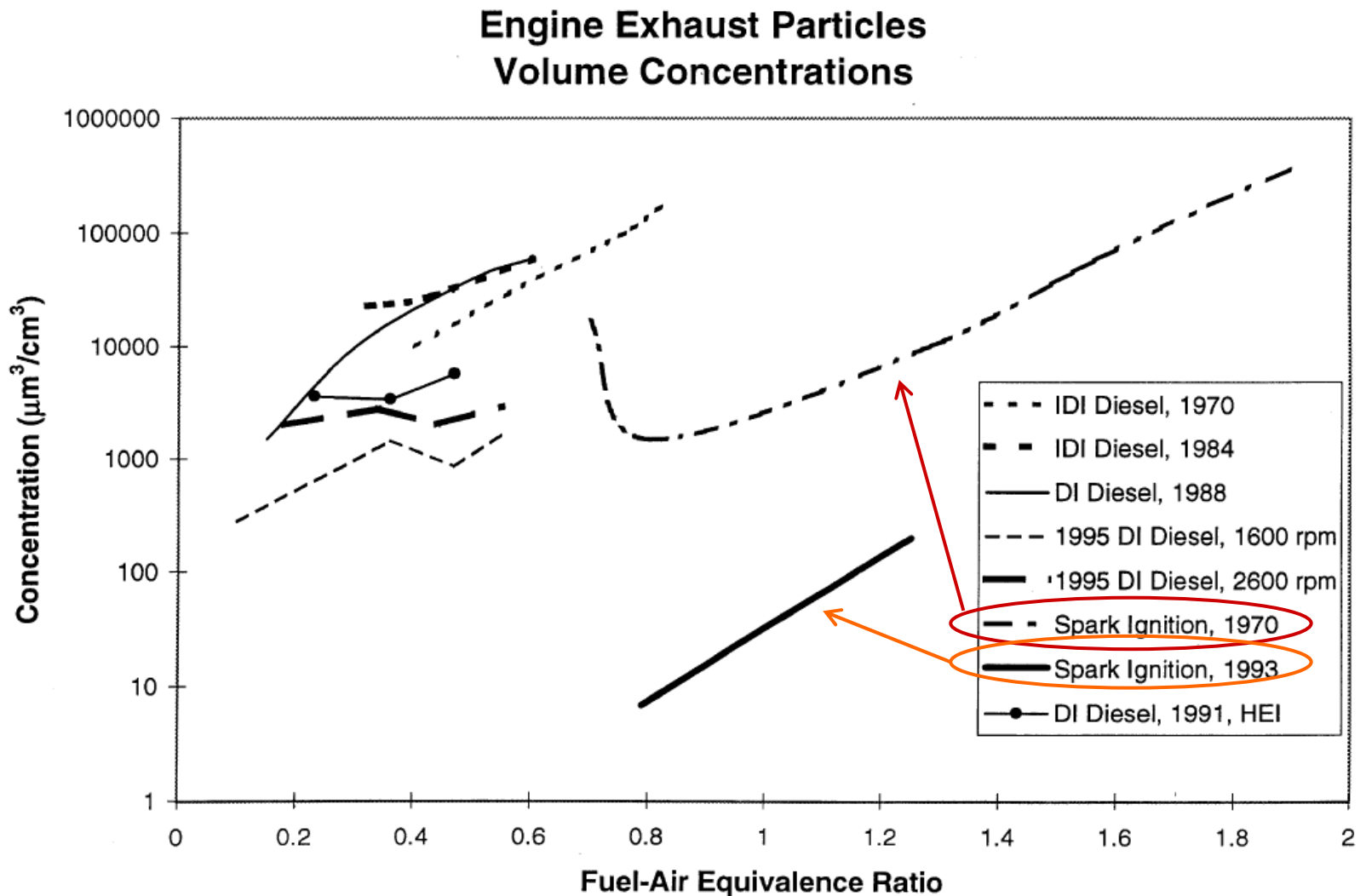


Kittelson, *J. Aerosol Sci.* Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588, 1998





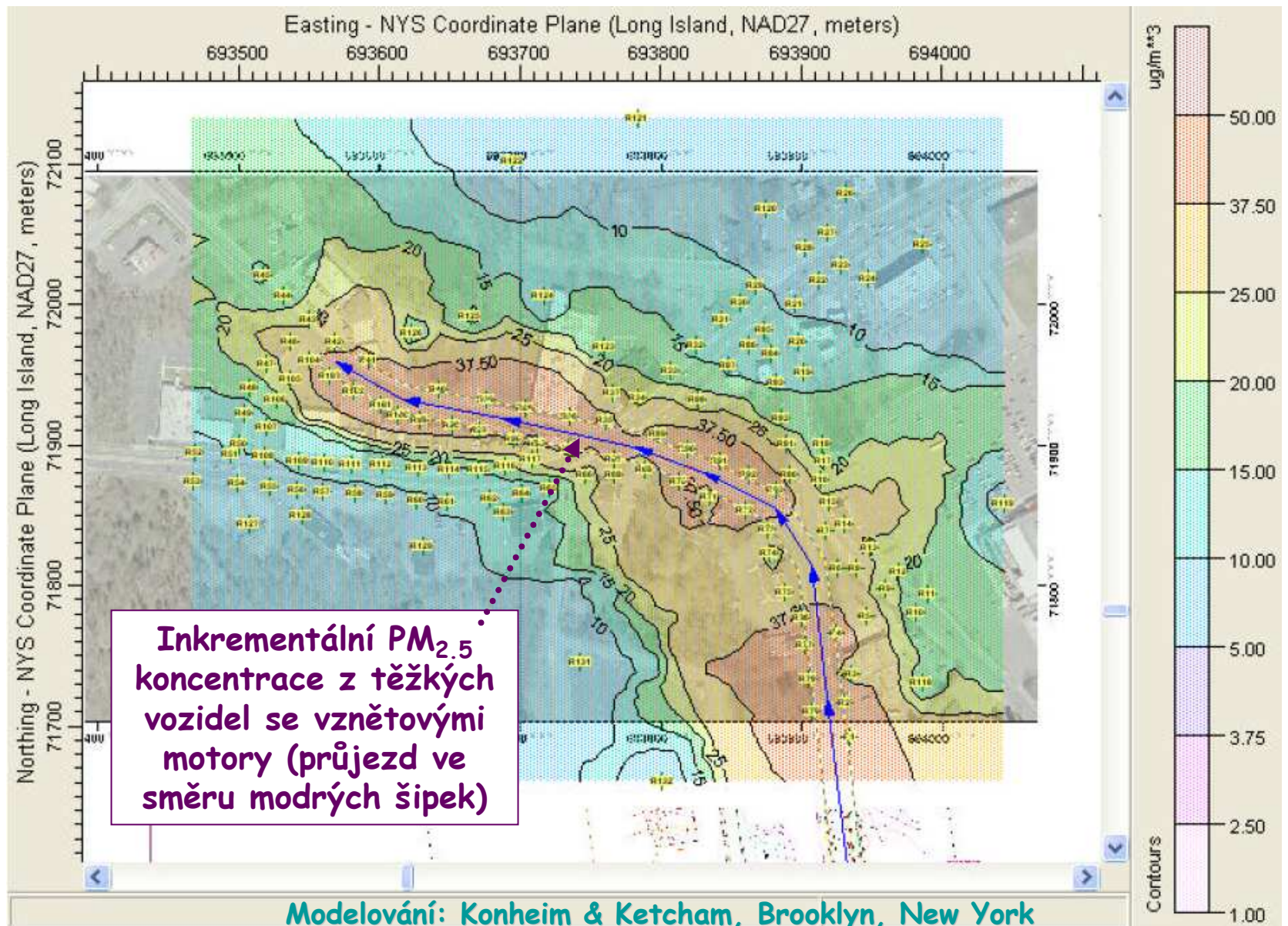
# Koncentrace částic ve výfukových plynech: Zážehové vs. Vznětové motory (USA)



Kittelson, *J. Aerosol Sci.* Vol. 29, No. 5/6, pp. 575-588, 1998



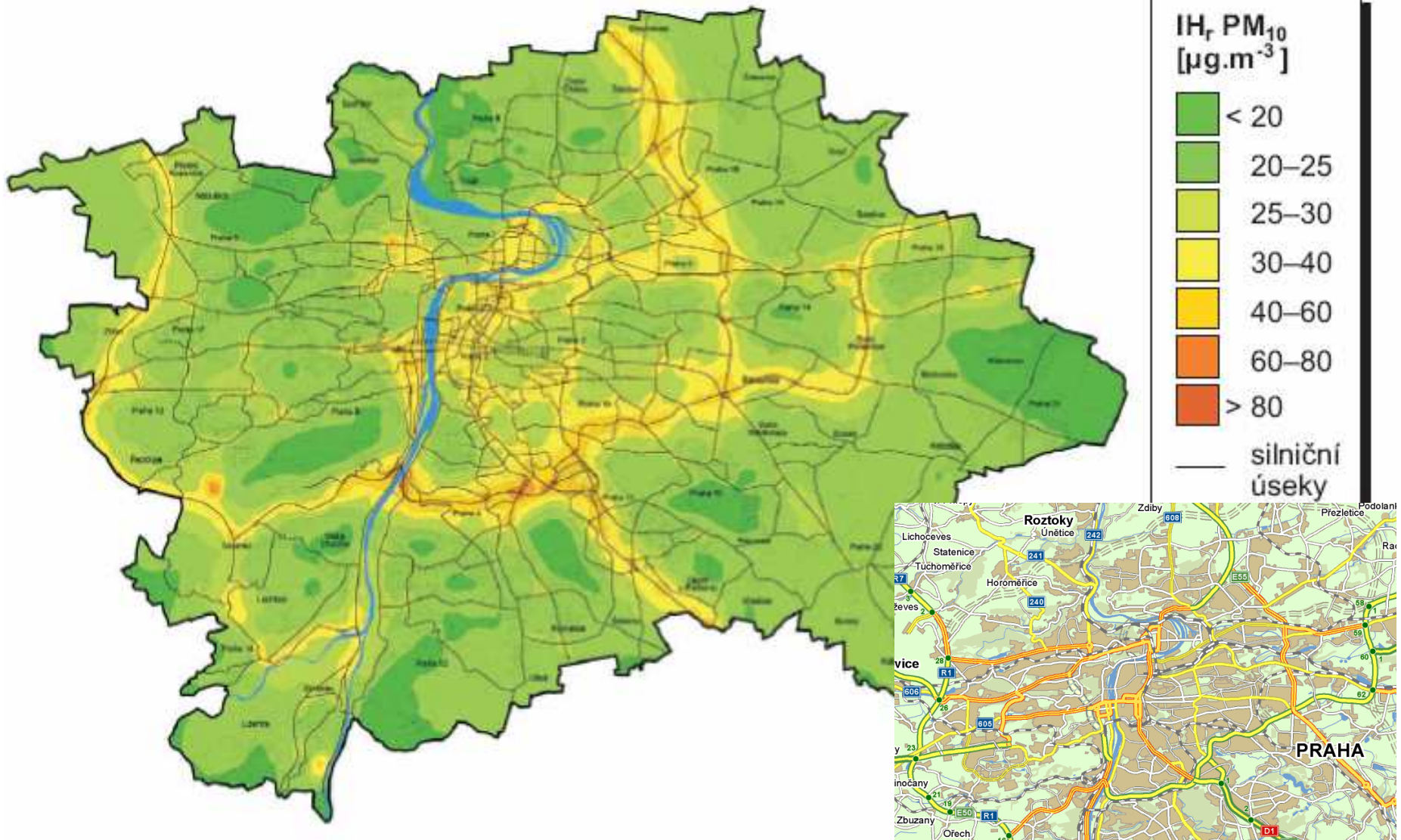
# Koncentrace emitovaných částic jsou nejvyšší v přímé blízkosti dopravních tepen



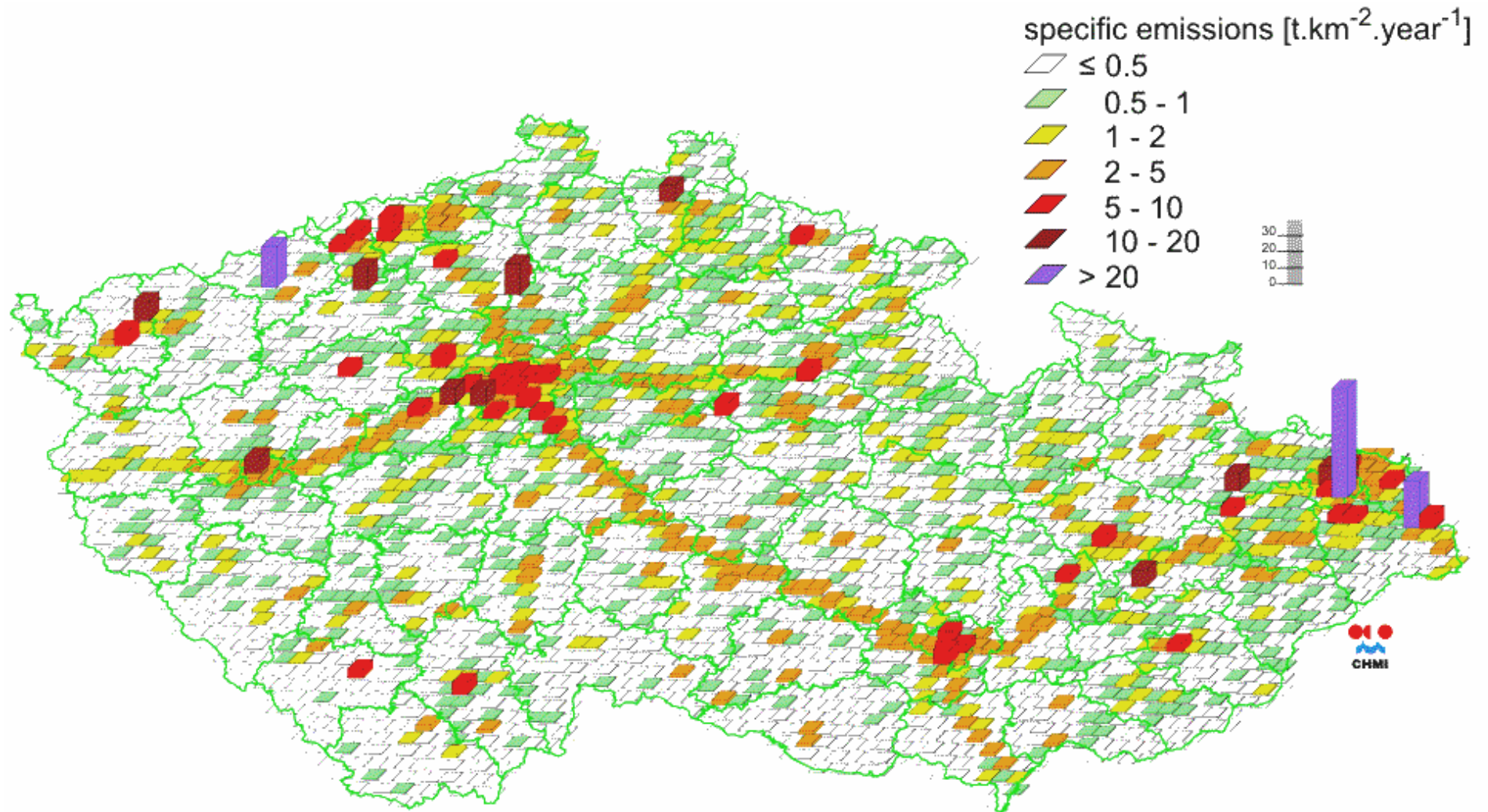


# Prostorové rozložení imisí PM<sub>10</sub> (ATEM / Praha – Životní prostředí 2009)

suspendované částice frakce PM<sub>10</sub>



# Prostorové rozložení zdrojů emisí PM (Český hydrometeorologický ústav)



Particulate emission density from 5x5 km squares, 2008





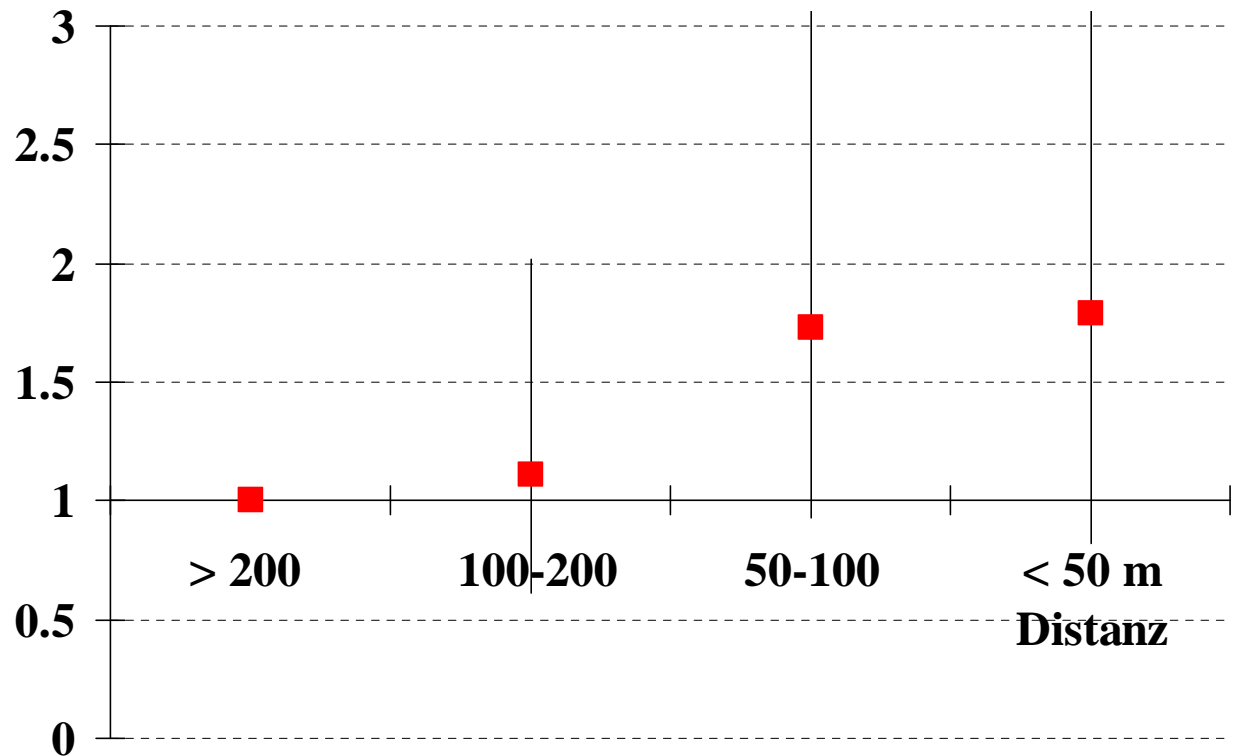
# Poměrné riziko infarktu myokardu v závislosti na vzdálenosti od komunikace s vysokou intenzitou dopravy

## 3399 pacientů, věk 45-75, Essen, Germany

(A. Mayer, TTM, Switzerland)



Risiko OR



Hoffmann 2006



## Recent Research Findings:

Health Effects of Particulate Matter and Ozone Air Pollution, January 2004

### Air Pollution Causes Premature Death

Attaining the California PM standards would annually prevent about 6,500 premature deaths, or 3% of all deaths. These premature deaths shorten lives by an average of 14 years. This is roughly equivalent to the same number of deaths (4,200 - 7,400) linked to second-hand smoke in the year 2000. In comparison, motor vehicle crashes caused 3,200 deaths and homicides were responsible for 2,000 deaths (CARB 2002a, and CDHS 2000).

**Mikroskopické pevné částice vznikající spalováním jsou jedna z nejčastějších příčin předčasného úmrtí. V Kalifornii zabíjejí více lidí, než dopravní nehody, a přibližně stejně jako druhotný cigaretový kouř.**

# Peace Bridge border crossing

- 1.14 million heavy trucks annually [1]
- 7.66 million private vehicles annually
- Frequent delays, during which trucks idle [2]
- On Buffalo side, trucks often use residential streets as staging areas



Low-income residential area adjacent to U.S. toll/customs plaza

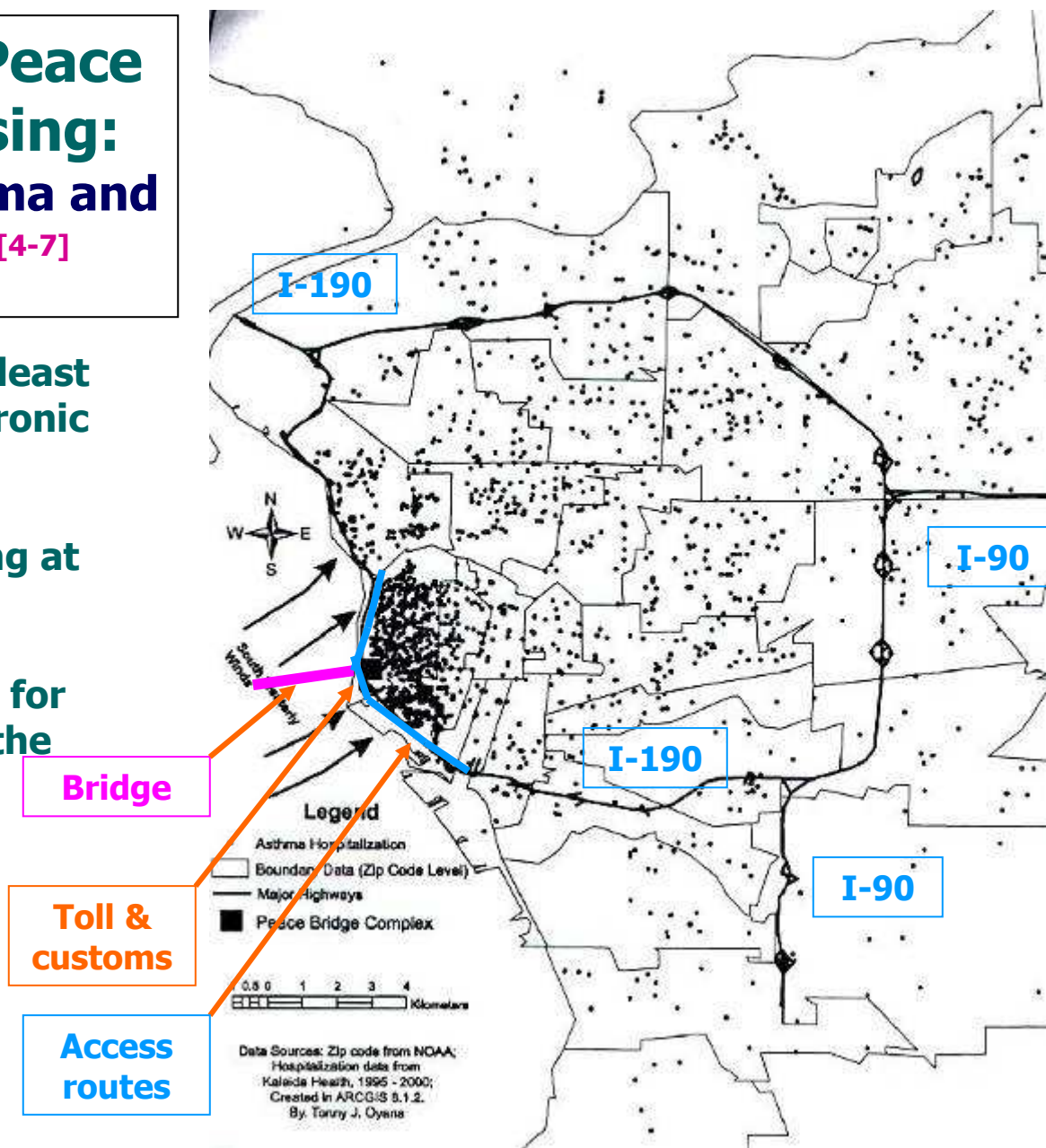




## Health issues near Peace Bridge border crossing: Very high levels of asthma and respiratory ailments [4-7]

- 36% of households with at least one person suffering from chronic respiratory ailment
- 51% of households reporting at least one asthmatic
- Health care utilization rates for asthma more than double in the immediate vicinity than in surrounding neighborhoods

**Spatial distribution of asthma cases in Buffalo (marked by black dots)**

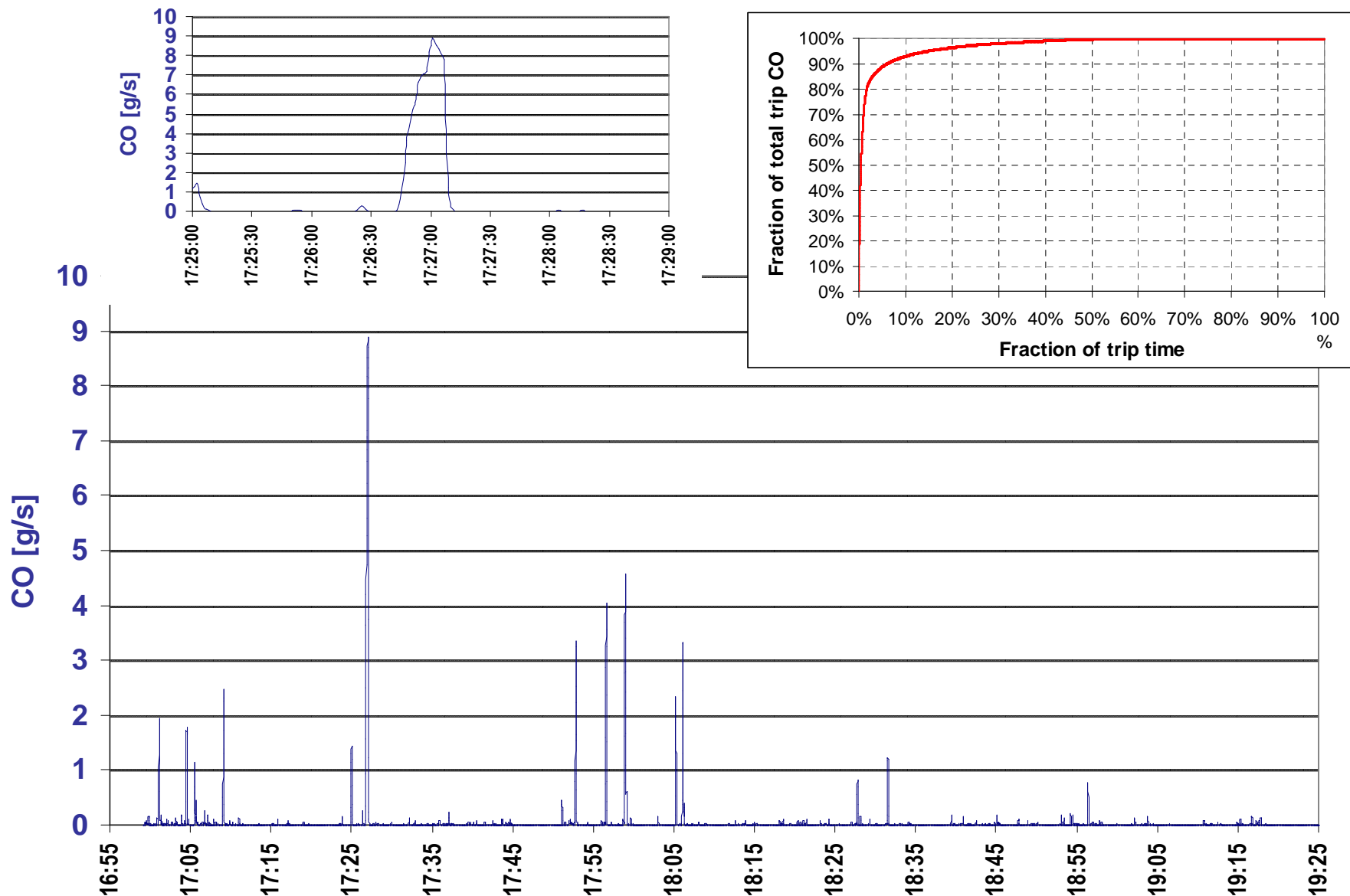


Jamson S. Lwebuga-Mukasa, *Journal of Asthma*, Vol. 42, No. 5, 2005, pp.337-348.

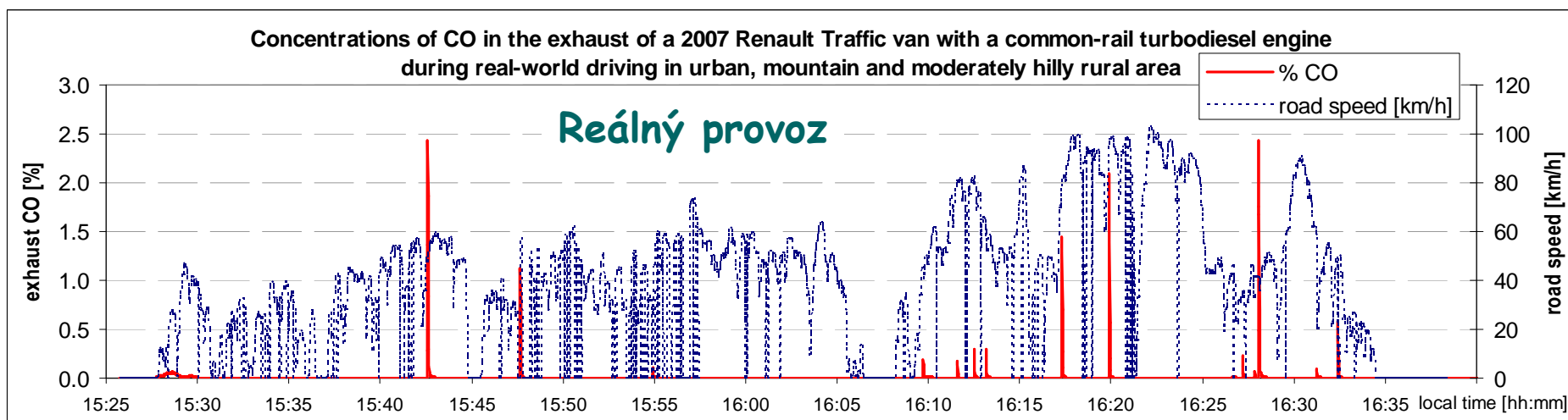
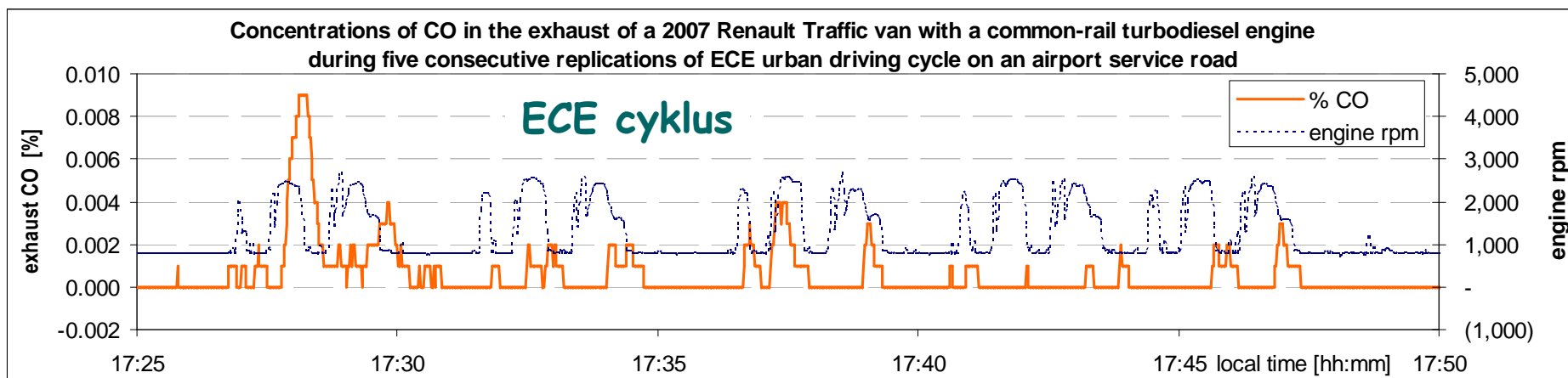


# Jízda po dálnici

## Osobní automobil, benzinový motor, 138 kW



# Podíl „špiček“ na celkových emisích: CO, moderní vznětový motor



Měření autora, Liberec a okolí, 2008

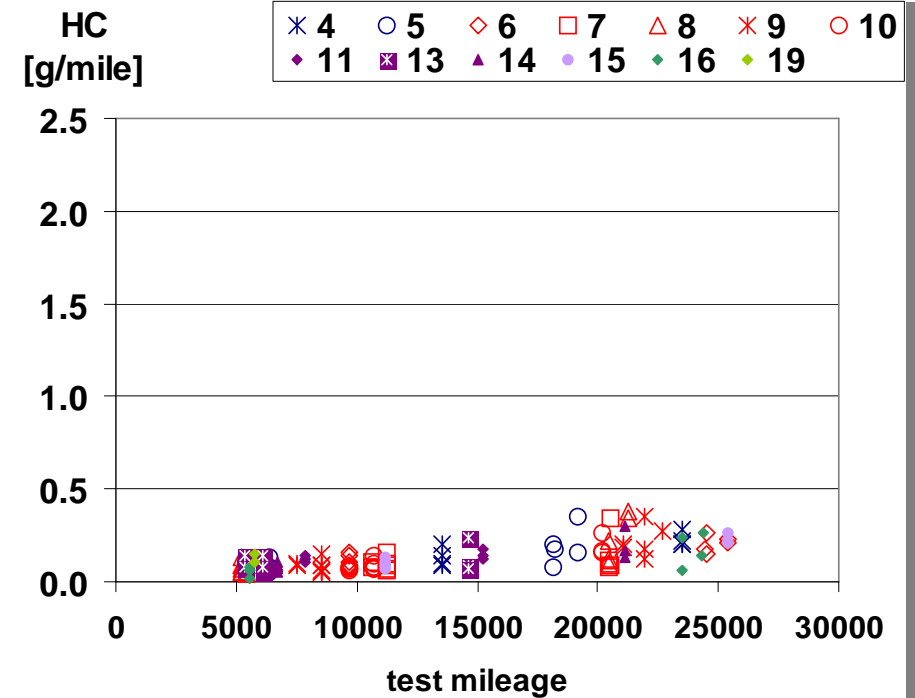
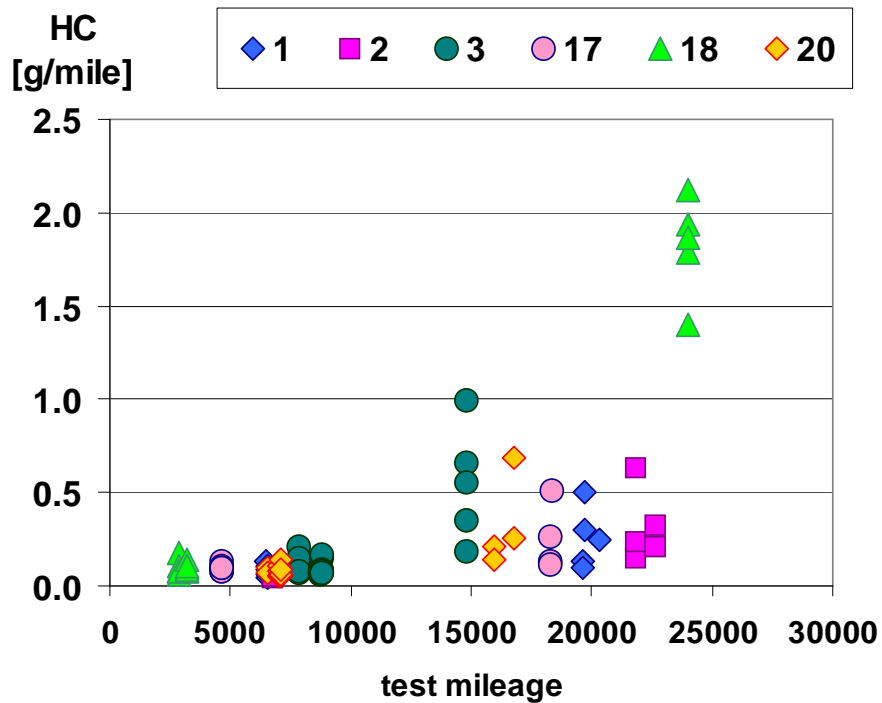




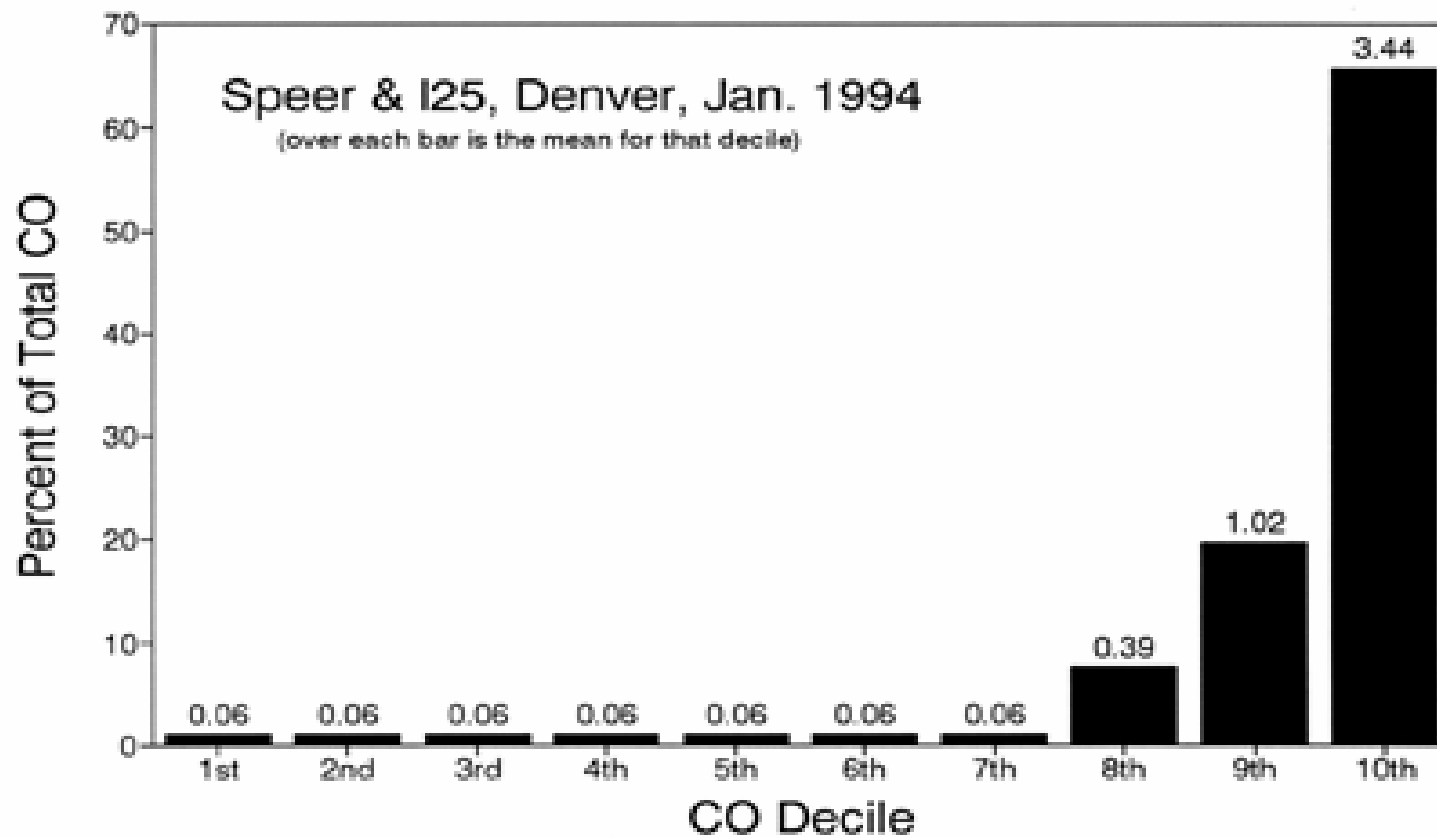
# Emise se zvyšují s najetými km

- a to ne stejně, i pro jinak „stejná“ vozidla!

Příklad: Emise NMHC, autobusy poháněné zemním plynem  
Pittsburgh, Pennsylvánie, USA  
Měření za reálného provozu autorem, 1996-1999



## Nepoměrné množství celkových emisí má na svědomí nepoměrně malá část vozidel



*Graph: Prof. Donald Stedman, University of Denver,  
University lecture on vehicle emissions, 1995*



# Co s tím? ... Osvěta!

(Např.: Nesušit si rukavice výfukovými plyny ze svářecího agregátu)





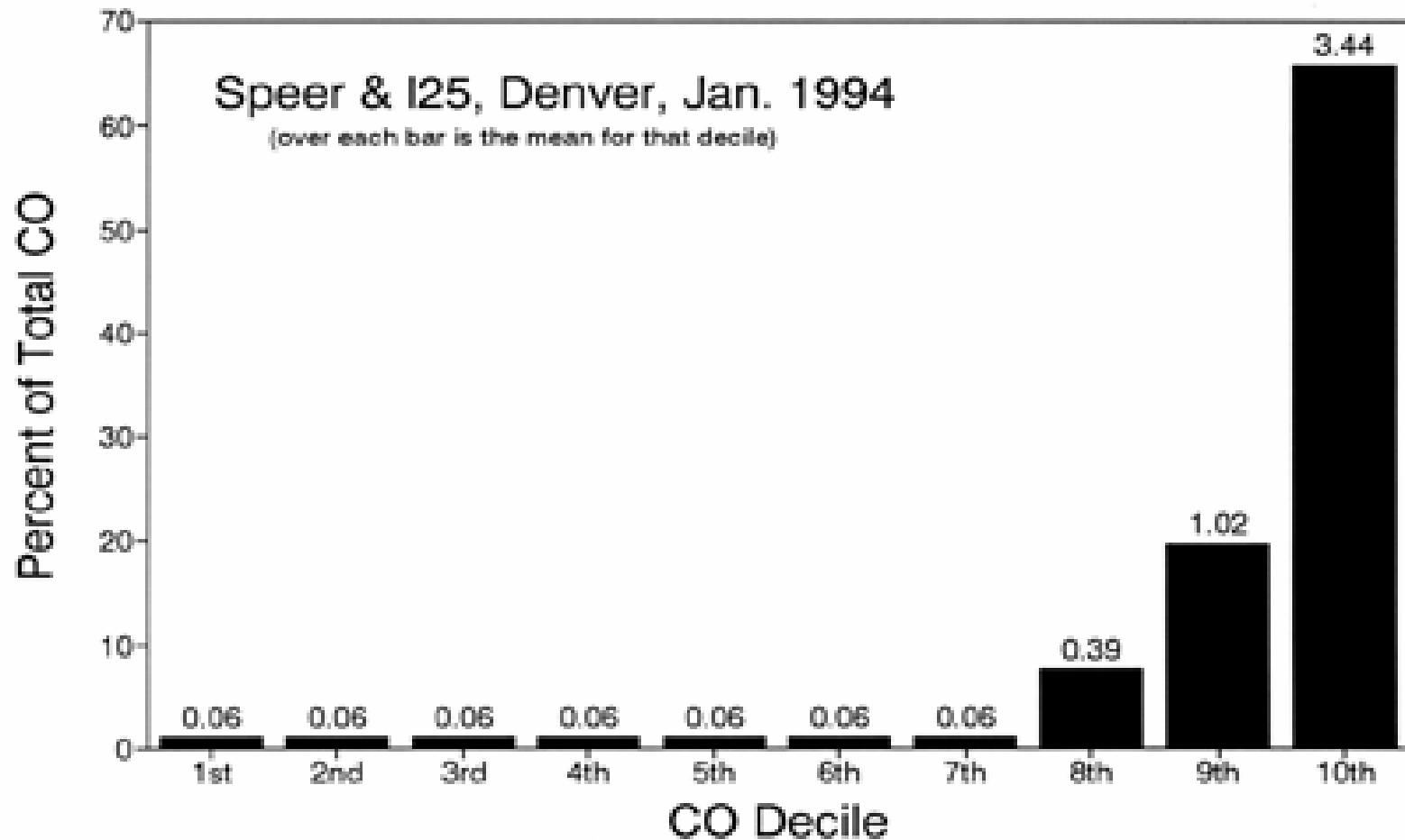
# Co s tím? ... Údržba!

(Malé procento motorů ve špatném stavu = velký podíl na celkových emisích)



# Co s tím? ... Údržba!

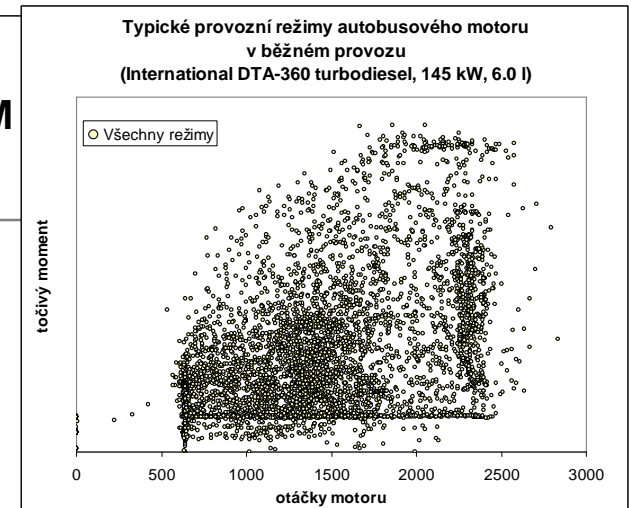
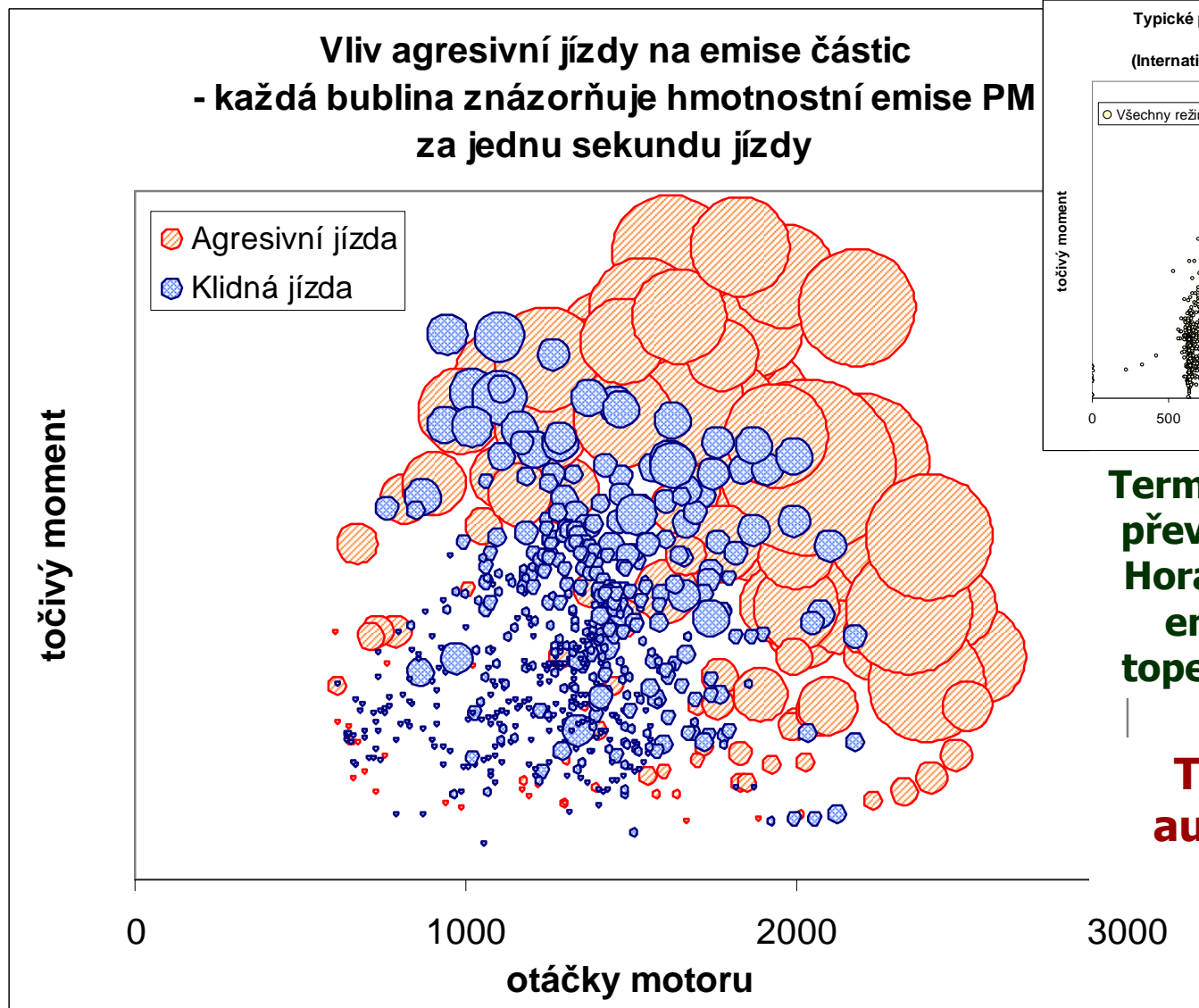
(Malé procento motorů ve špatném stavu = velký podíl na celkových emisích)



*Graph: Prof. Donald Stedman, University of Denver,  
University lecture on vehicle emissions, 1995*



# Co s tím? ... Kvalita obsluhy!

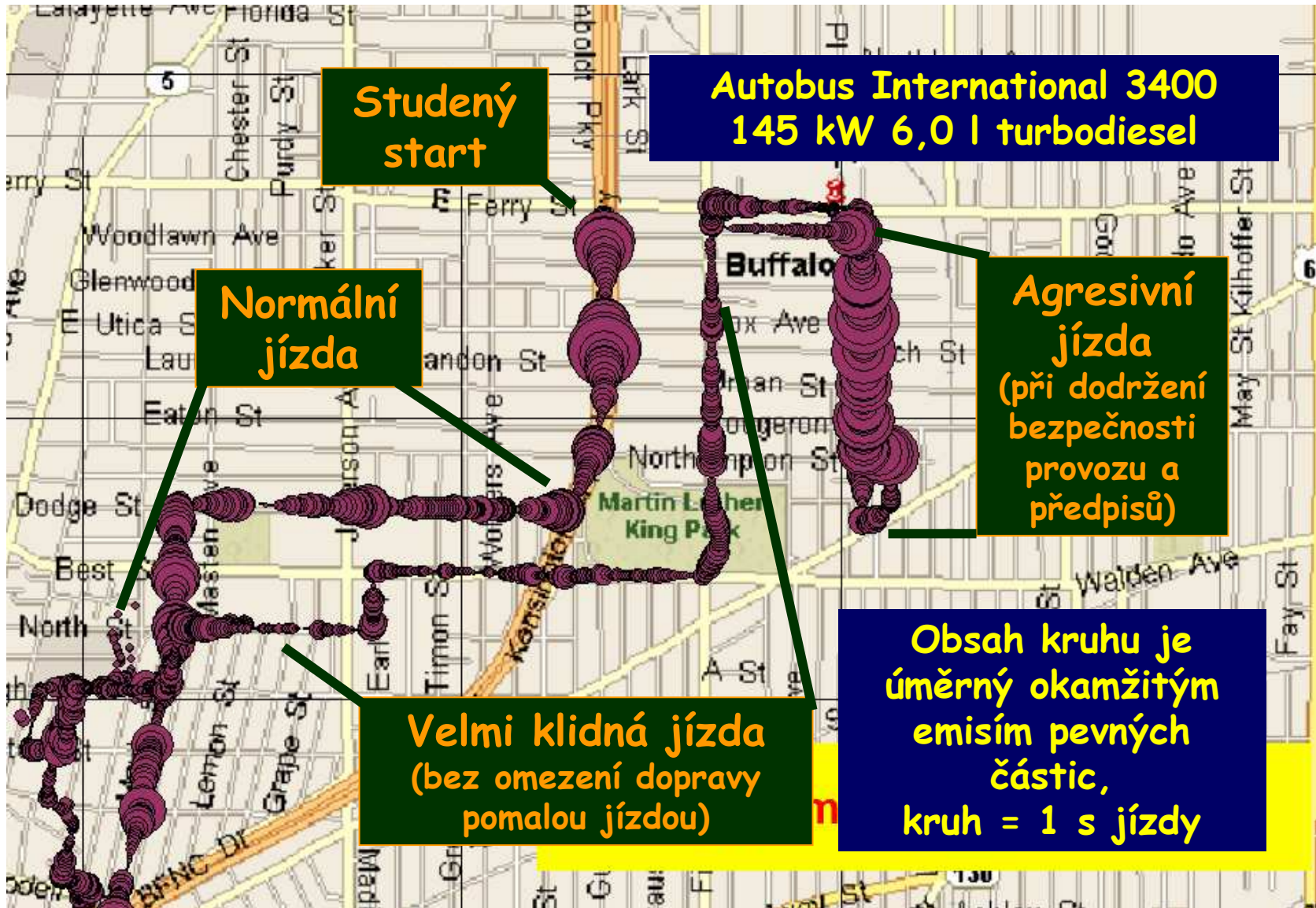


**Termín „kvalita obsluhy“  
převzat z přednášky dr.  
Horáka, VŠB Ostrava, o  
emisích z lokálních  
topenišť, Ovzduší 2011**

**Tato data jsou z  
autobusu ve státě  
New York**



# Co s tím? ... Kvalita obsluhy!



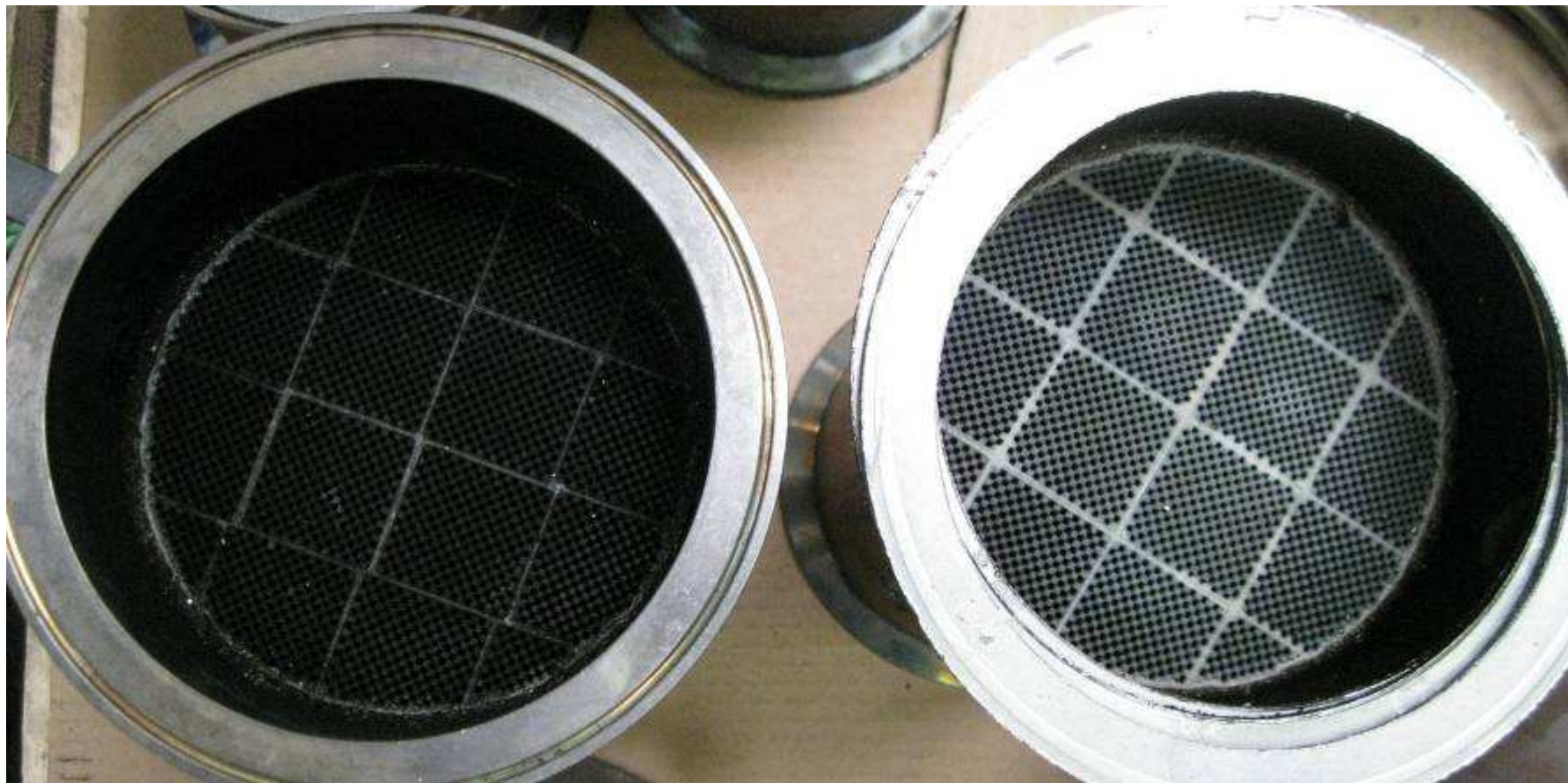


# Co s tím? ... Čistší paliva!

Výfuk lokomotivy na stlačený zemní plyn  
Napa Valley, Kalifornie, USA  
(ukázkový projekt California Air Resources Board, 2004)



# Co s tím? ... Filtry částic! (účinnost 90 až 99.9%)



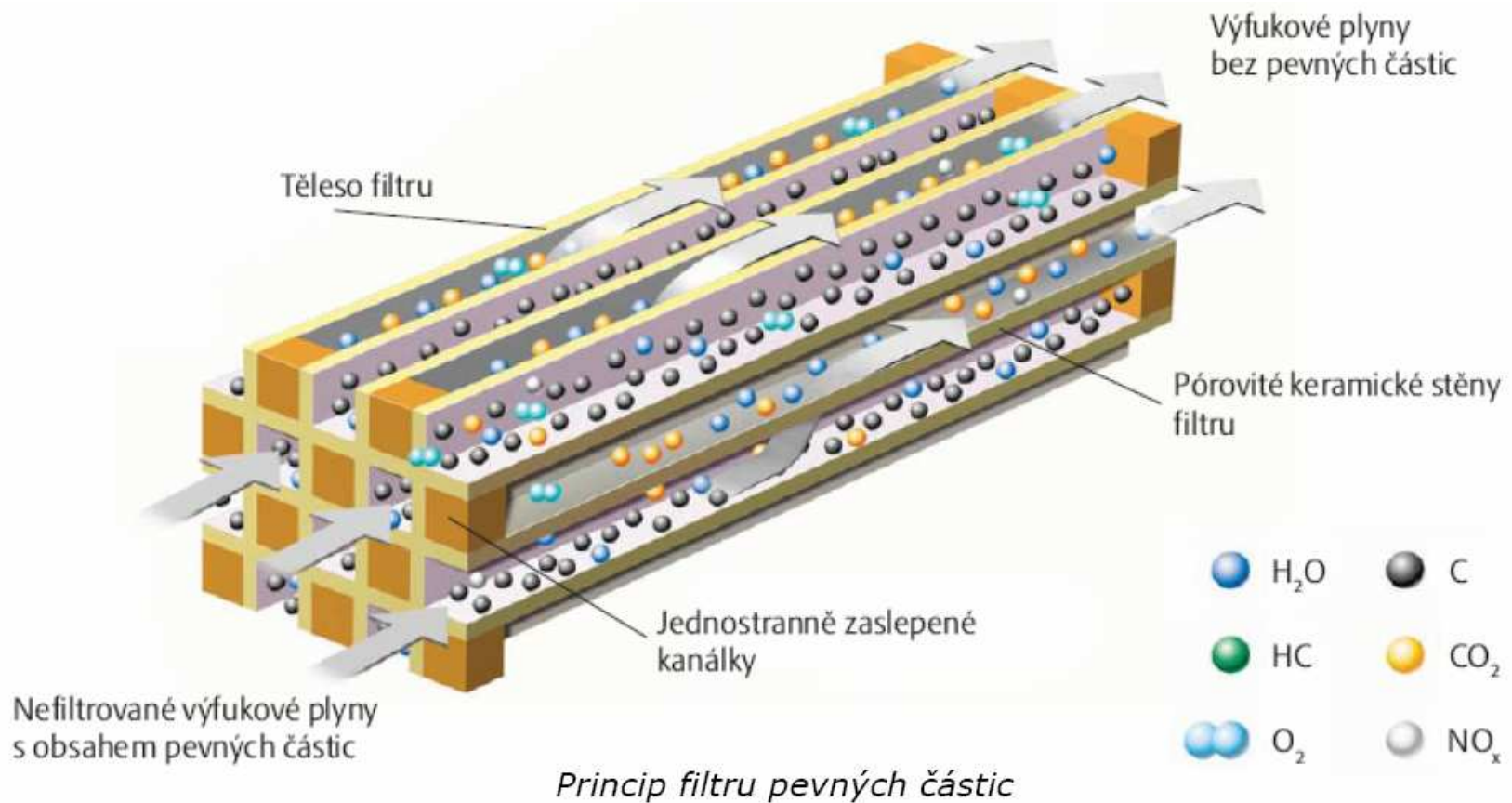
**Vstupní strana**

**Výstupní strana**



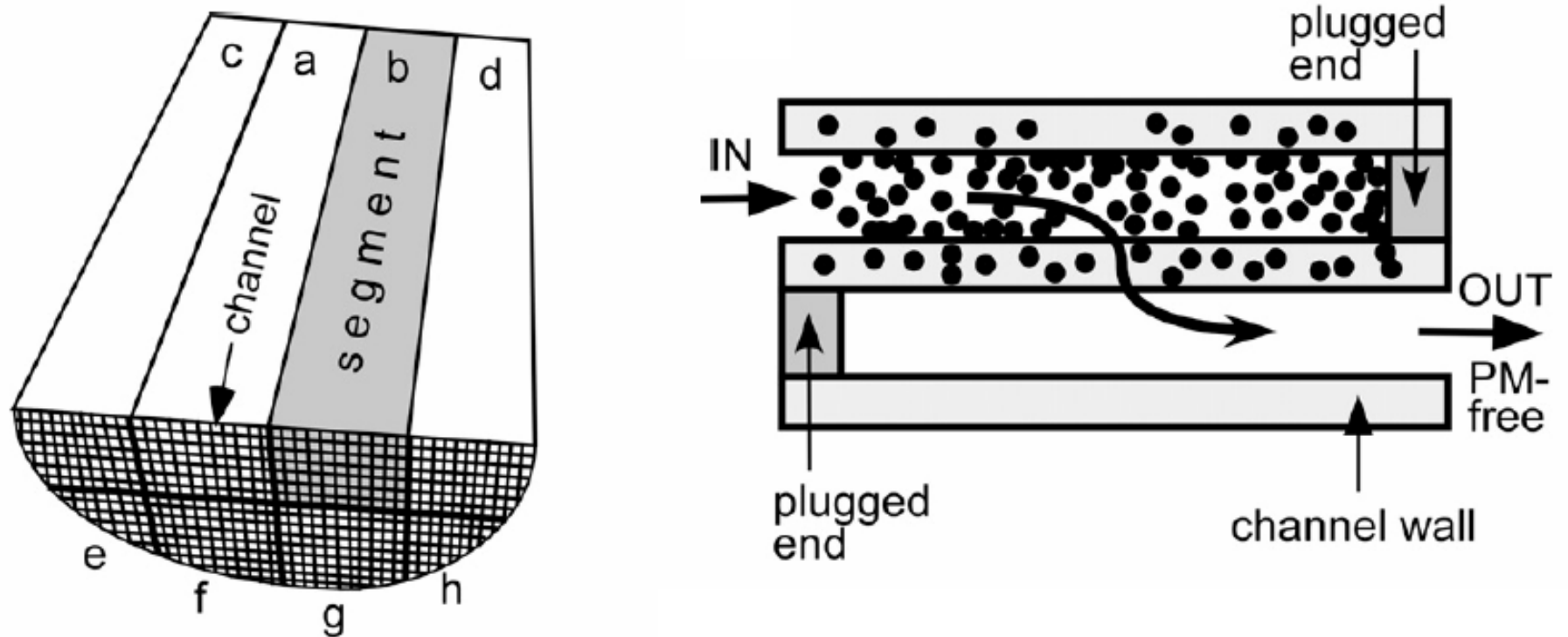


# Filtr částic





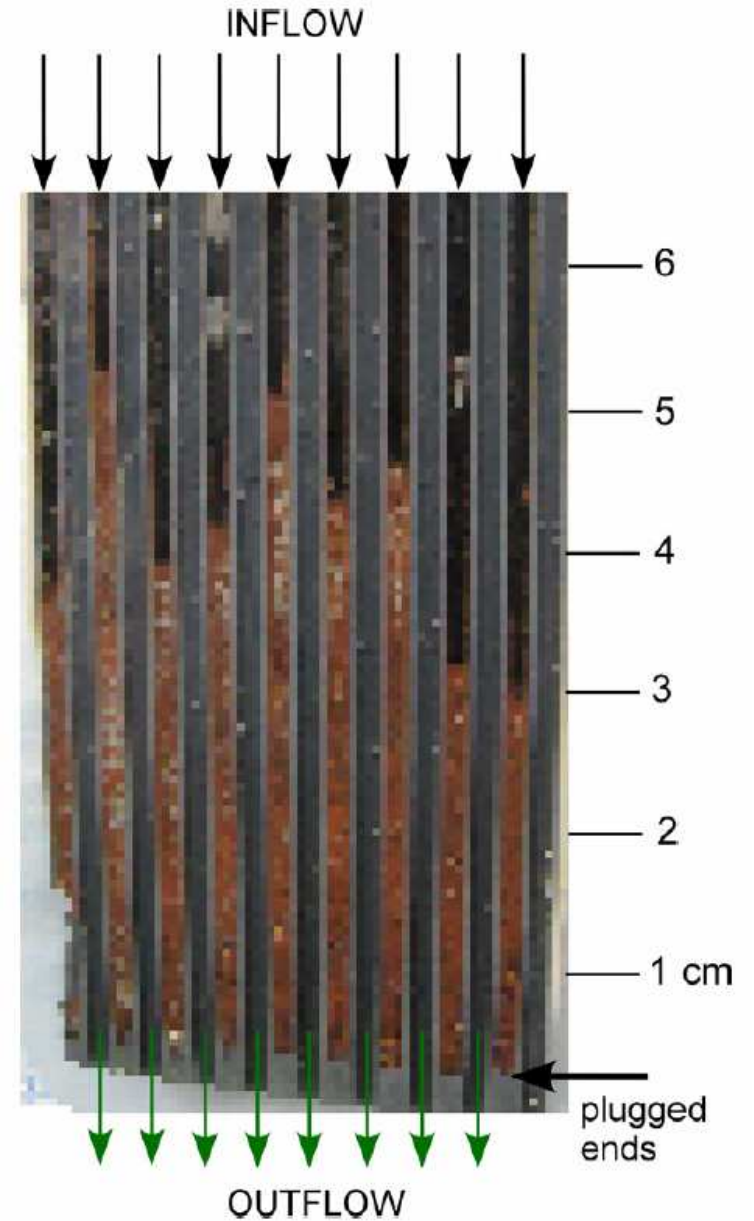
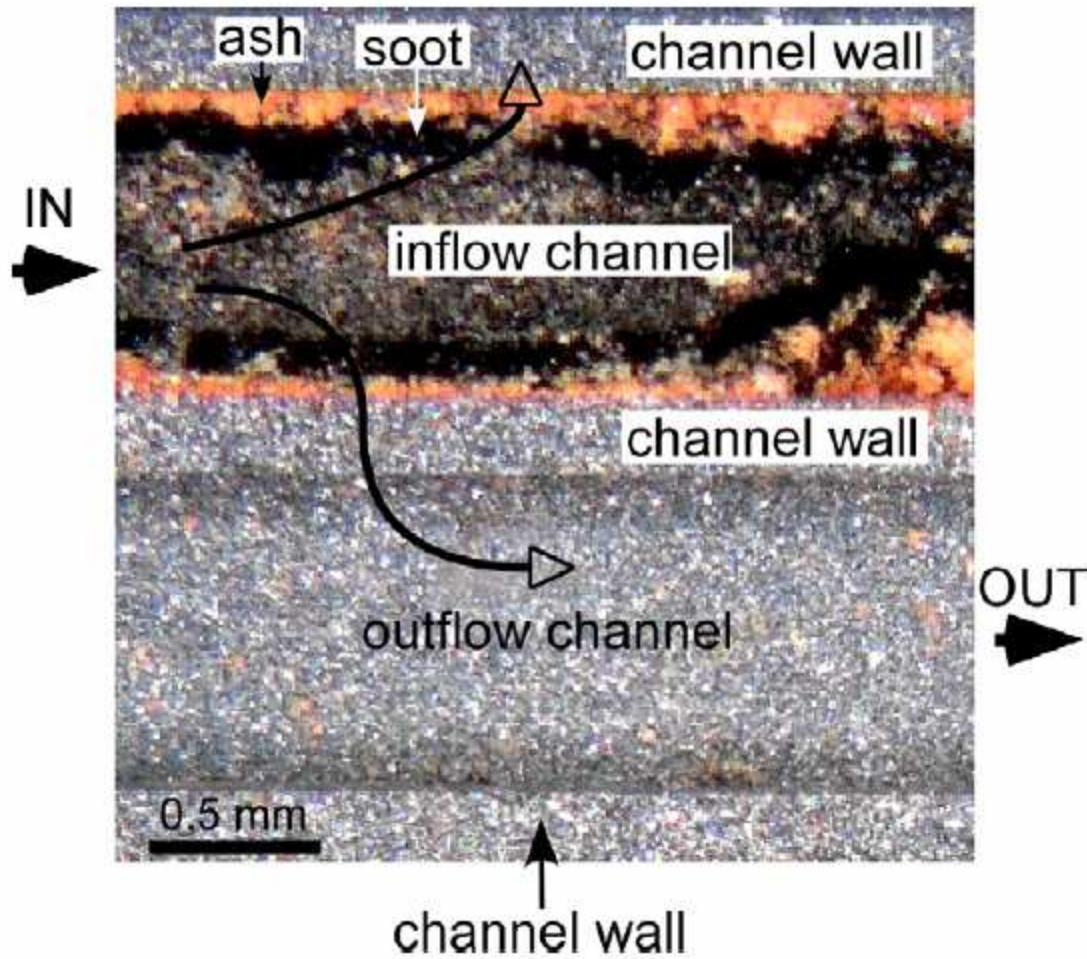
# Filtr částic



A. Liati, P. Dimopoulos Eggenschwiler / Combustion and Flame 157 (2010) 1658–1670



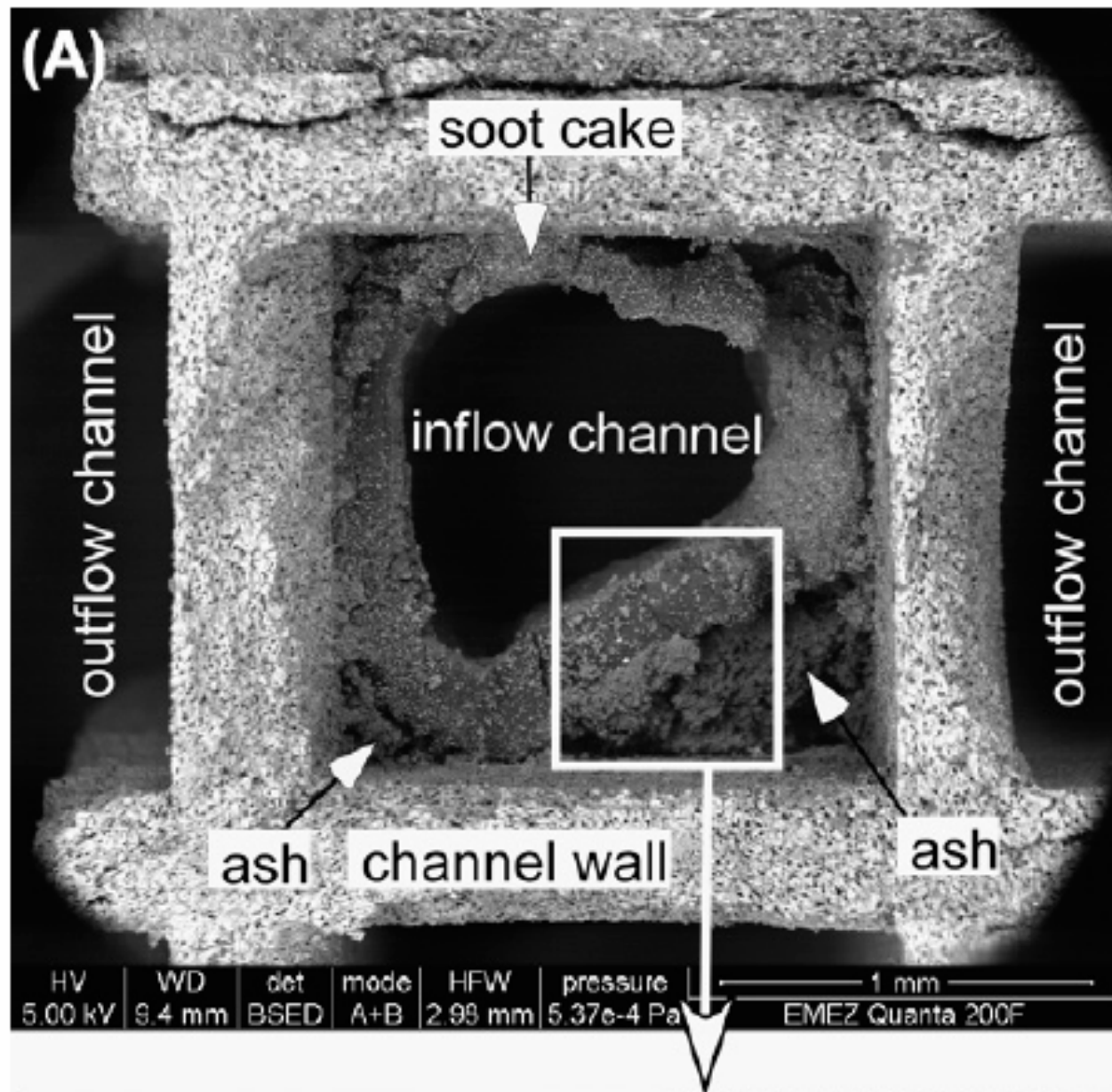
# Filtr částic



A. Liati, P. Dimopoulos Eggenschwiler / Combustion and Flame 157 (2010) 1658–1670

## Filtr částic

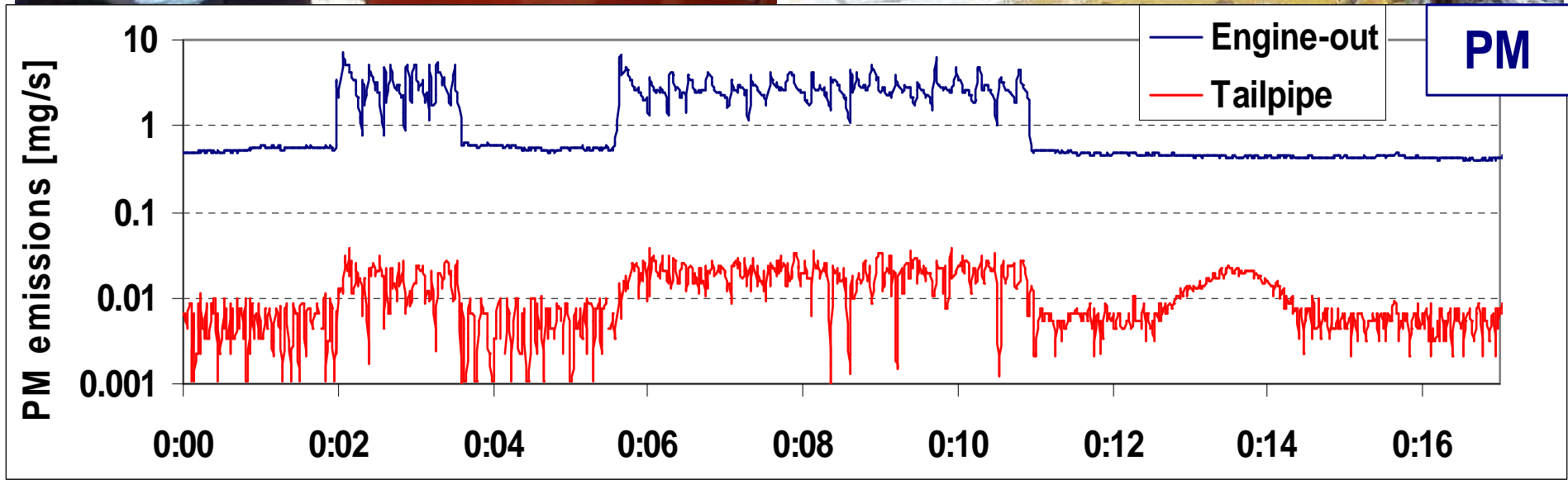
A. Liati, P. Dimopoulos  
Eggenschwiler / Combustion and  
Flame 157 (2010) 1658–1670





# Co s tím? ... Filtry částic!

(Pilotní projekt, World trade center, New York, 2003)





**Dnešní technologie  
umožňuje velmi nízké  
emise částic.**

**(Typický výfuk  
stavebního stroje s  
naftovým motorem,  
Švýcarsko)**



## Co s tím? ... Emisní limity které skutečně sníží emise!

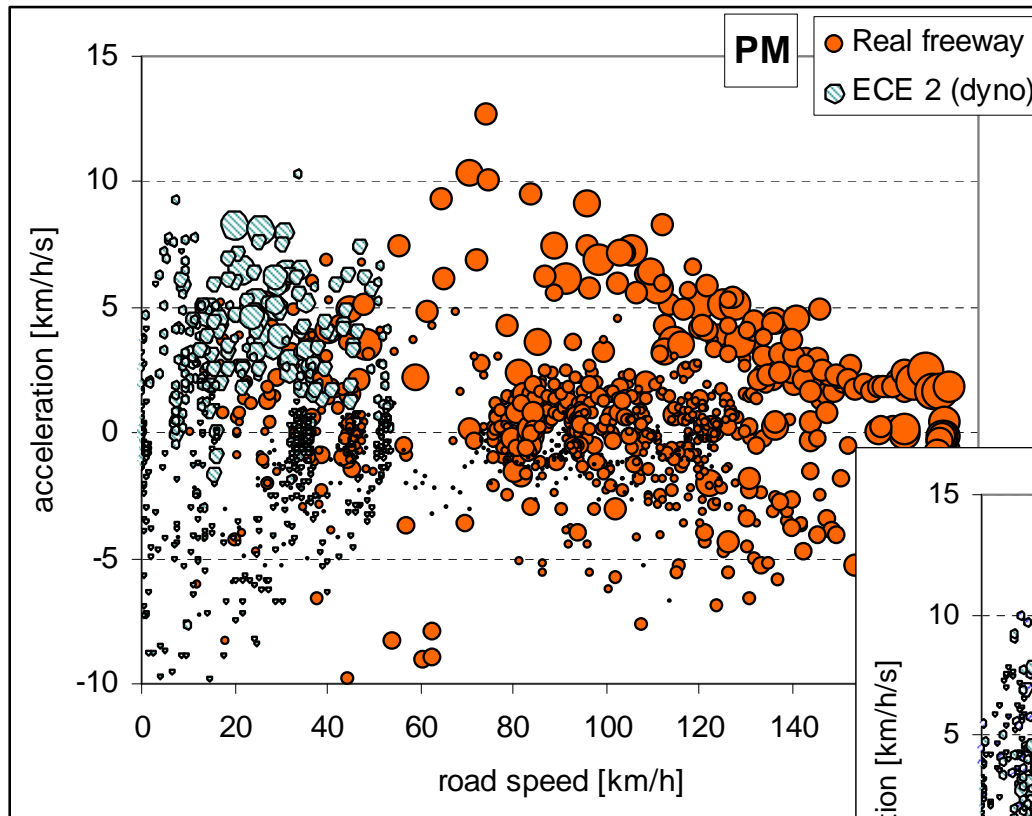
Motor tohoto vozu byl homologován podle normy Euro 5.

Pohled do výfukového potrubí tomu neodpovídá.

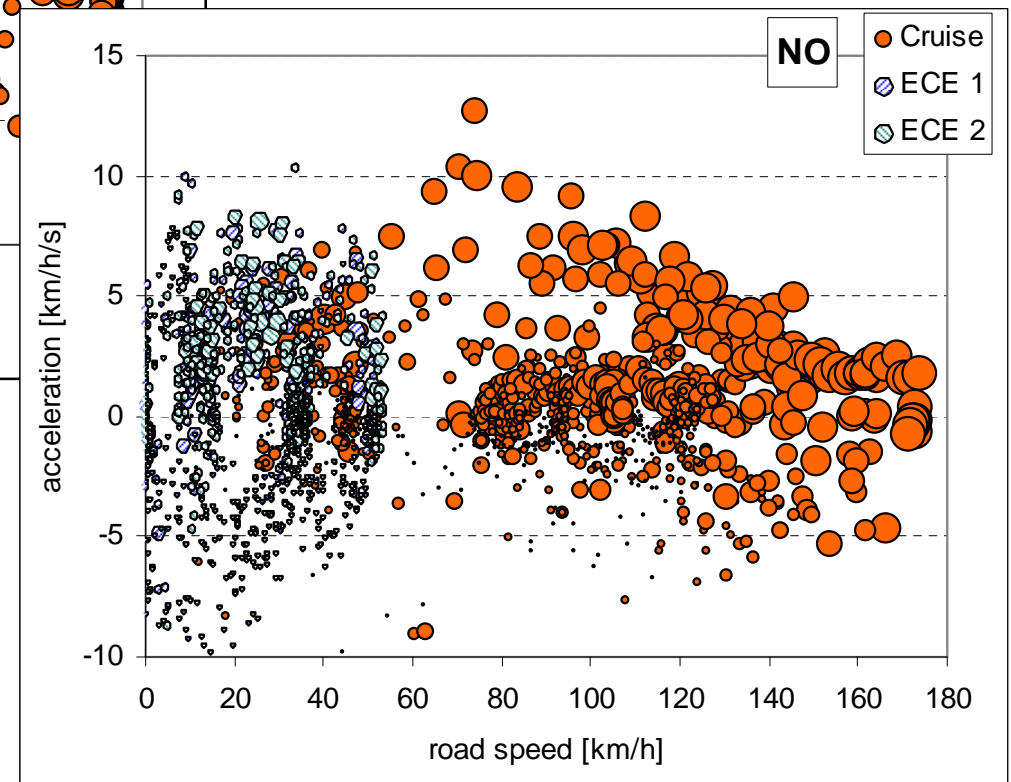
(Kdesi v ČR. Foto: autor.)



# Měření emisí za provozu – Škoda Octavia



Každá bublina reprezentuje okamžité koncentrace emisí (úměrné ploše bubliny) v každé sekundě jízdy. Poloha bubliny udává okamžitou rychlost a zrychlení



Vlastní měření autora

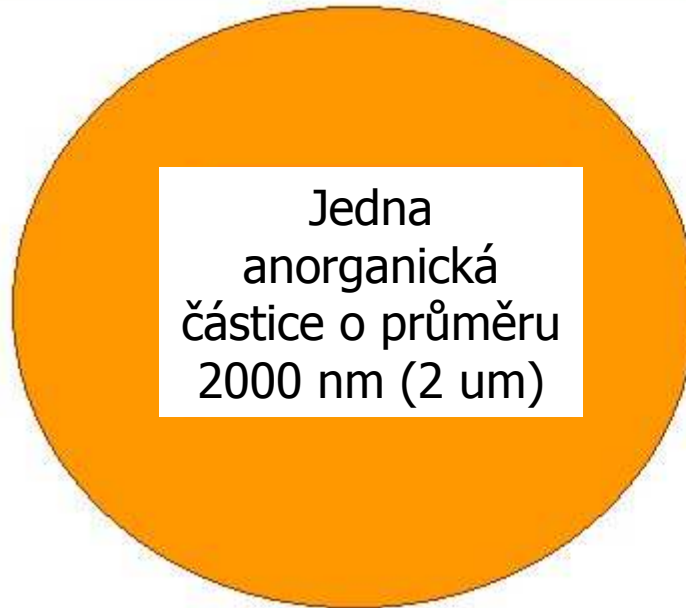




# Co s tím? ... Měřit a limitovat emise tak, aby to odpovídalo zdravotnímu riziku

## Ekvivalentní z hlediska „PM2,5“ - ale ekvivalentní zdravotní riziko?

According to the current particulate matter measurement standards (total mass), the following three are equivalent:



Tisíc částic sazí (element. uhlík) nanočástic o průměru 200 nm ve výfuk. plynech



**x 1,000**

Milion organických nanočástic o průměru 20 nm



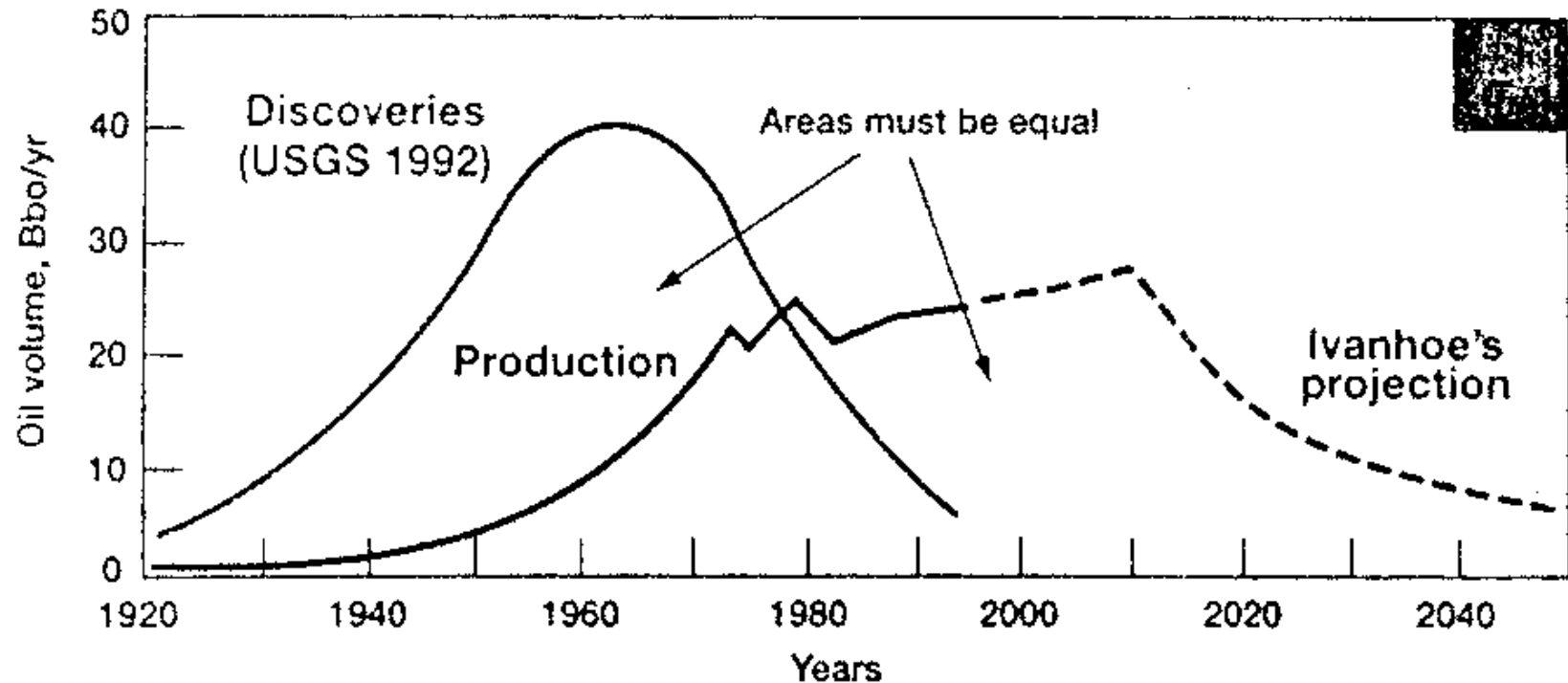
**x 1,000,000**



**... Možná se problém vyřeší sám ... ???**

## **"Ropný zlom":**

**Světová těžba je blízko svého maxima a bude klesat, poptávka vzrůstá, vzrůstat budou i ceny.**



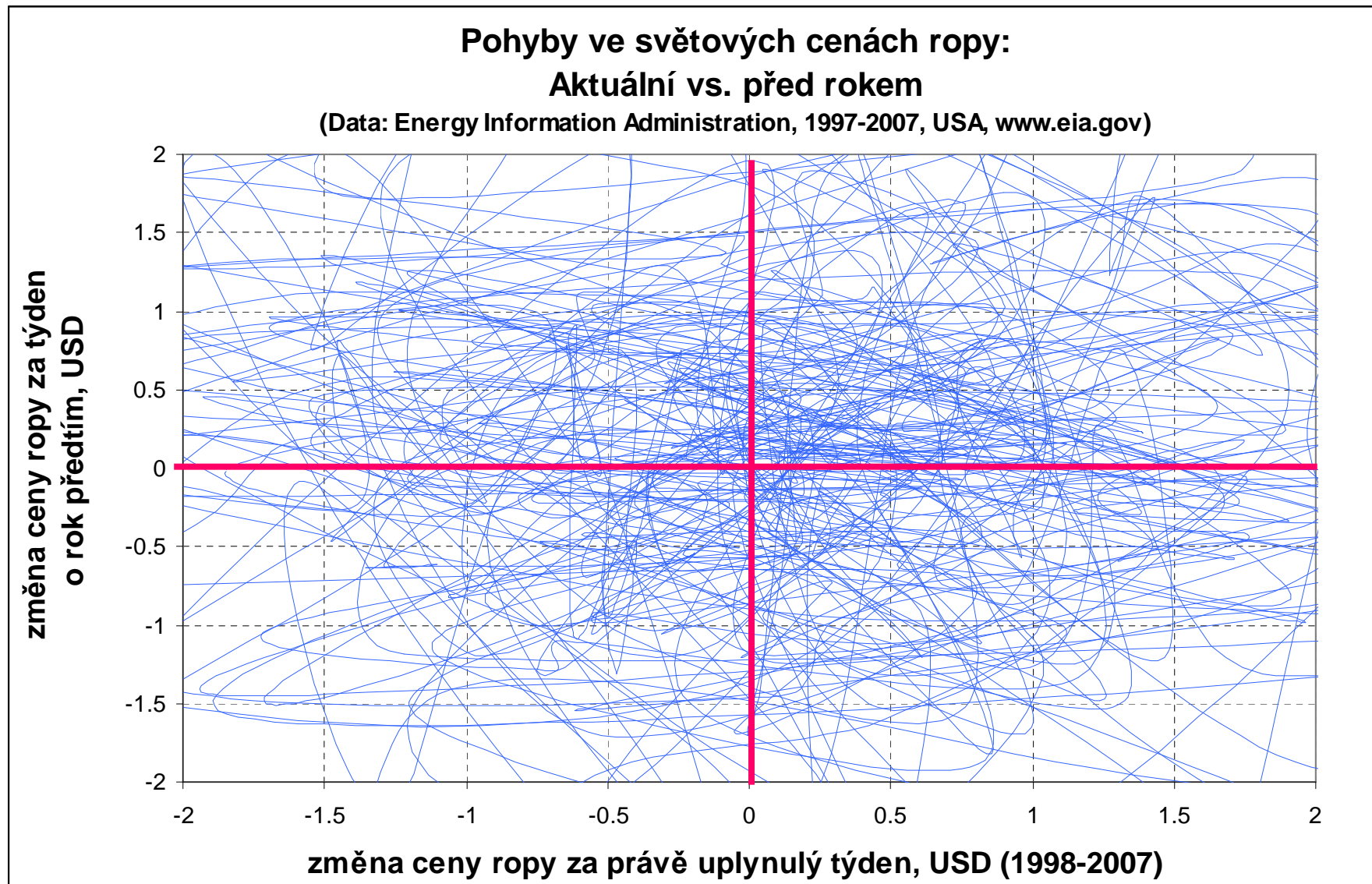
World oil supply, showing global oil peak at about 2010 with steady decline thereafter.

**Graf: Objevy nových nalezišť ropy (levá křivka) klesají.  
A lze vytěžit jen to co bylo objeveno.**

**Ivanhoe, L.F.: World Oil, October 1995, p. 77-87**



# Stabilita vývoje světových cen ropy



# Soumrak automobilismu?



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní

Vojtíšek: Nanočástice emitované spalovacími motory. GenTox, Brno 10.5.2012.  
■ Za přispění evropského finančního nástroje LIFE – projekt MEDETOX (LIFE10 ENV/CZ/651)

50







# Soumrak Automobilismu?



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní

Vojtíšek: Nanočástice emitované spalovacími motory. GenTox, Brno 10.5.2012.  
■ Za příspěví evropského finančního nástroje LIFE – projekt MEDETOX (LIFE10 ENV/CZ/651)

51







# Soumrak automobilismu?



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Fakulta strojní

Vojtíšek: Nanočástice emitované spalovacími motory. GenTox, Brno 10.5.2012.  
■ Za příspěví evropského finančního nástroje LIFE – projekt MEDETOX (LIFE10 ENV/CZ/651)

52





# Méně energeticky náročná doprava





# Méně energeticky náročná doprava





# Změny v územním plánování





# Města pro pěší a ekologická doprava





# Projekt MEDETOX: EU LIFE+ program, projekt LIFE10 ENV/CZ/651



Ústav experimentální medicíny AV ČR, Technická  
univerzita v Liberci,  
Ministerstvo životního prostředí ČR

Inovativní metody pro sledování toxicity výfukových  
emisí ze spalovacích motorů v podmínkách  
městského provozu

Městský provoz:

- nejvíce technicky náročný z hlediska emisí
- nejvyšší míra expozice (blízkost, počet lidí)



# Představení... Co děláme... Měření emisí za reálného provozu ... a do budoucna plánujeme vzorkování emisí pro toxikologické analýzy



„Celý den jezdí  
auty sem a  
tam, aby  
ukázali, že  
ježdění autem  
je špatné pro  
životní  
prostředí.“  
(Steve Taylor,  
New York)

(A taky traktorem, kamionem, lokomotivou, bagrem, autobusem, sekačkou,  
nakladačem, malým letadlem, na motorce, trajektem, ... )





# Poděkování

Foto pro zamyšlení: Útlum automobilové dopravy a podpora pěší a cyklistické dopravy, Manhattan, New York



Příspěvek byl vytvořen částečně v rámci projektu LIFE10 ENV/CZ/651: MEDETOX ("Innovative Methods of Monitoring of Diesel Engine Exhaust Toxicity in Real Urban Traffic"), financovaného Evropskou komisí v programu LIFE+ a Ministerstvem životního prostředí České Republiky, a částečně z osobní iniciativy a příspěví autora.

