

# Vznětové motory: Emise nás budou zabíjet do té míry, do jaké jim to sami dovolíme



**Doc. Michal Vojtíšek, M.S., Ph.D.**

Centrum vozidel udržitelné mobility

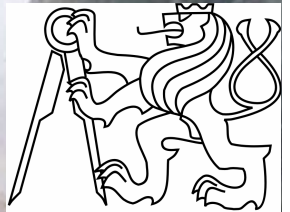
Fakulta strojní, ČVUT v Praze

EU LIFE+ projekt MEDETOX,

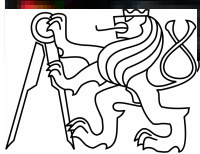
Technická univerzita v Liberci

[michal.vojtisek@fs.cvut.cz](mailto:michal.vojtisek@fs.cvut.cz)

tel. (+420) 774 262 854



**Částice a ozon v přízemních  
vrstvách atmosféry jsou příčinou  
cca 406 tisíc předčasných úmrtí  
v EU ročně  
(dopravní nehody „jen“ 39 tisíc)**



# Přehled problematických látek

- Částice + sekundární aerosol
- $\text{NO}_x$  + tvorba troposférického ozonu
- $\text{CO}$ , benzen, olovo - přestávají být problém

## Nové problémy:

- $\text{NO}_2$  - tvorba v oxidačních katalyzátorech
- $\text{NH}_3$  - tvorba v redukčních a třícestných kat.
- Aldehydy - kyslíkatá paliva (etanol)

## Skleníkové plyny

- $\text{N}_2\text{O}$  - redukční katalyzátory v určitých režimech
- $\text{CH}_4$  - motory na zemní plyn a bioplyn, LNT kat.



Potenciál technologie filtru částic:  $10^{11}$  částic / kWh  
odpovídá (5-10 m<sup>3</sup>/kWh) 10-20 tisíc částic na cm<sup>3</sup>.

To je méně než podél silnic v ovzduší.

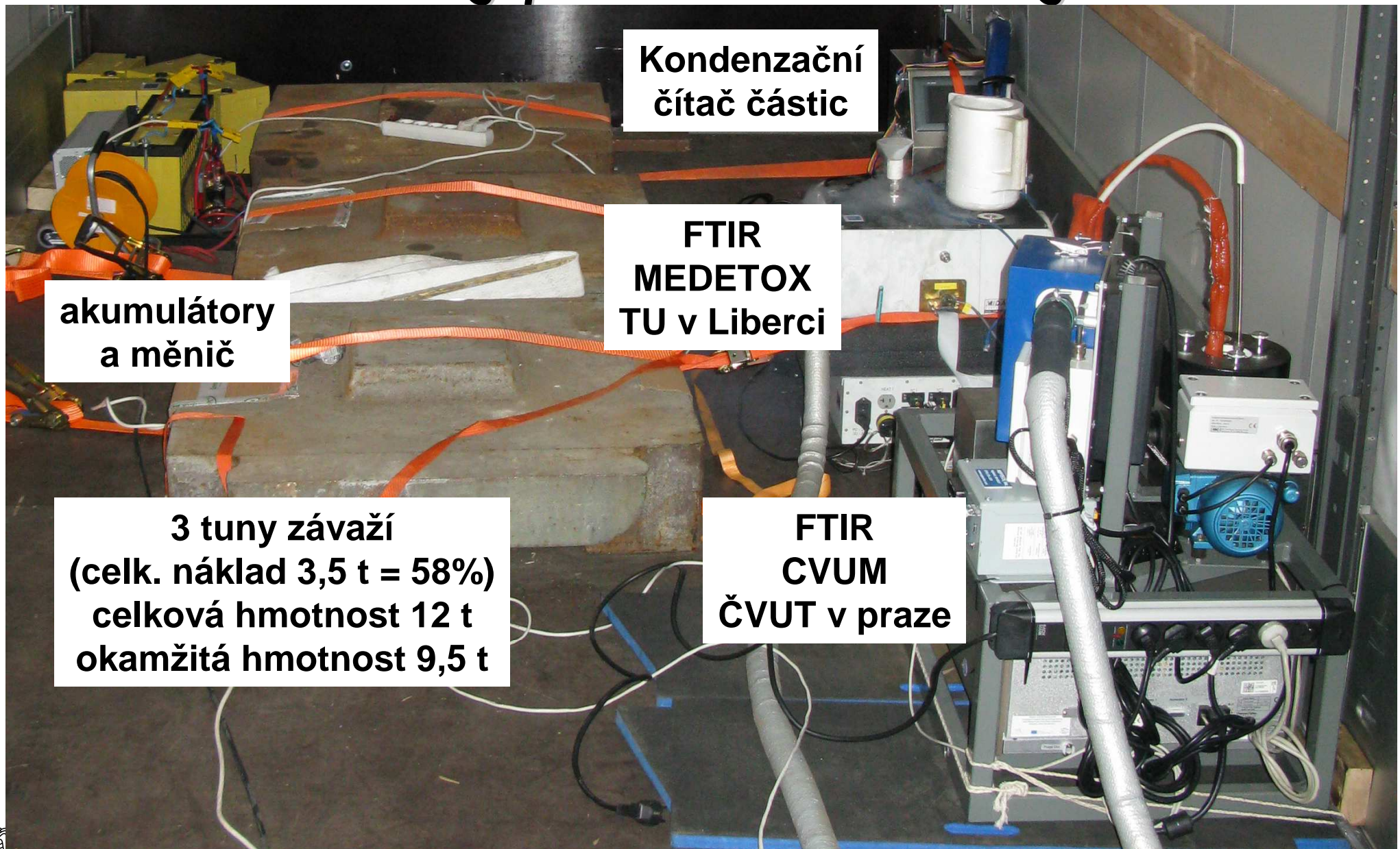
EURO 5 – DOC, DPF (particle filter), no SCR  
2012 Iveco Daily, 3.0-liter Iveco engine

Emissions of particulate matter very low even during  
1-hour idle and generally well below 1 mg/m<sup>3</sup>



# Měření emisí nákladního vozu Euro 6

## Reálný provoz okolo Prahy



Kondenzační  
čítač částic

FTIR  
MEDETOX  
TU v Liberci

akumulátory  
a měnič

3 tuny závaží  
(celk. náklad 3,5 t = 58%)  
celková hmotnost 12 t  
okamžitá hmotnost 9,5 t

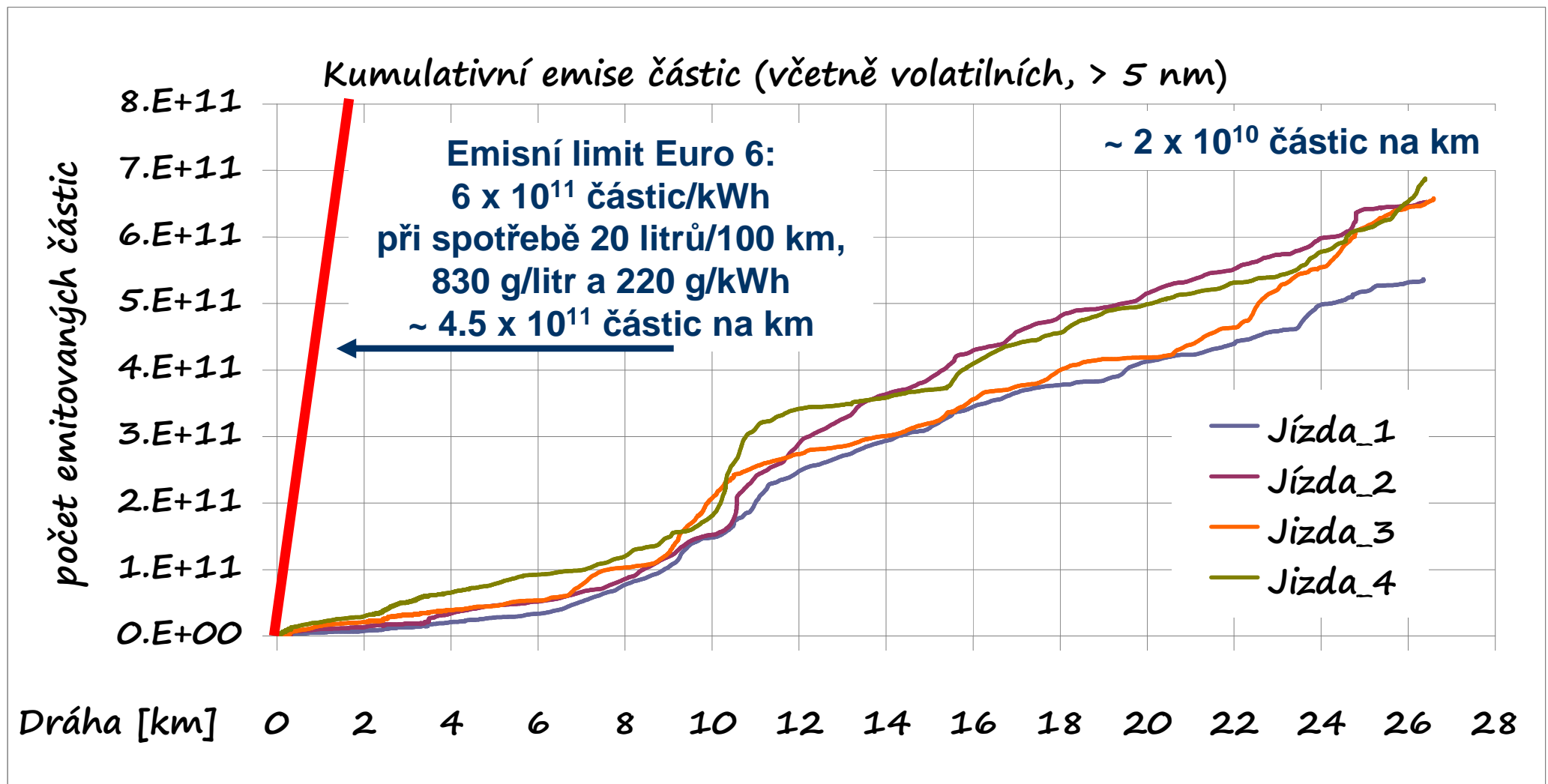
FTIR  
CVUM  
ČVUT v Praze



# Emise částic (včetně < 23 nm a volatilních)

Nákladní vůz, dieselový motor Euro 6

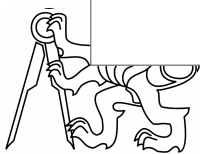
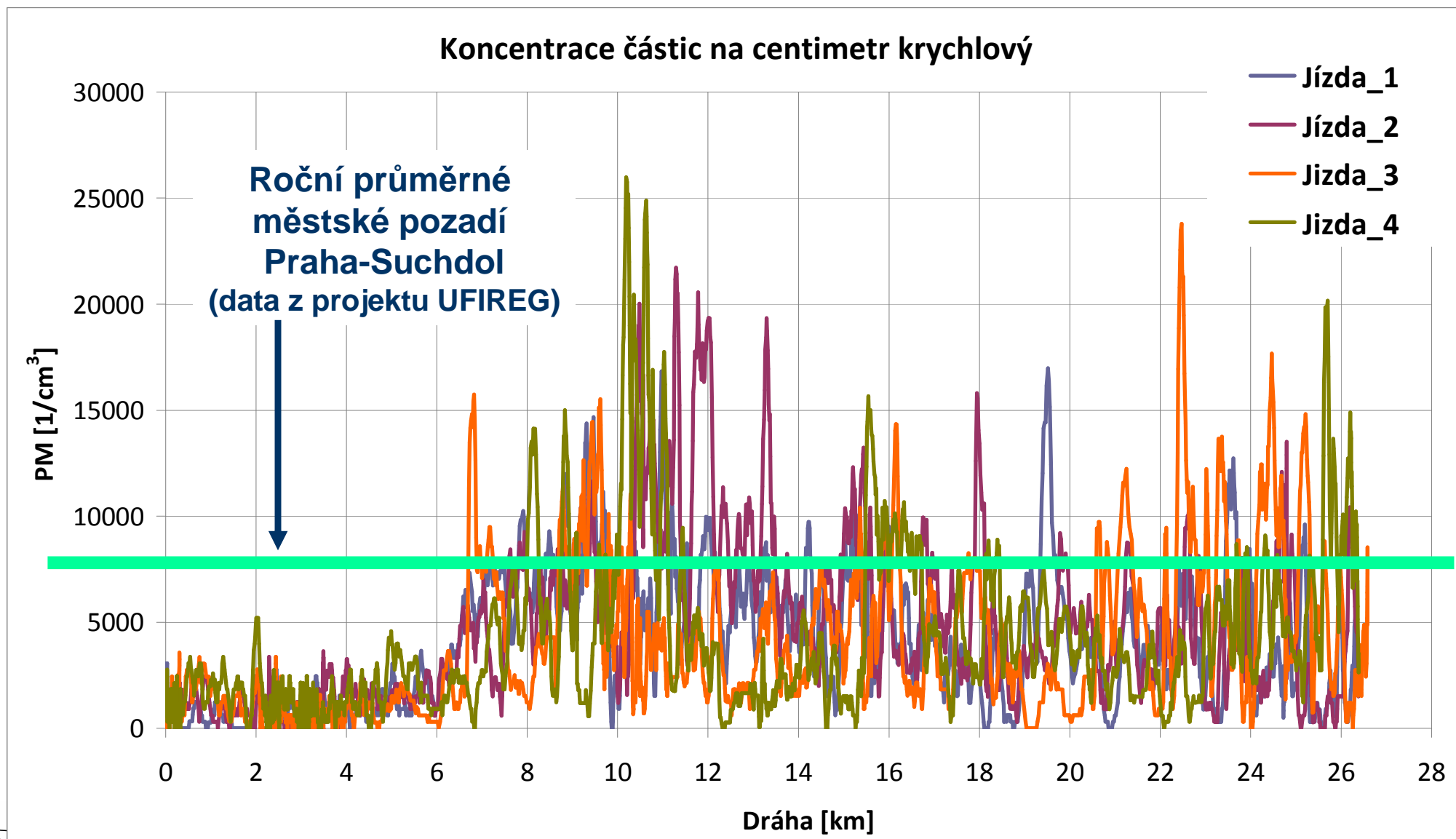
Říčany – Kostelec nad Černými Lesy, listopad 2015



# Koncentrace částic ve výfukovém potrubí

## Nákladní vůz, dieselový motor Euro 6

### Říčany – Kostelec nad Černými Lesy, listopad 2015



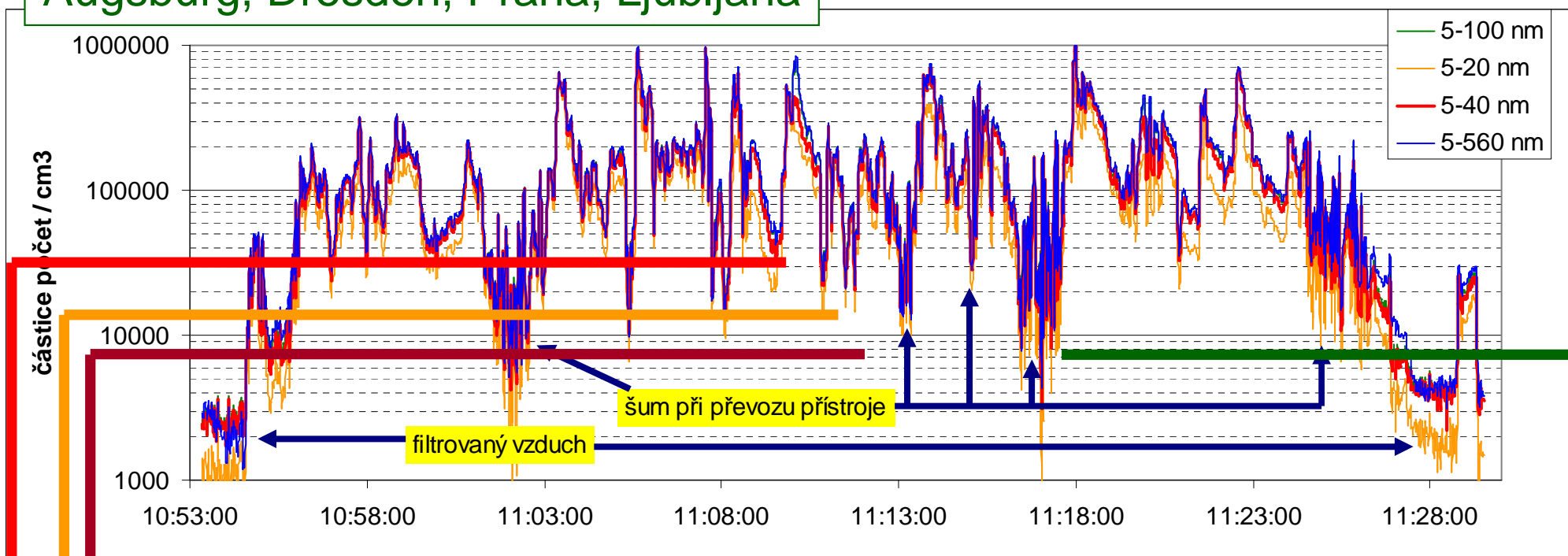
# Spořilov – koncentrace nanočástic 26.3.

jižní strana pěší lávky přes 5. května

vs. Celkový počet částic, Římnáčová a kol., Atmos. Environ. 2011

vs. UFIREG 2012 (7th Newsletter, zde rozdáváný)

6-7 tis. částic na  $\text{cm}^3$  – průměr 2012  
Augsburg, Dresden, Praha, Ljubljana



7 tis. částic na  $\text{cm}^3$  – průměr 2008-2009 Praha-Suchdol

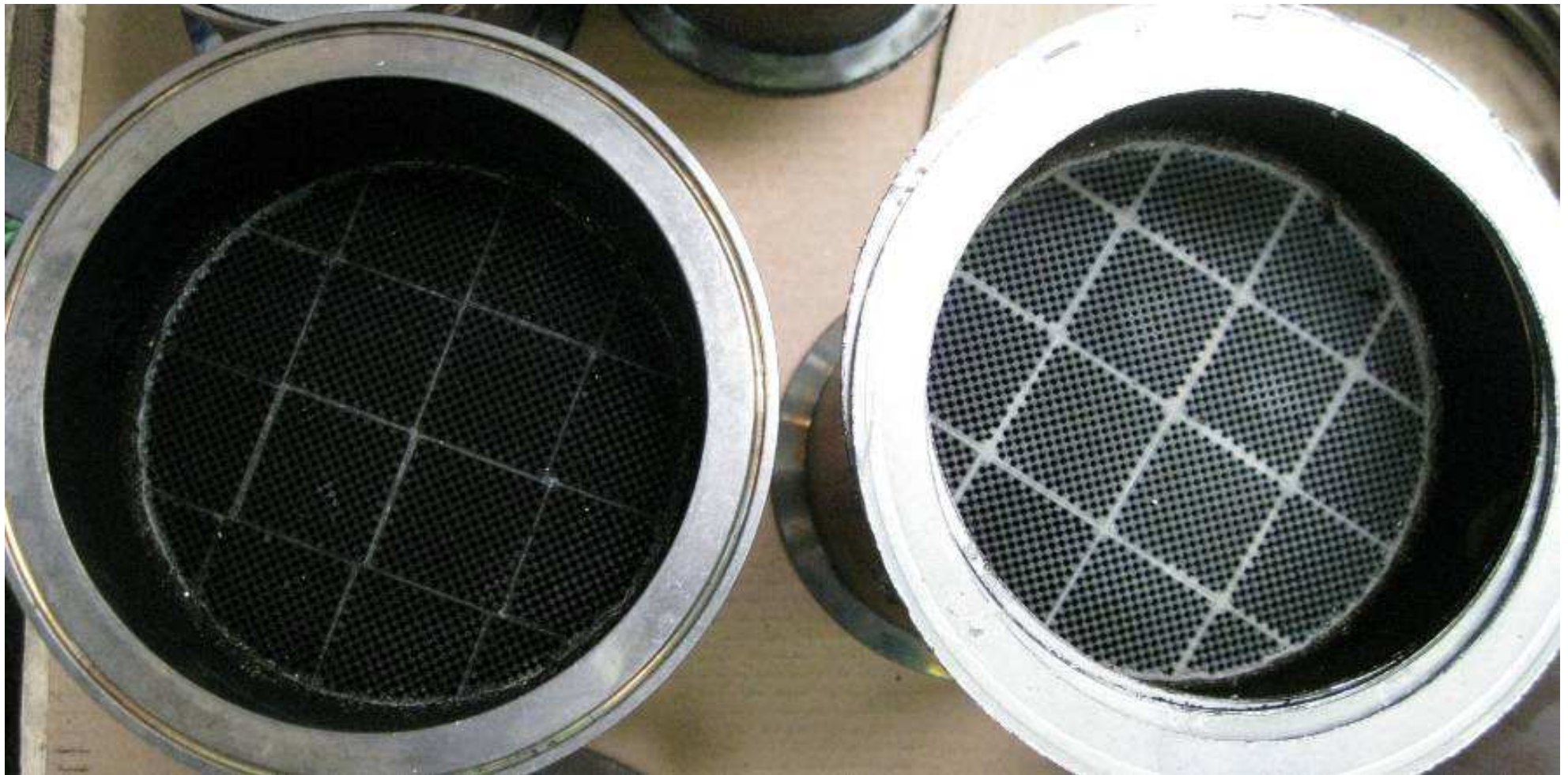
14 tis. částic na  $\text{cm}^3$  – křižovatka Praha-Suchdol

20-40 tis. částic na  $\text{cm}^3$  – Jižní Spojka – těsná blízkost





# Filtry částic (účinnost 90 až 99,99%)

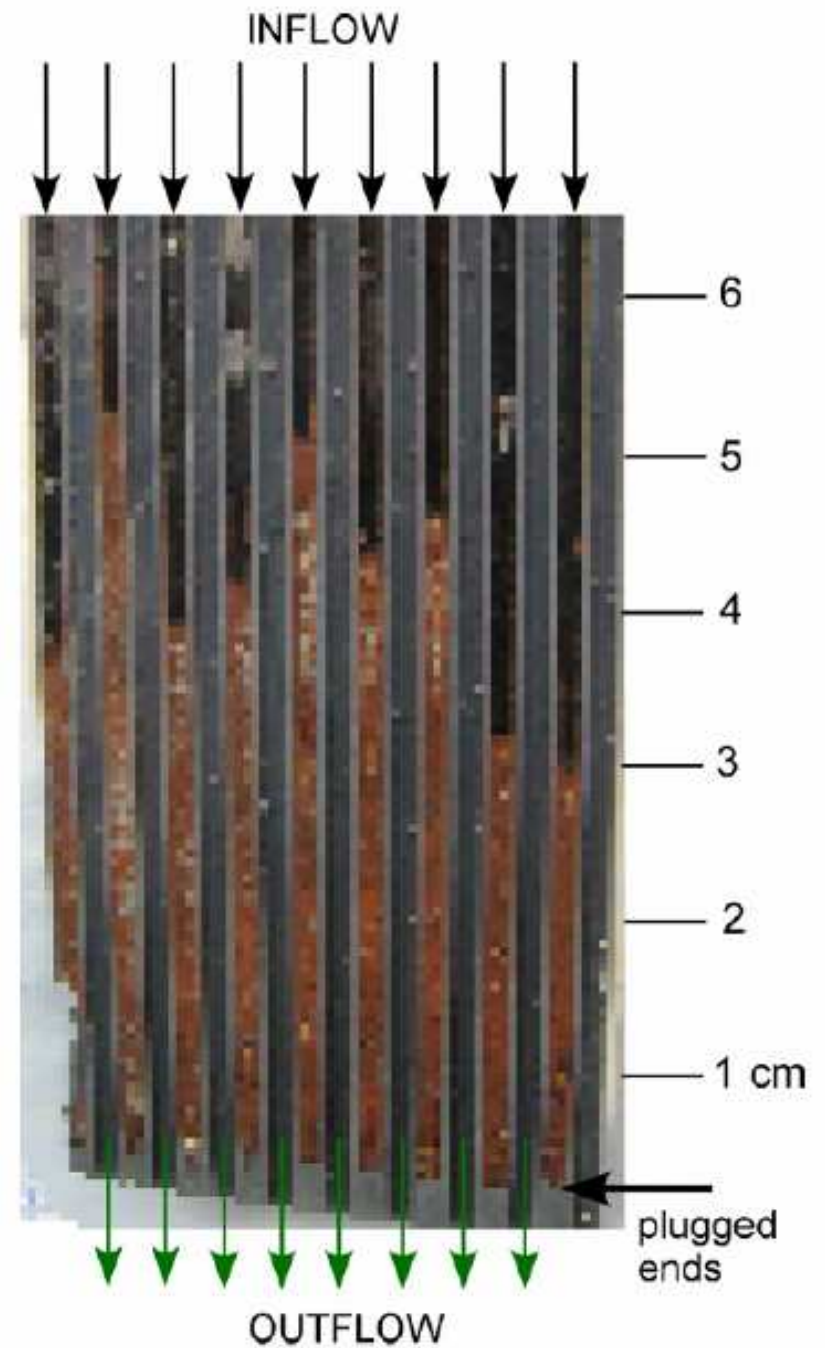
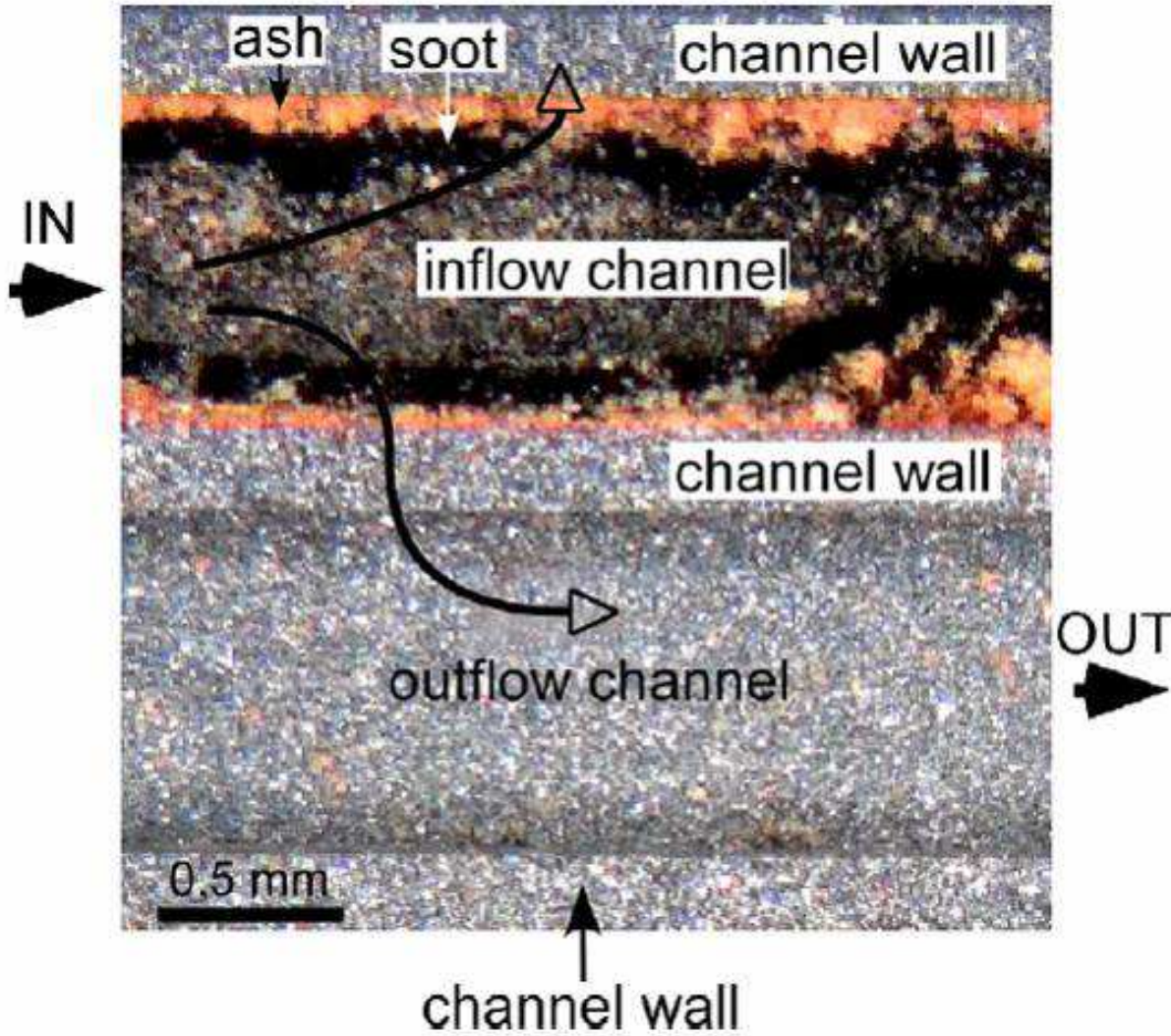


Vstupní strana

Výstupní strana



# Filtr částic

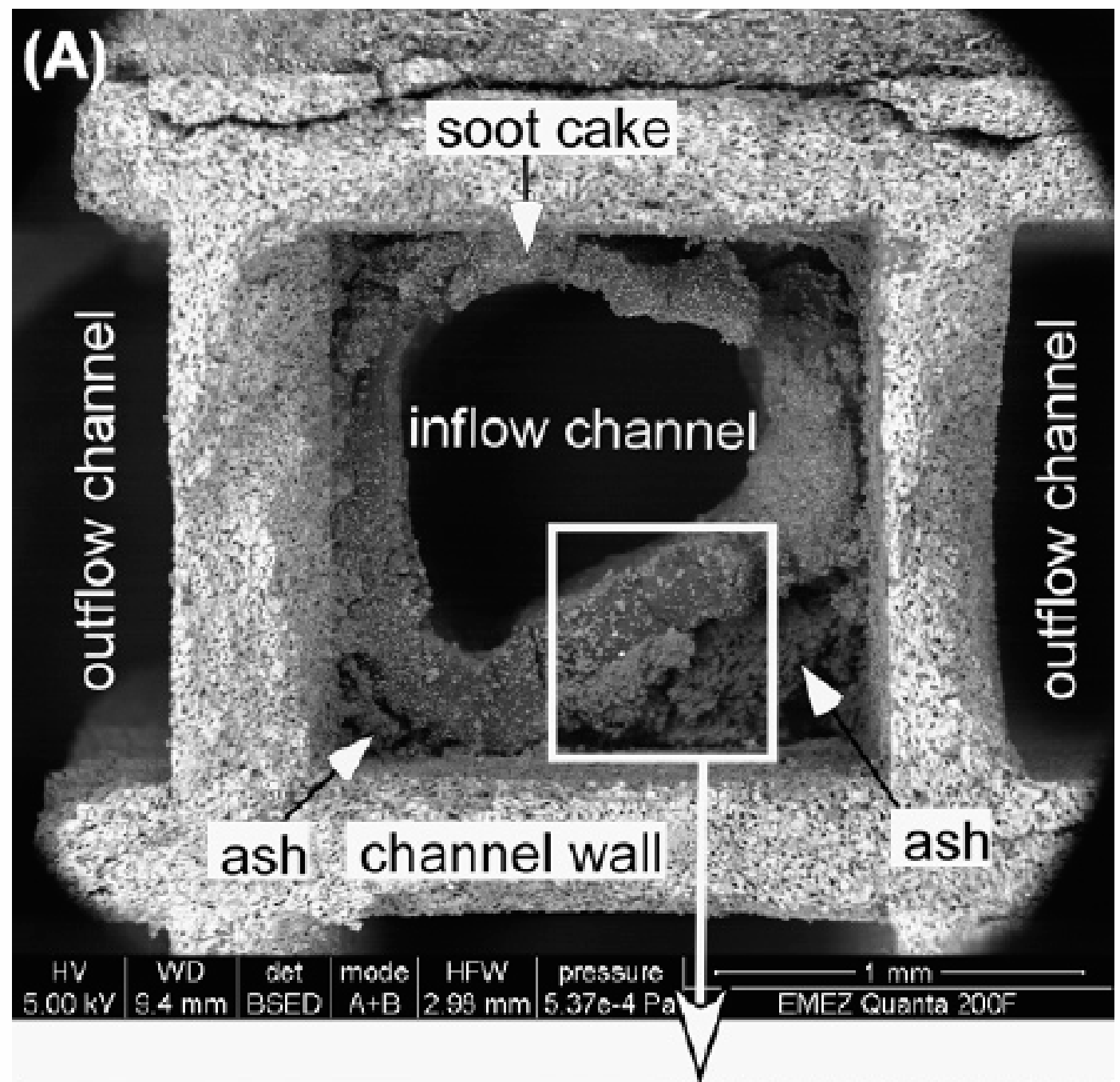


A. Liati, P. Dimopoulos Eggenschwiler / Combustion and Flame 157 (2010) 1658–1670



# Filtr částic

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



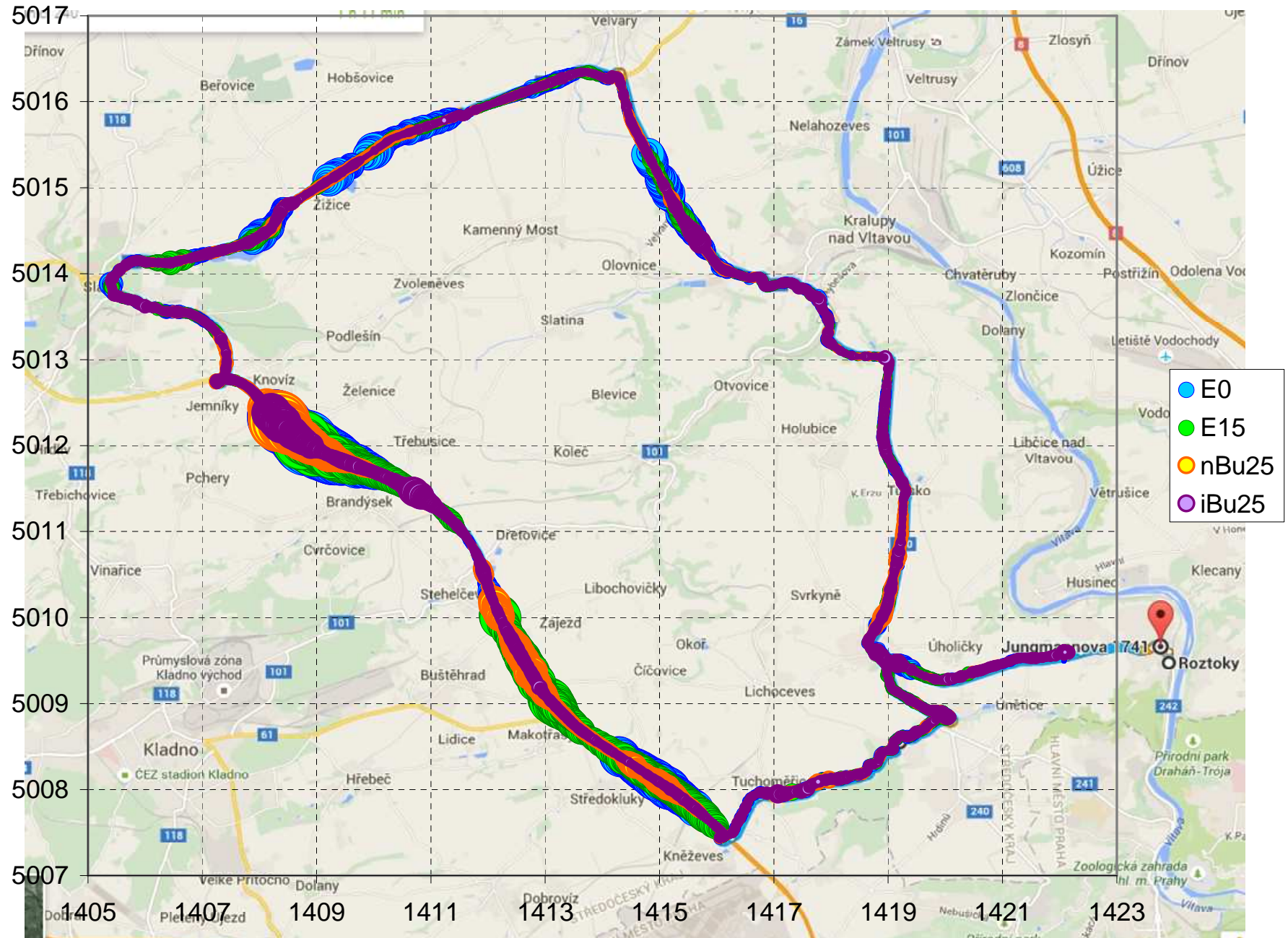
# Emise částic benzínových motorů

Instrumentation:  
particle  
classifier (EEPS),  
mini-PEMS,  
batteries

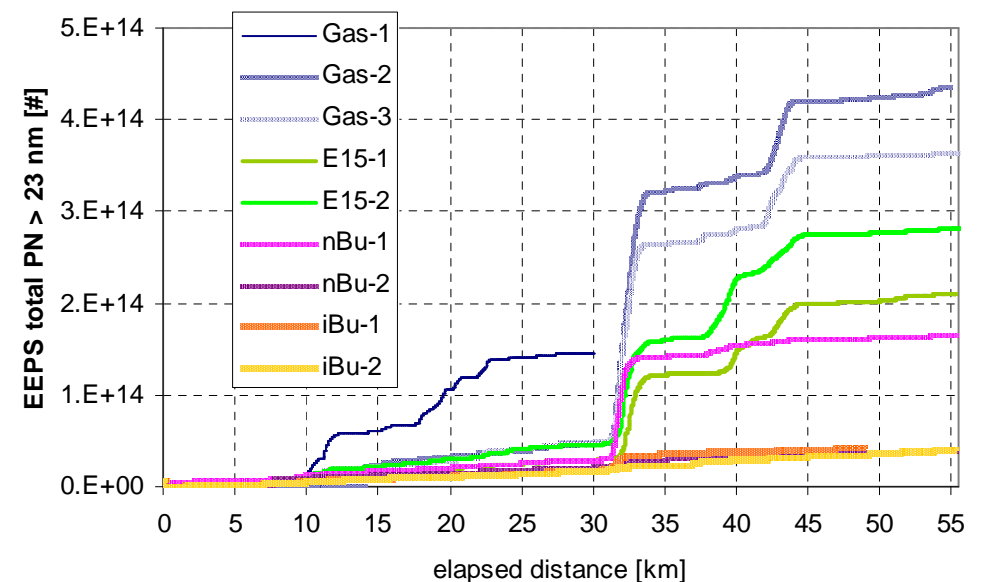
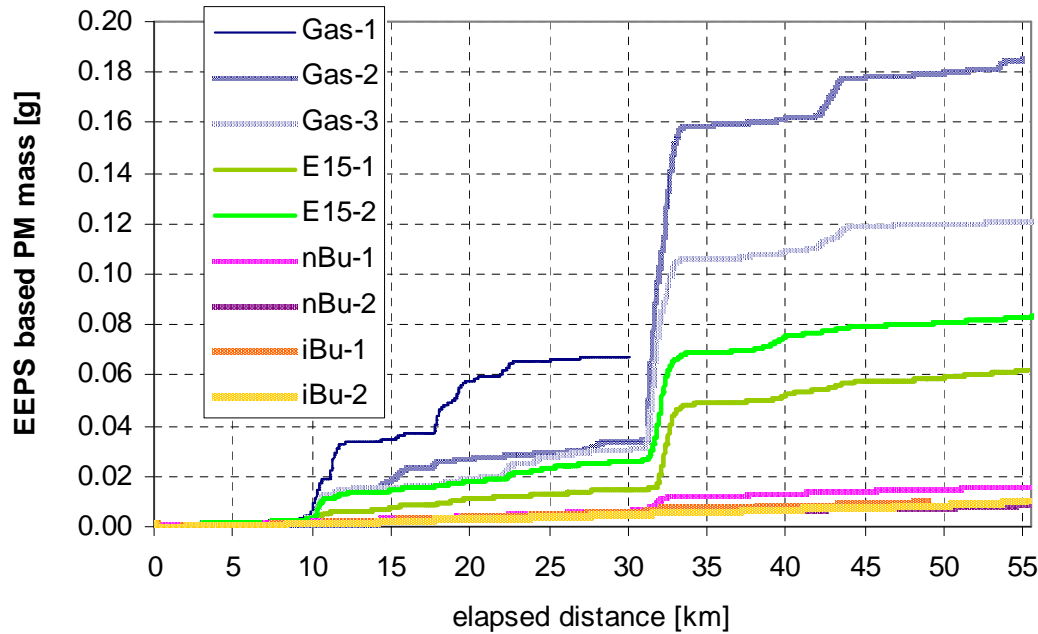
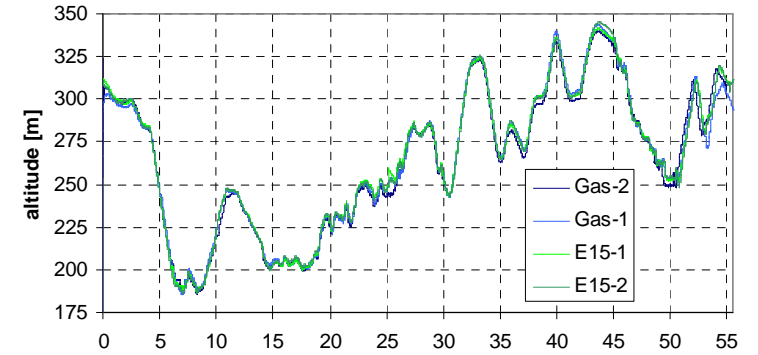
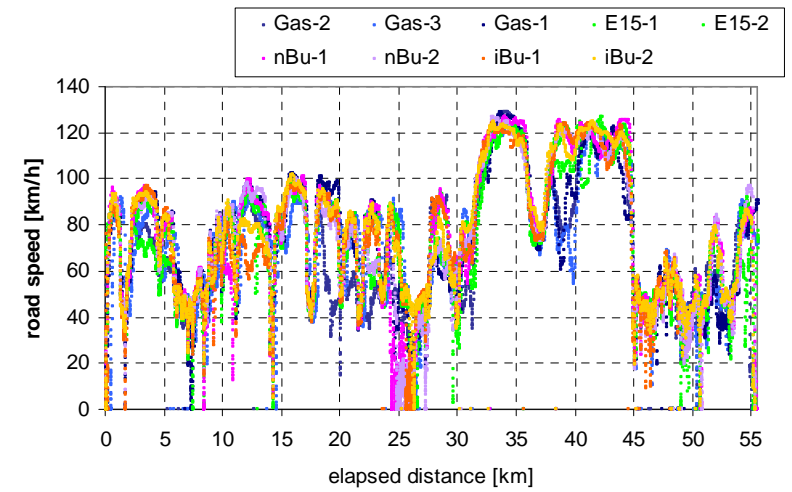
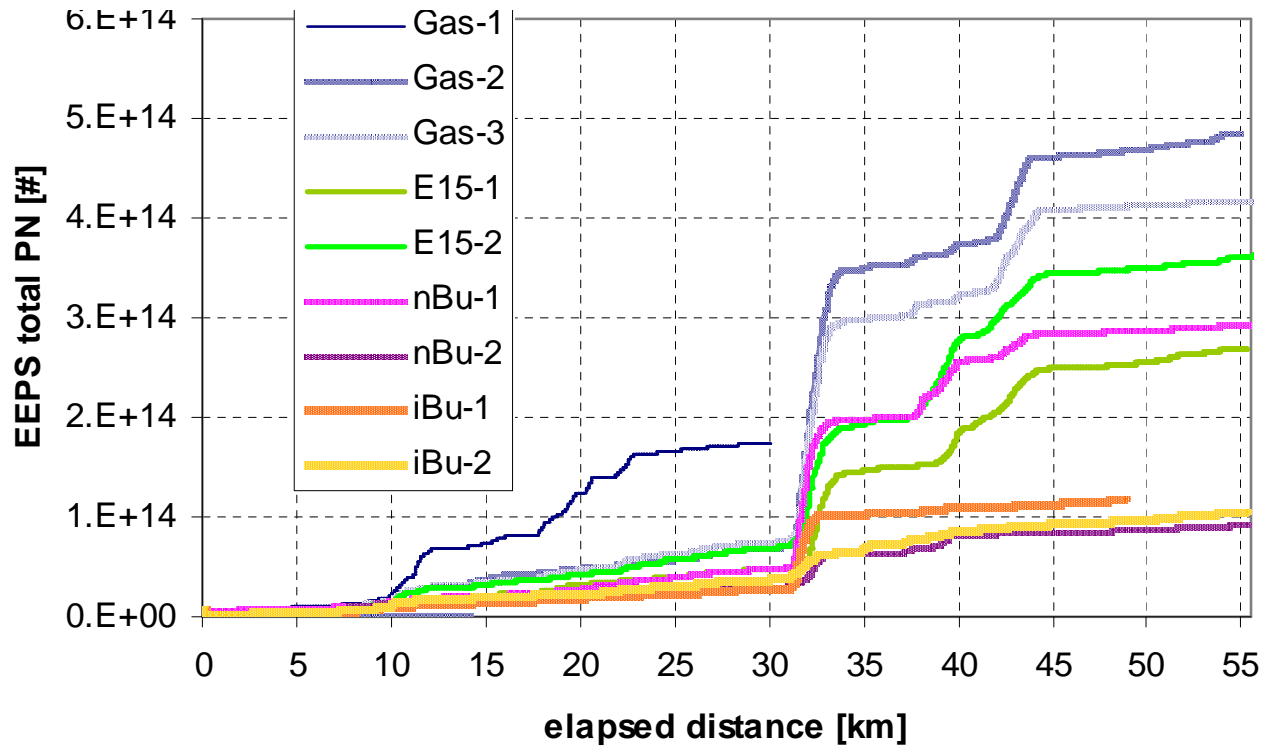


Rotating disc microdiluter,  
(150 C, DR 300:1) sampling  
from the tailpipe ->  
-> EEPS (5-560 nm, 1 Hz)

# Instantaneous PN emissions along the test route



# Emise $2 \times 10^{12} - 10^{13}$ částic na km



Dnešní technologie umožňuje velmi nízké emise částic.  
Jak je využívána v ČR?

Euro 5, kdesi v Praze  
(bez DPF)



Motor s DPF  
Nidau, Švýcarsko







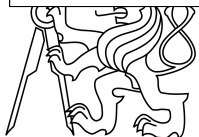
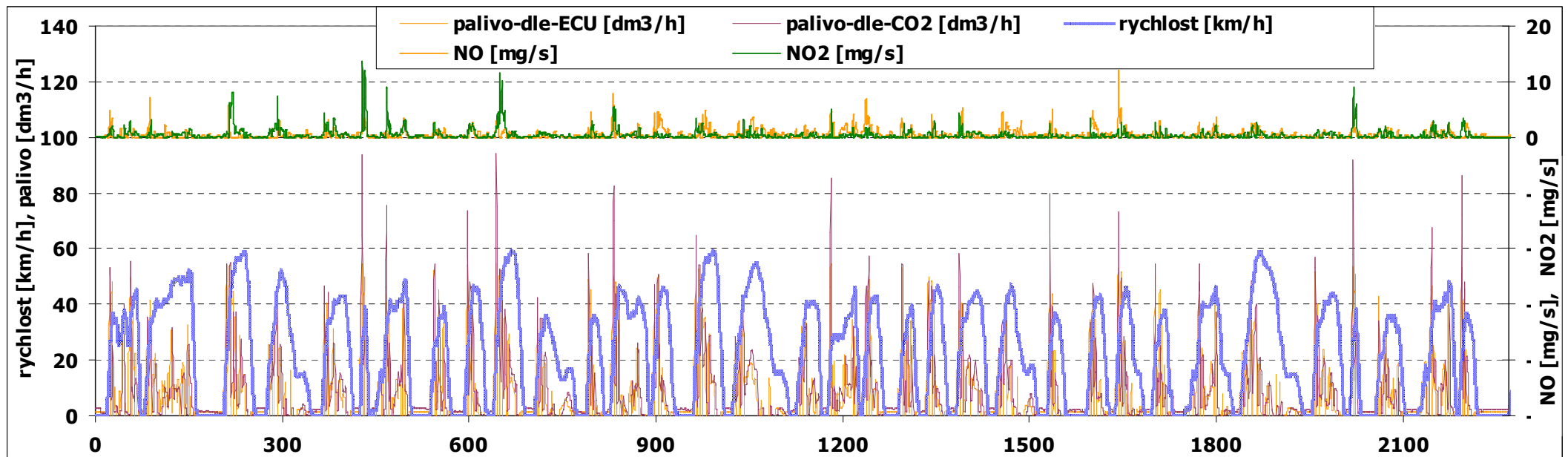
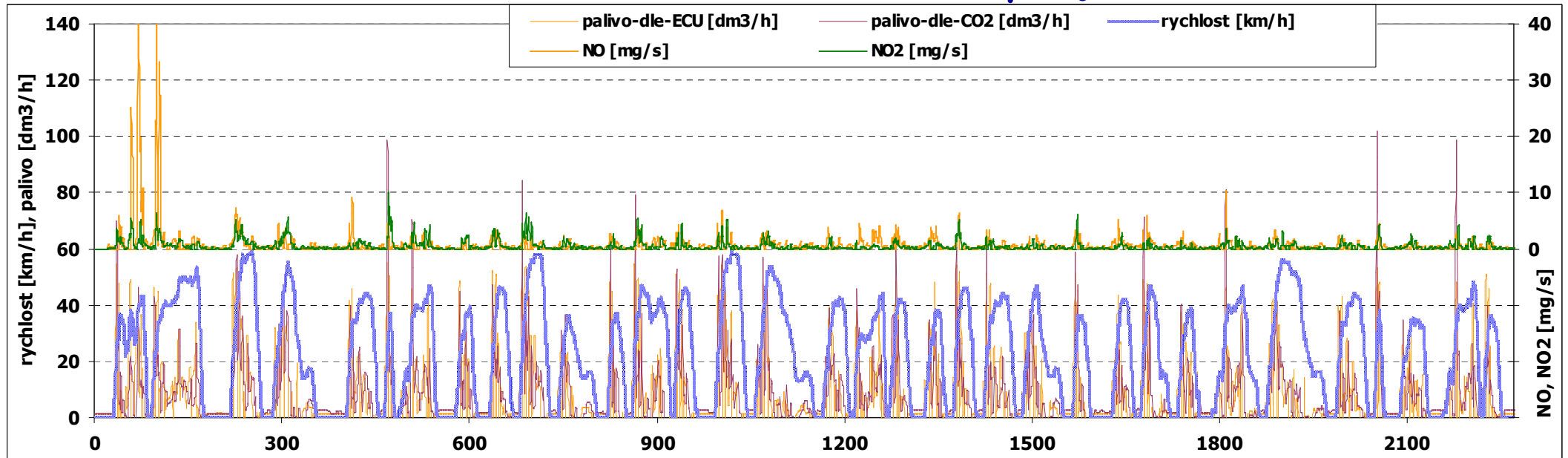
# Měření emisí autobusů Euro 6 – letiště Hradčany

Měření autobusu za provozu – projekt MEDETOX  
Přenosný FTIR analyzátor – online měření mnoha plynů látek



# Naftový autobus SOR CN12 Euro 6 – letiště Hradčany

## Měření reaktivních sloučenin dusíku – projekt MEDETOX



# Naftový autobus SOR CN12 Euro 6 – letiště Hradčany

**Průměrné hodnoty Braunschweig cycle: 195 mg/km NO<sub>x</sub>.**

Při 37 litrů na 100 km, 220 g/kWh: 162 mg/kWh (Euro 6: 460 mg/kWh)



**Limit pro automobily (nafta): 180 mg/km Euro 5, 80 mg/km Euro 6**

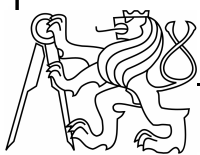
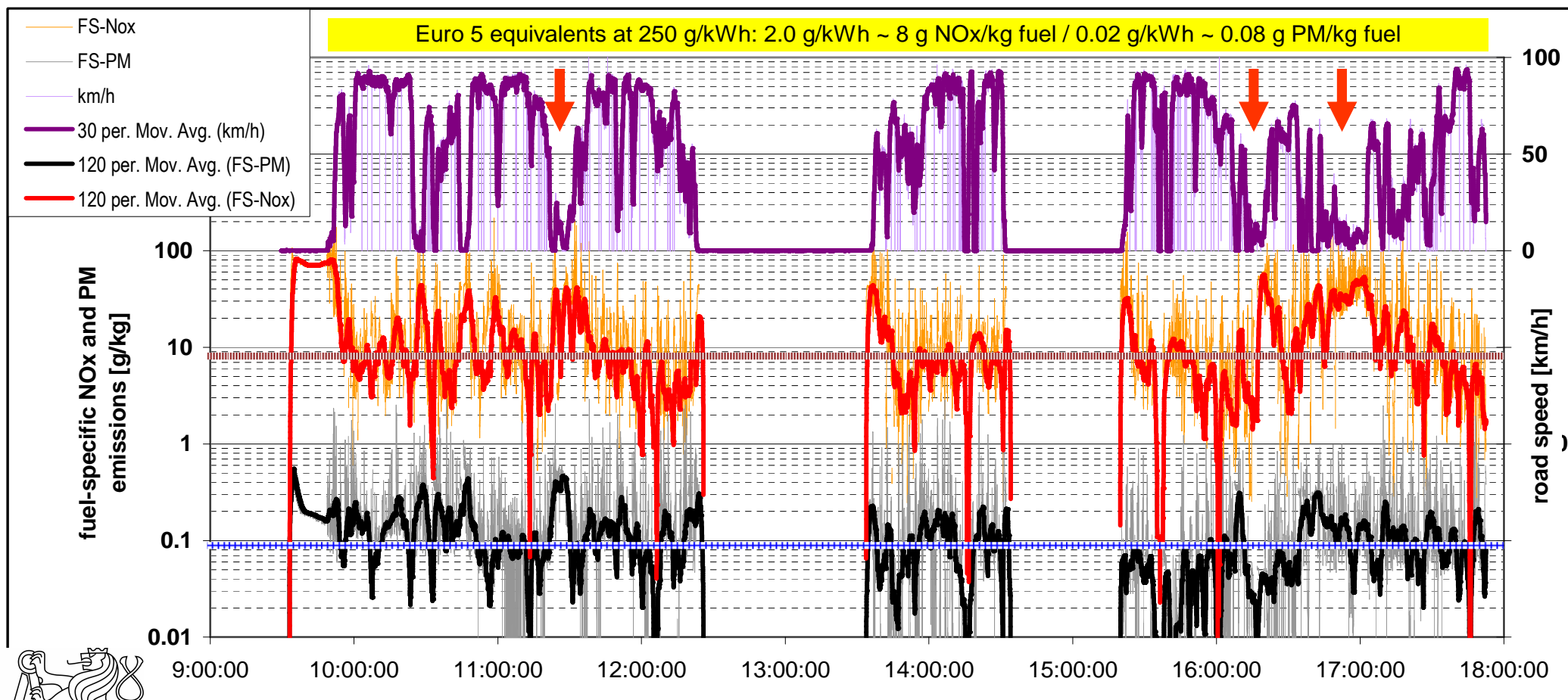
**Průměrné reálné emise automobilu (nafta), Euro 3-5: 1000 mg/km**

**Jedno Euro 5 naftové auto = 1000 mg/km = pět nových autobusů  
Ale pět autobusů uveze stovky cestujících !!!**

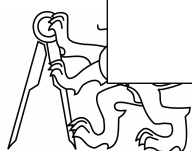
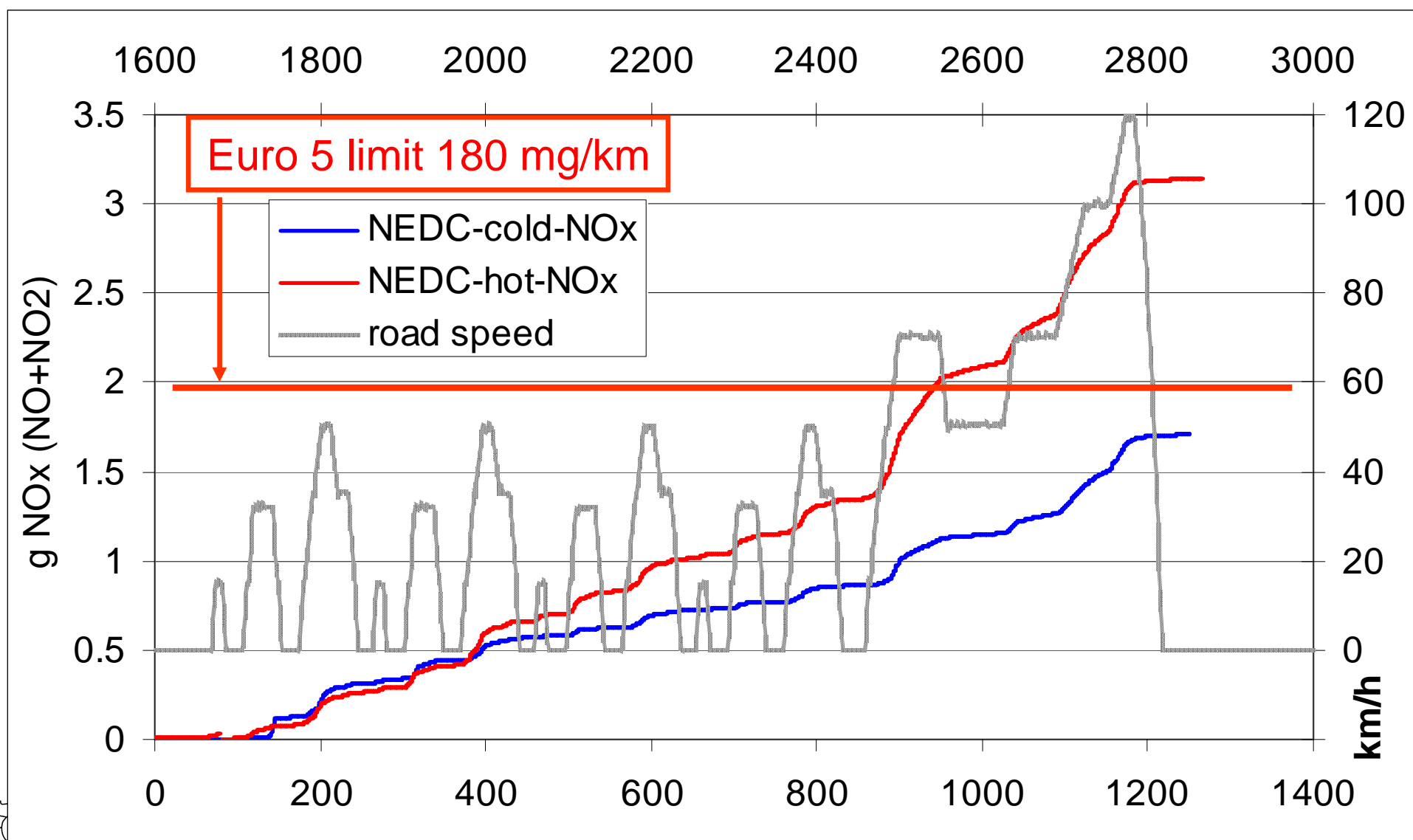


# Kongesce a pomalá jízda: Ochlazování katalyzátorů

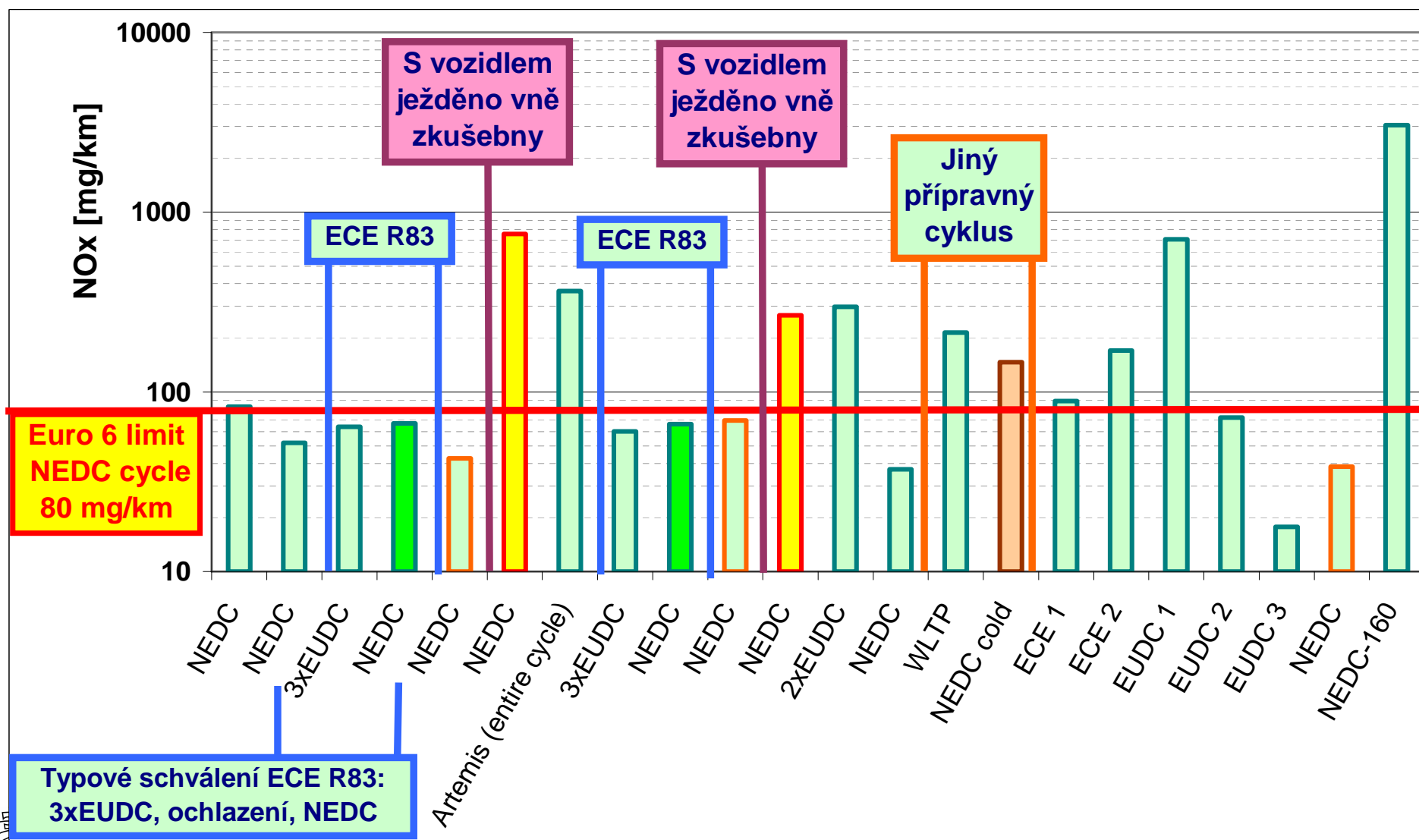
- Průměrná rychlost (30 s průměr) a emise NOx a PM na kg paliva (120 s průměr)
- 0.08 g PM/kg paliva odpovídá při 40 t a 32 kg/100 km: 0.025 g PM/km, 0.0006 g PM/t-km
- Při jízdě „cestovní rychlosti“ se emise výrazně neliší od limitů Euro 5 i při stáří motoru 109% deklarované minimální životnosti (500 000 km).
- Při snížení průměrné rychlosti NOx i PM na kg paliva i spotřeba paliva výrazně narůstají (např. při 0.2 g PM/kg paliva, 50 kg/100 km: 0.1 g PM/km, 0.0025 g PM/t-km)



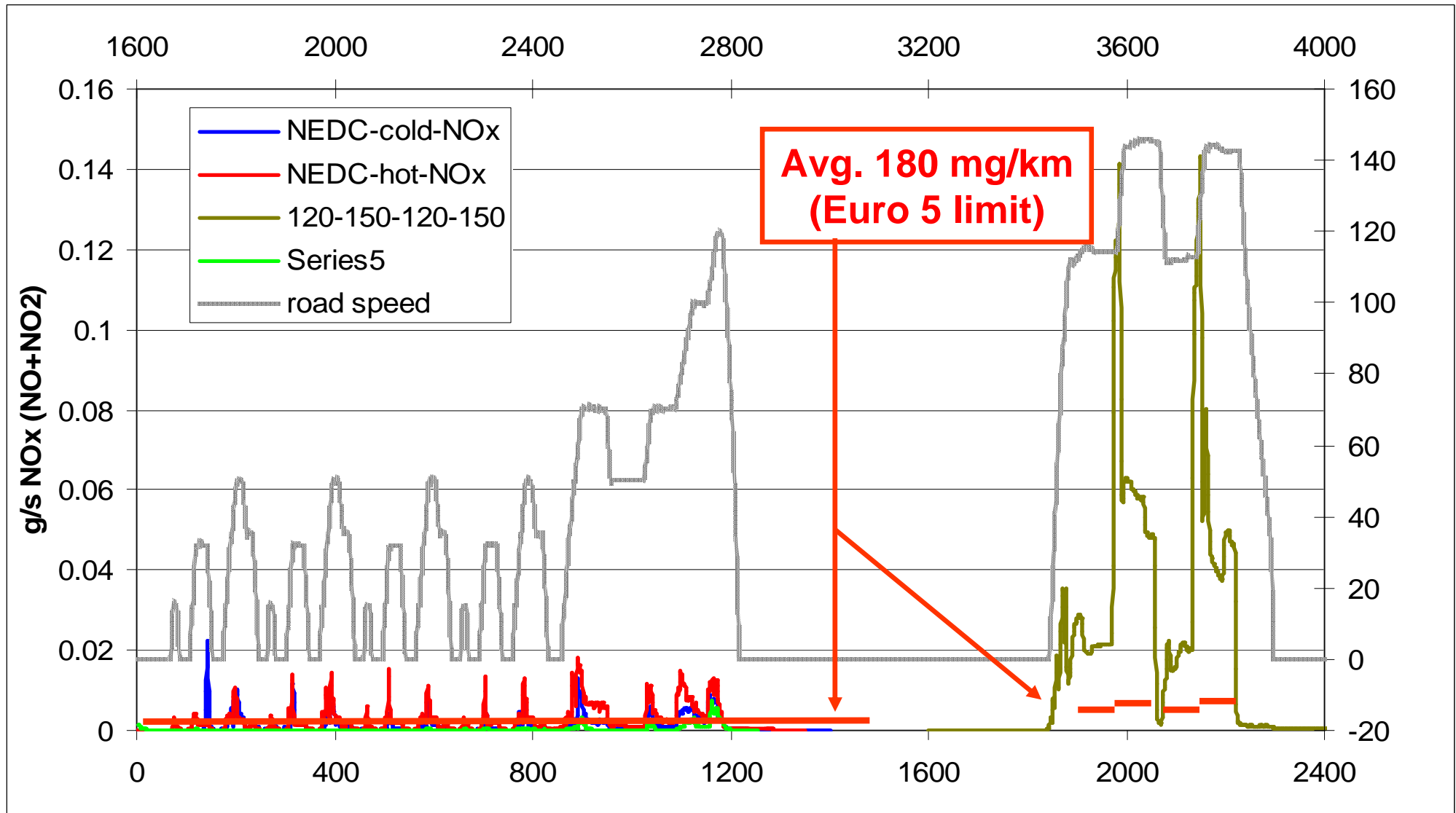
„DieselGate“: Detekuje-li motor, že je testován dle požadavků na typové schválení, plní limity pro NOx, zatímco za jiných podmínek – ale ve stejných provozních režimech – jsou emise NOx vyšší (? – malá úspora paliva či pořizovací ceny)



„DieselGate“: Detekuje-li motor, že je testován dle požadavků na typové schválení, plní limity pro NOx, zatímco za jiných podmínek – ale ve stejných provozních režimech – jsou emise NOx vyšší (? – malá úspora paliva či pořizovací ceny)



# Širší disparita v NOx emisích: NOx jsou vyšší v jiných provozních režimech než v režimech schvalovacího cyklu



# Emisní problémy automobilových vznětových motorů v EU

## Euro 4 Skoda Fabia - vozidlová zkušebna

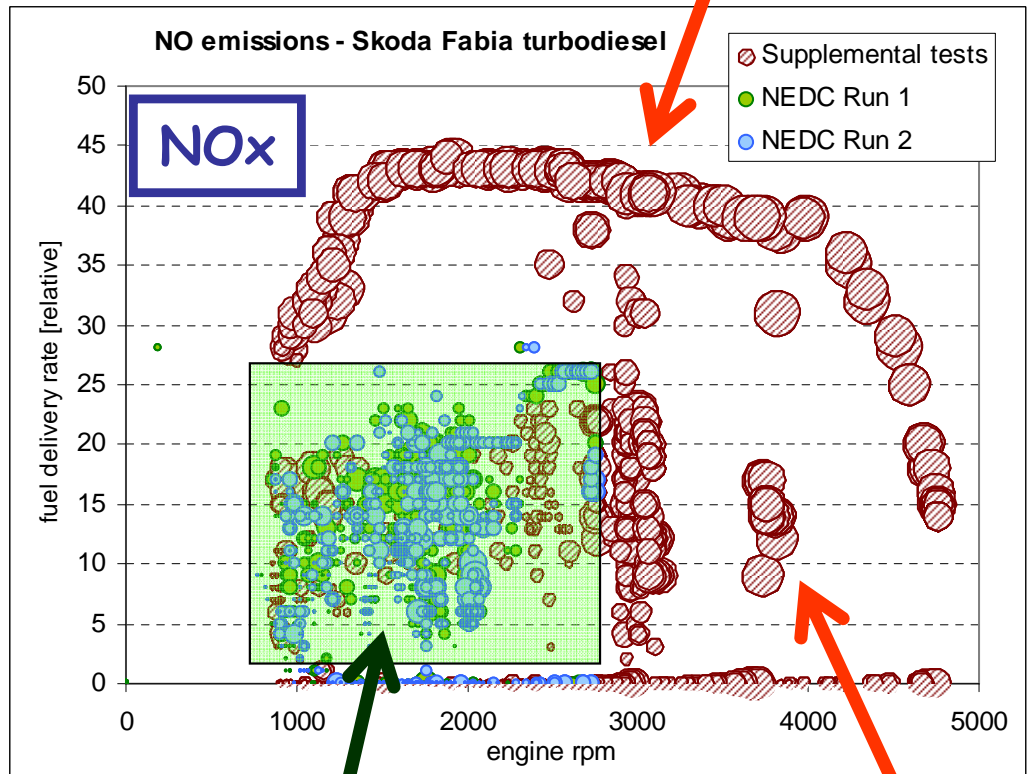
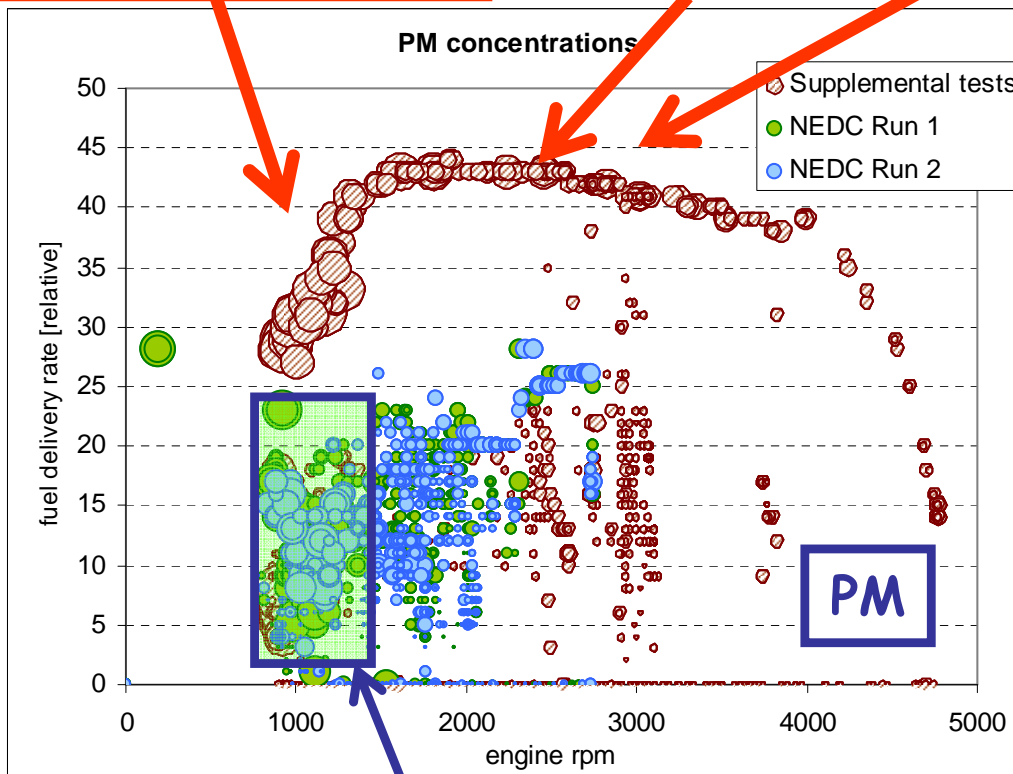
### NEDC vs. vyšší výkonové hladiny

Nižší zdvihové objemy a turbo: výkon v malých otáčkách zajišťován předávkováním palivem

Emise zhoršeny nízkou účinností oxidačního katalyzátoru po delším volnoběhu

Požadavek potřebného přebytku vzduchu je protichůdný požadavku na vysoký výkon

NOx: Použití EGR je protichůdné požadavku vyššího výkonu



Dlouhý provoz v nízkém zatížení: Zhoršení spalování, vyšší podíl OC v PM, snížení účinnosti katalyzátorů

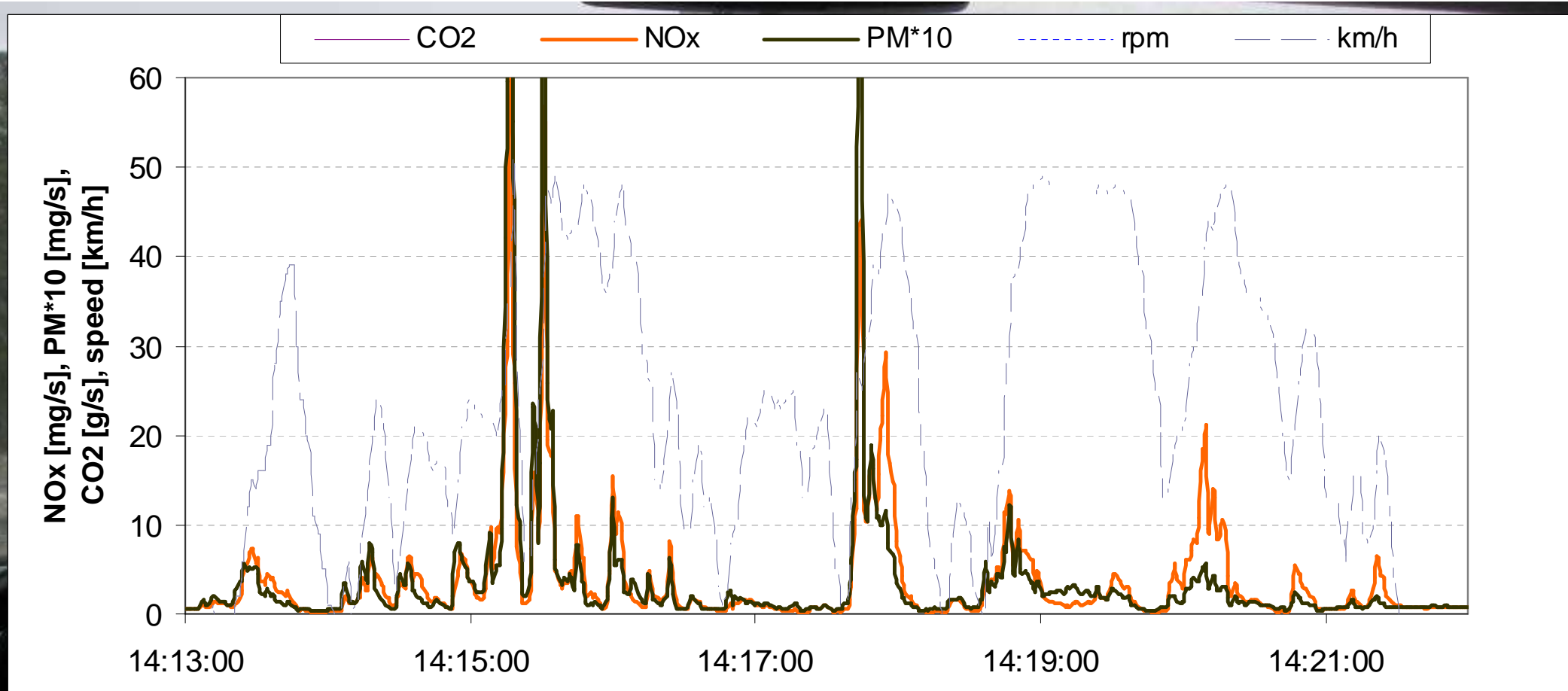
NOx sníženy EGR (recirkulace výfukových plynů)

?



# Jízda po městě

Osobní automobil Škoda Octavia, naftový motor, 103 kW



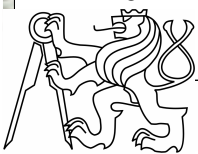
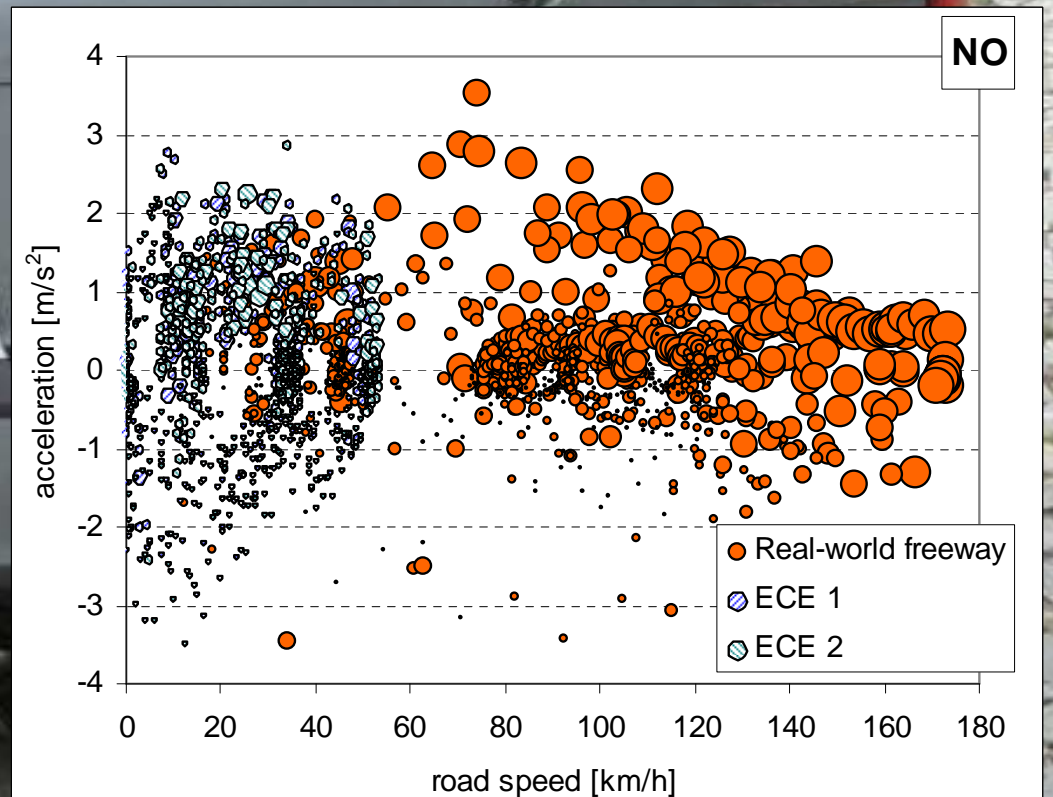
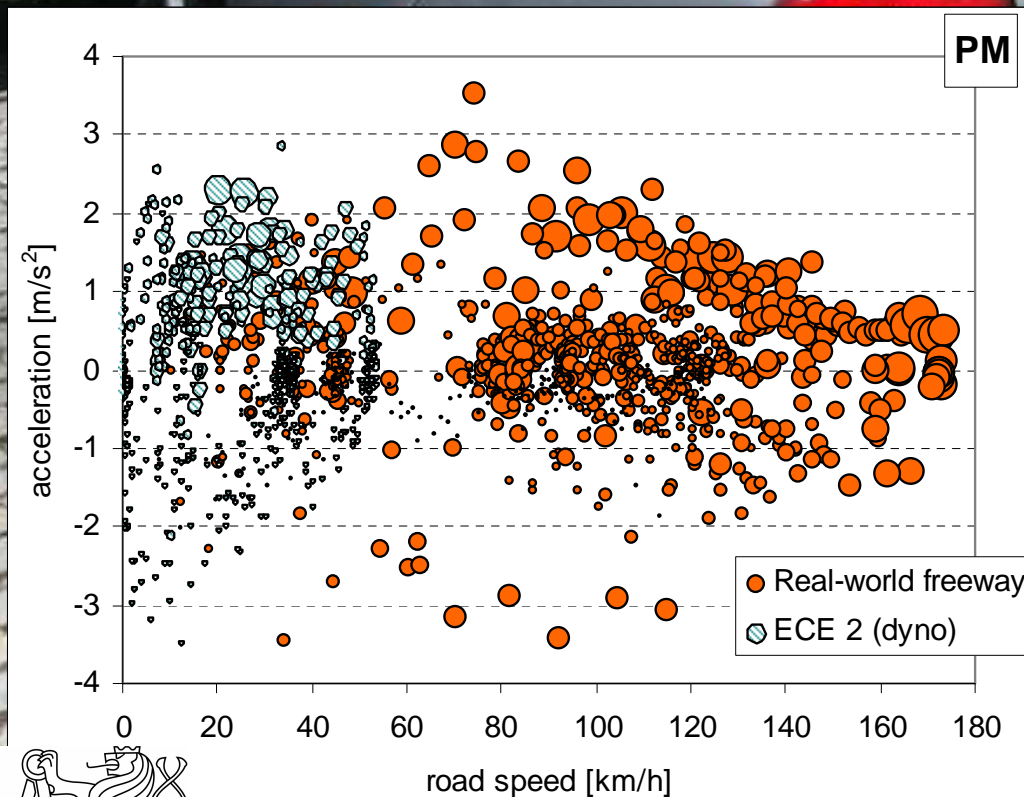
Velká část celkových emisí – krátké epizody s vysokými emisemi



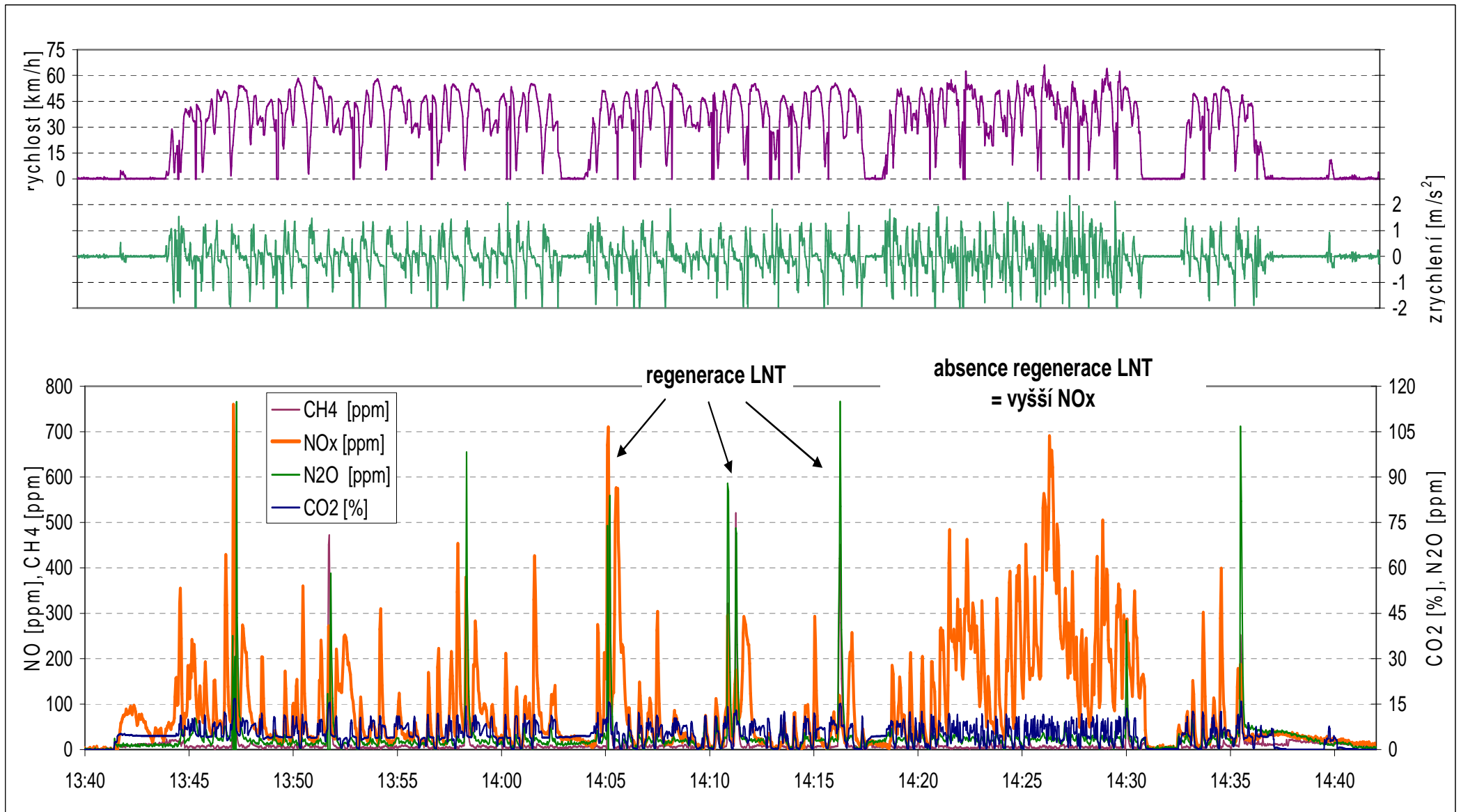
# Euro 4 Škoda Octavia – dálnice, vysoká rychlost

Agresivní rychlá jízda, nikoliv netypická pro české poměry  
Výsledky porovnány s jízdním cyklem ECE v laboratoři

Vysoké zatížení  
– vyšší emise  
NO<sub>x</sub> i částic



# Automobil, r.v. 2015, Euro 5, naftový motor s LNT



**Při dynamičtější jízdě nedocházelo k regeneraci zásobníkového katalyzátoru („úspora paliva“?) a emise NO<sub>x</sub> byly výrazně vyšší.**





Potenciál vznětových=naftových=Dieselových motorů  
v těžkých vozidlech (např. autobusy):

Emise částic o 1-3 řády nižší než benzinové motory

Emise NOx nižší než naftové automobily

Vysoká účinnost a spolehlivost

- pokud úspěšně navržen, kompetentně seřízen,  
pečlivě udržován, a odpovědně provozován. \*)

\*) „Designed successfully, calibrated competently, and maintained assiduously.”  
Eastwood, Particulate emissions, 2008.

Nezakazujte plošně naftový motor,  
pokud problém není v technologii,  
ale ve svévolné bezohlednosti  
výrobců a provozovatelů.



# Návrhy opatření na razantní a rychlé snížení emisí oxidů dusíku a částic z motorových vozidel

## A) Zlepšení technického stavu vozidel

### 1. Dodržování legislativy výrobcem

Vyšetření „DieselGate“, vynucení nápravy či kompenzačních opatření (snížení NOx z jiných zdrojů)

### 2. Dodržování legislativy provozovatelem

Zákaz nezákonných úprav – vytloukání filtrů, demontáž katalyzátorů, zásahy do řídicí jednotky

### 3. Fungující systém technické kontroly

Účinné pravidelné a namátkové kontroly za účelem nalezení vozidel s vysokými emisemi a jejich následné opravy nebo vyřazení z provozu



# Návrhy opatření na razantní a rychlé snížení emisí oxidů dusíku a částic z motorových vozidel

## B) Snížení přetížení dopravní sítě a kongesce

Kongesce vede k prudkému zvýšení emisí rizikových látek i skleníkových plynů a doby jízdy, a jejím vznikem klesne skutečný počet vozidel, která sítí projedou.

## Kritické hodnocení jakýchkoli záměrů vedoucích ke zvýšení intenzivy silniční dopravy

- Průmysl s vysokou přidanou hodnotou místo překladišť
- Rozvoj ve vnitřním prostoru měst, ne na zelené louce

## Dodržování cílů již vytyčených v Národní dopravní politice a dalších strategických dokumentech.

- Podpora nemotorové a hromadné dopravy
- Podpora železniční a vodní nákladní dopravy



# Návrhy opatření na razantní a rychlé snížení emisí oxidů dusíku a částic z motorových vozidel

## Opatření která nemusejí mít žádaný přínos

### Ekologická daň

pokud stará vozidla jsou nahrazována novějšími, které však mají v reálném provozu vyšší emise

### Nízkoemisí zóny

pokud vinětu či výjimku dostanou vozidla, která v reálném provozu mají vysoké emise

### Výstavba obchvatů a dálnic

pokud tyto povedou k navýšení intenzity dopravy do té míry, že celkové emise se zvýší, a nikoliv sníží  
pokud podél těchto bude vznikat nízkohustotní zástavba

### Zemní plyn a další „čistá“ paliva

pokud tyto budou mít v reálu vyšší emise než klasika





## Poděkování:

EU LIFE+ program, projekt LIFE10 ENV/CZ/651 MEDETOX,  
"Inovativní metody monitorování toxicity výfukových plynů v  
podmínkách reálného městského provozu"

Grantová agentura ČR, projekt 13-01438S BIOTOX,  
"Mechanismy toxicity pevných částic z biopaliv"

MŠMT Národní program udržitelnosti - NPU I (LO), projekt #  
LO1311 „Rozvoj Centra vozidel udržitelné mobility“

Měření autobusů: Petr Formánek, SOR Libchavy, a Libor Špička,  
Centrum dopravního výzkumu, projekt TA02030831 - Nové metody  
stanovení emisních faktorů a celkových nákladů za dobu životnosti těžkých vozidel ve smyslu  
směrnice 2009/33/ES o podpoře čistých a energeticky účinných silničních vozidel.

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



## Poděkování - doktorandi:

Mgr. Jitka Štolcpartová, PŘF UK

ing. Vít Beránek, FS ČVUT

ing. Luboš Dittrich, FS TU v Liberci

ing. Martin Pechout, FS TU v Liberci

Doc. Michal Vojtíšek, M.S., Ph.D.

Centrum vozidel udržitelné mobility

Fakulta strojní, ČVUT v Praze

EU LIFE+ projekt MEDETOX,

Technická univerzita v Liberci

[michal.vojtisek@fs.cvut.cz](mailto:michal.vojtisek@fs.cvut.cz)

tel. (+420) 774 262 854

