

Neohlídáme-li si emise z motorů sami, budou motory z měst vykázány???



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
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)**

**Motory patří mezi nejčistší spalovací zařízení.
Nemají však komín, ani nejsou daleko za městem.
Jsou všude mezi námi uprostřed ulic.**

Přehled problematických látek

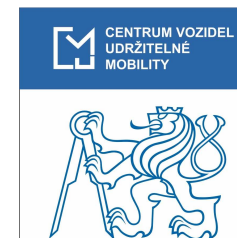
- Částice + sekundární aerosol
- NO_x + tvorba troposférického ozonu
- Organické látky (HC)
- CO , benzen, olovo - přestávají být problém

Nové problémy:

- NO_2 - tvorba v oxidačních katalyzátorech
- NH_3 - tvorba v redukčních a třícestných kat.
- Aldehydy - kyslíkatá paliva (etanol)

Skleníkové plyny

- N_2O - redukční katalyzátory (LNT, SCR) v určitých režimech
- CH_4 - motory na zemní plyn a bioplyn, LNT



Částice se měří dle celkové hmotnosti, nově též dle počtu, tj. „na váhu“ a „na kus“. (Není ideální, ale zatím nic jiného není.)

– zkuste takto prodávat autodíly, 1 nárazník váží jako několik ECU, 1 žárovka jako 1 motor –



Emisní limity v širší perspektivě

Euro 6 autobus 1 km jízdy ~ 1 mg částic ~ 1 cigareta

Spalování odpadků ~ 500 mg/m³

Christian et al., Atmos. Chem. Phys., 10, 565–584, 2010



Výfuk
lokomotivy
na zemní
plyn
(CNG)

Euro 6 HDV limit: 5 mg/kWh ~ 0,6 mg/m³



Komín
lokálního
topeniště

Limit pro lokální topeniště do
300 kW

(201/2012 Sb., příloha 10)

125-150 mg/m³ od 1.1.2014

60-75 mg/m³ od 1.1.2018

Motory produkují velmi malé částice, ty se bohužel s vysokou účinností zachycují v plicích a pronikají do krevního oběhu...

Zachycovací účinnost dýchacího systému (Oberdoerster)

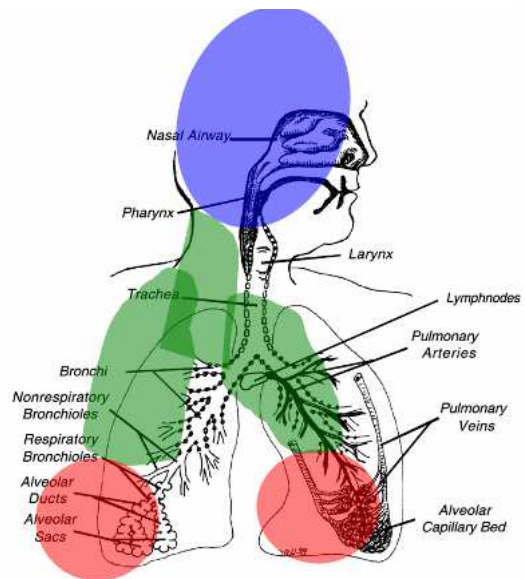
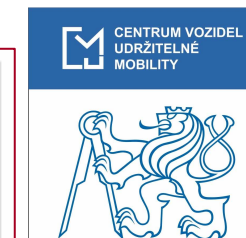
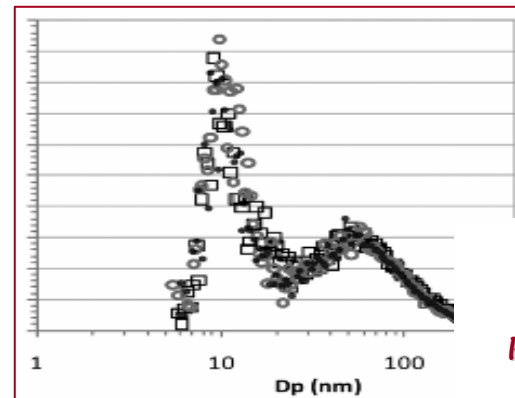
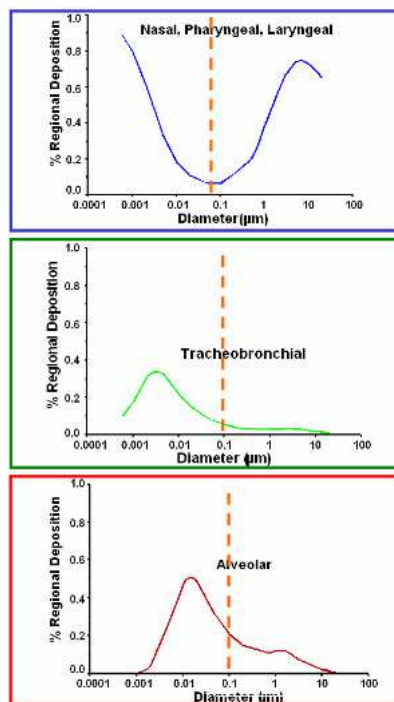
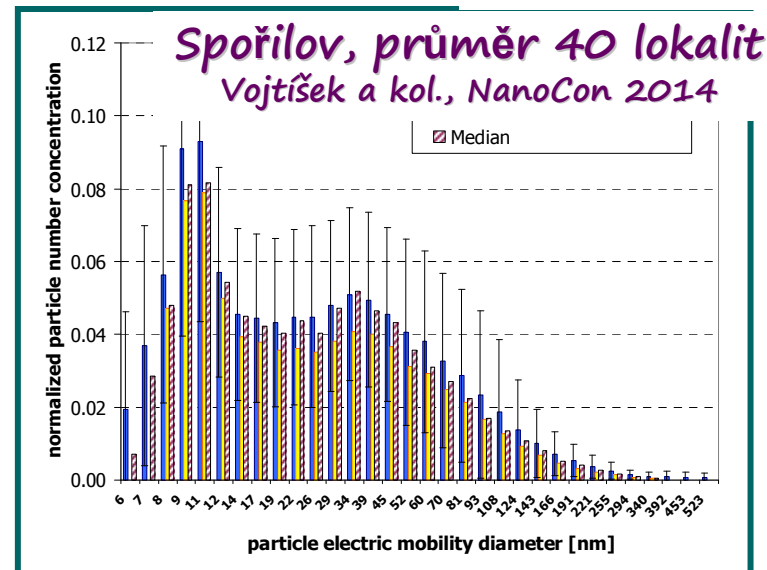


Figure courtesy of J.Harkema



Naftový motor

Ronkko a kol, EST 2013

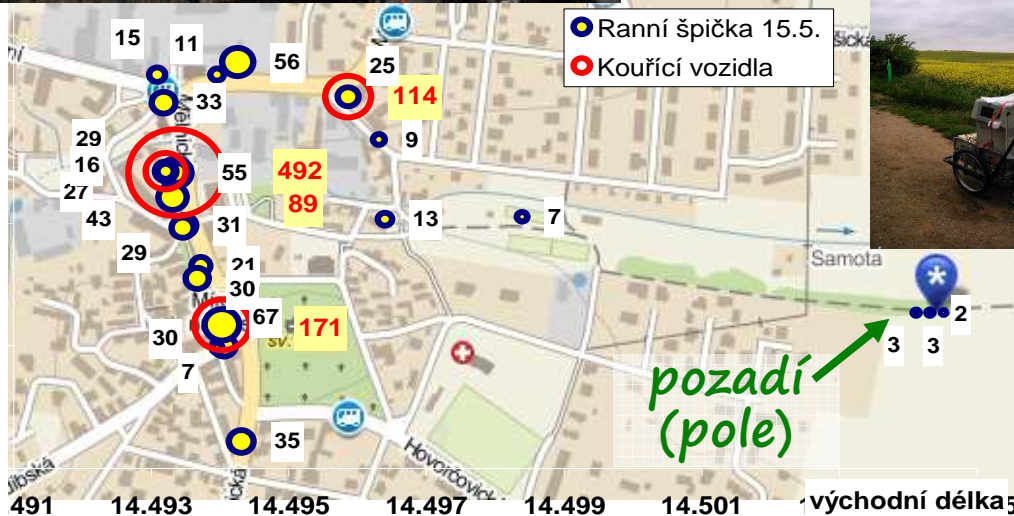


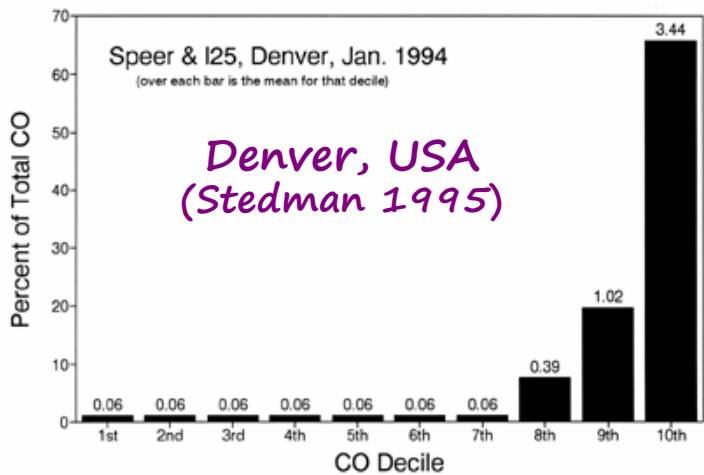


Koncentrace částic 10-500 nm ve venkovním ovzduší

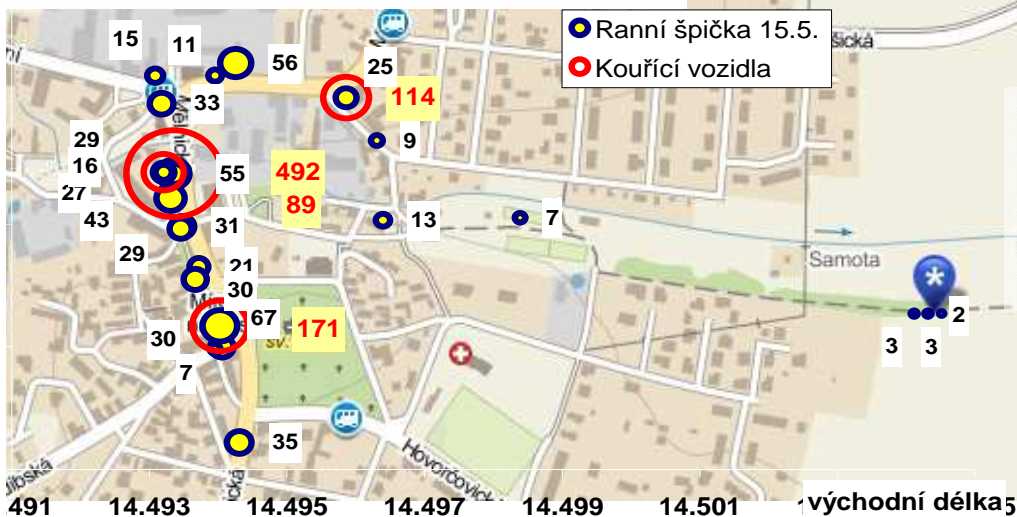
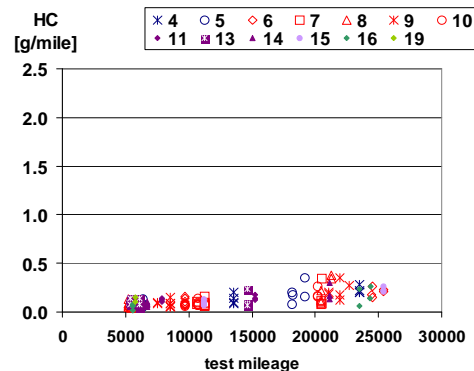
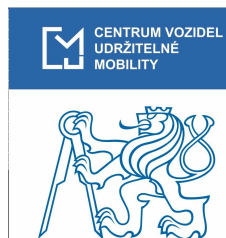
Spořilov
26. 3. 2014

Libeznice
15. 5. 2014

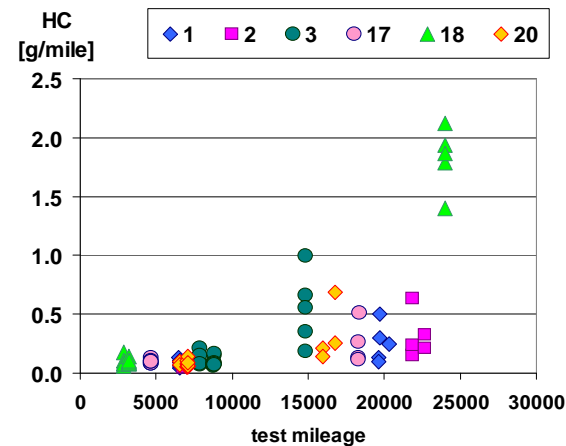




Velký podíl na znečištění má malá část vozů s vysokými emisemi



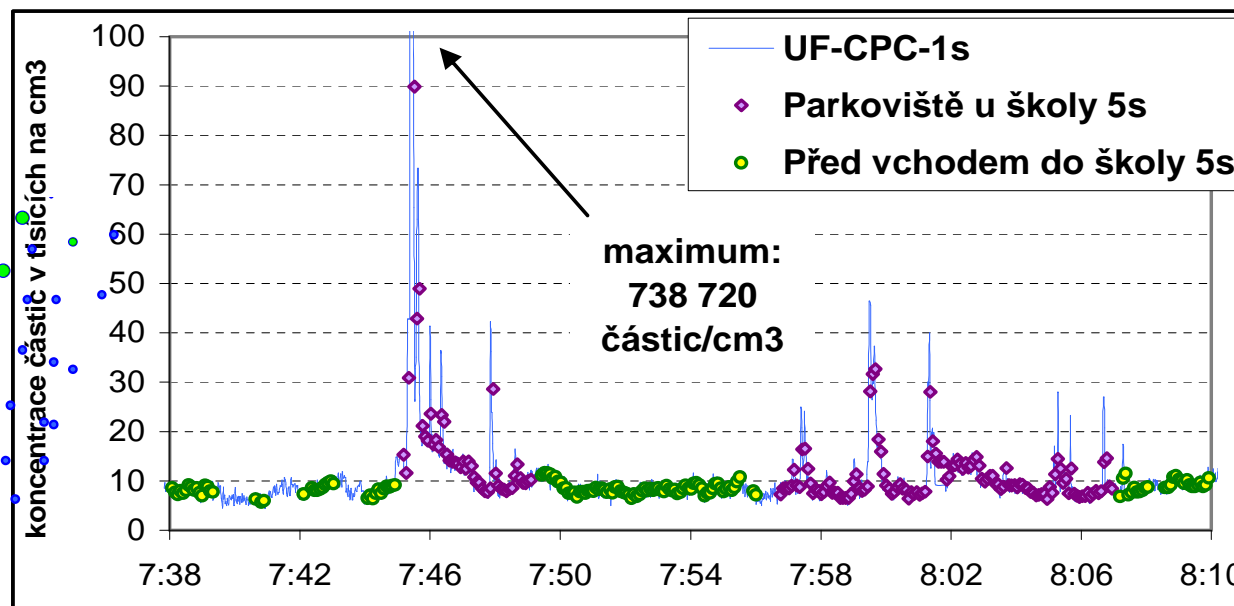
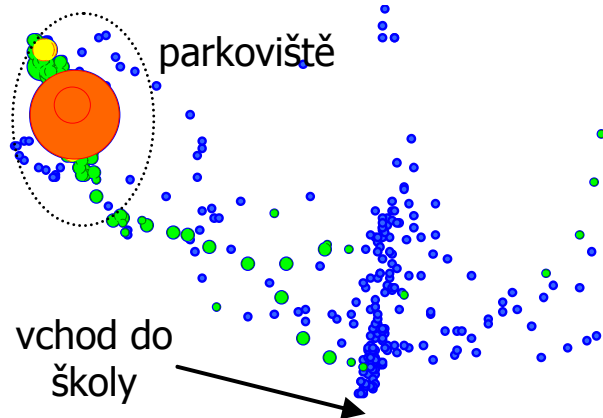
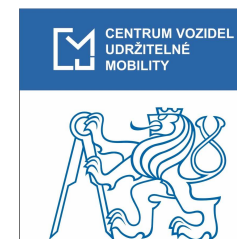
CNG autobusy
(měření autora, Pittsburgh, USA, 1996-99)





Měření u ZŠ Sion, Hr. Králové

Nejvyšší koncentrace částic na parkovišti u školy, většina částic z malé části automobilů

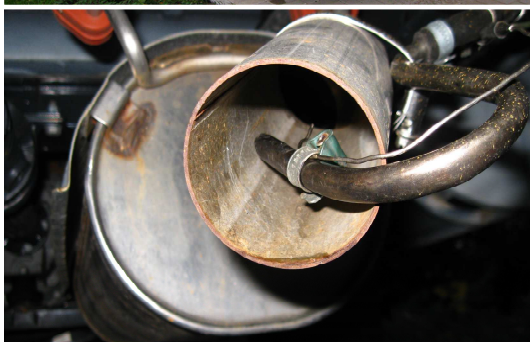


Potenciál technologie filtru částic: $< 10^{11}$ částic / kWh
Při 5-10 m³/kWh to odpovídá $< 10-20$ tisíc částic na cm³.
To je méně než podél silnic v ovzduší.

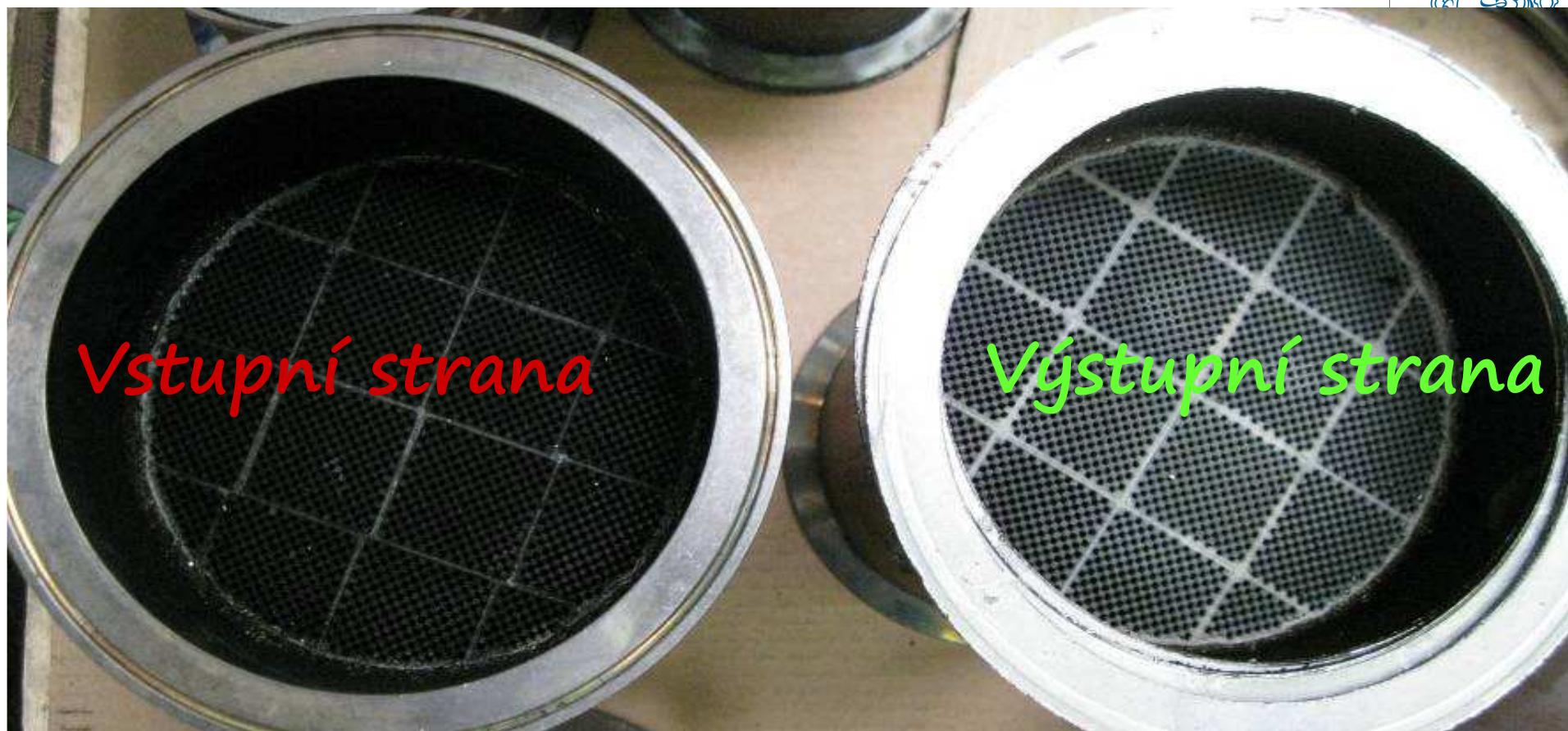


EURO 5 – DOC, DPF (particle filter), no SCR
2012 Iveco Daily, 3.0-liter Iveco engine

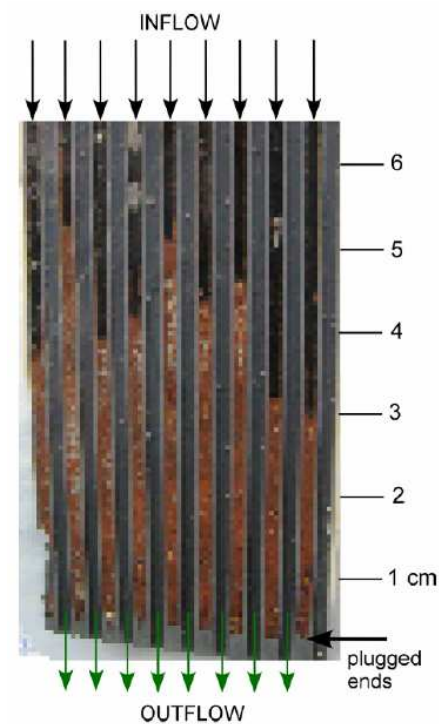
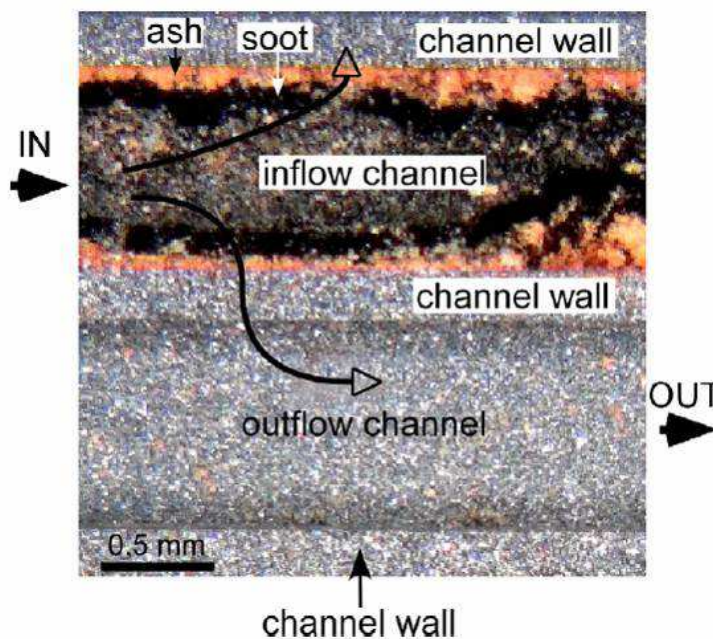
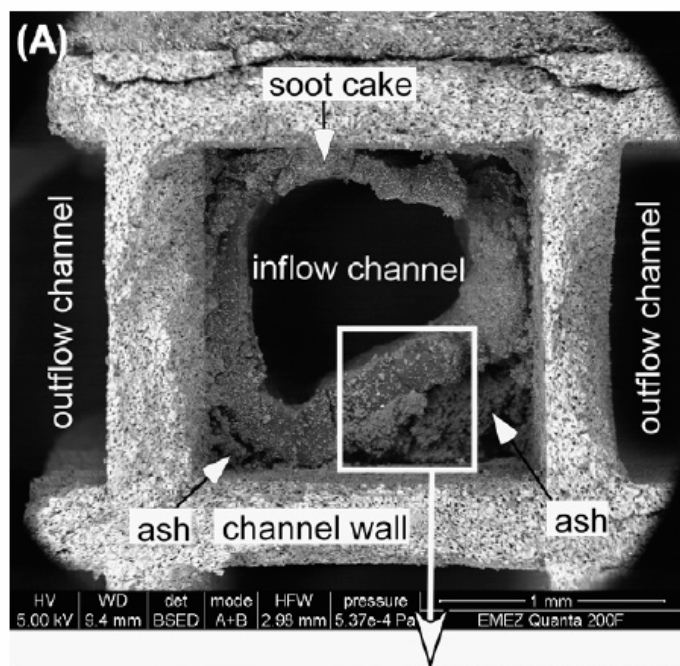
Emissions of particulate matter very low even during
1-hour idle and generally well below 1 mg/m³



Filtry částic - účinnost 90 až 99,99%

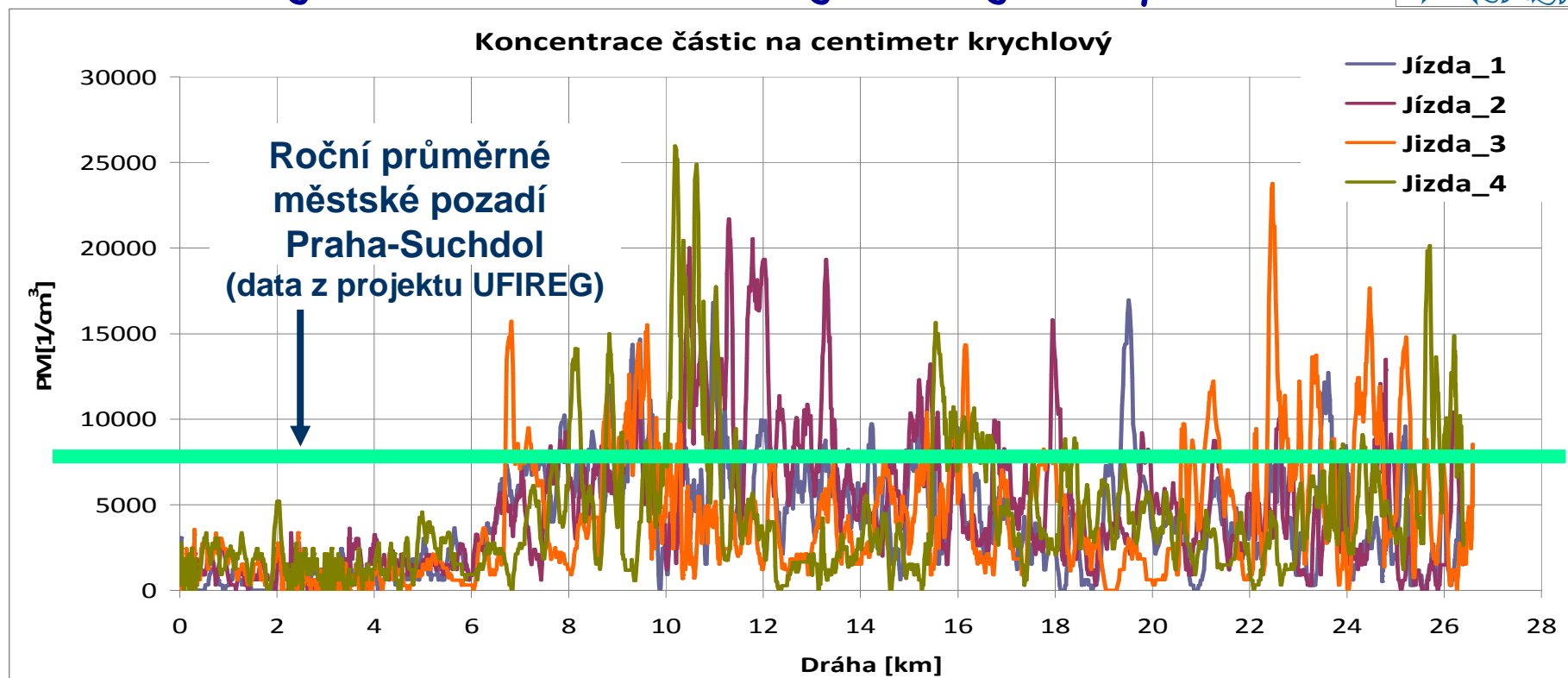


Filtr částic



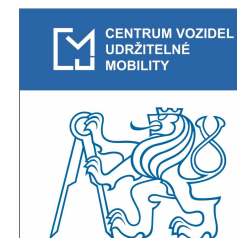
A. Liati, P. Dimopoulos Eggenschwiler / *Combustion and Flame* 157 (2010) 1658–1670

Koncentrace částic ve výfukovém potrubí Nákladní vůz, dieselový motor Euro 6 Říčany – Kostelec nad Černými Lesy, listopad 2015



Oxidy dusíku (NO_x)

- Vznikají při vysokých teplotách z dusíku ve vzduchu
- Benzinové motory: redukce v třícestném katalyzátoru
 - přebytek vzduchu: vyšší emise NO_x
 - přebytek paliva: vyšší emise částic
- Naftové motory:
 - V motoru vzniká NO , NO_2 se „vyrábí“ v oxidačním katalyzátoru pro spalování částic (sazí), červenohnědý plyn leptající sliznice
 - Snížení o desítky % recirkulací (EGR) (vyšší emise částic)
 - Snížení o desítky % zpožděním vstřiku paliva (vyšší spotřeba a částice)
 - Zásobníkový katalyzátor (záchyt + pravidelná redukce při provozu bez přebytku vzduchu) (vyšší spotřeba paliva)
 - Selektivní redukční katalyzátor (SCR): do výfuku dávkován roztok močoviny, ta se rozkládá na amoniak (NH_3), NH_3 reaguje s NO a NO_2 , vzniká dusík, účinnost až 99%, nutné přesné řízení!!!



Nízké emise oxidů dusíku (NO_x) jsou reálně dosažitelné
Naftový autobus SOR CN12 Euro 6 – letiště Hradčany
Měření ČVUT&TUL při testech Centra dopravního výzkumu a TUV SUD



Průměrné hodnoty Braunschweig cycle: 195 mg/km NO_x.

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 !!!**

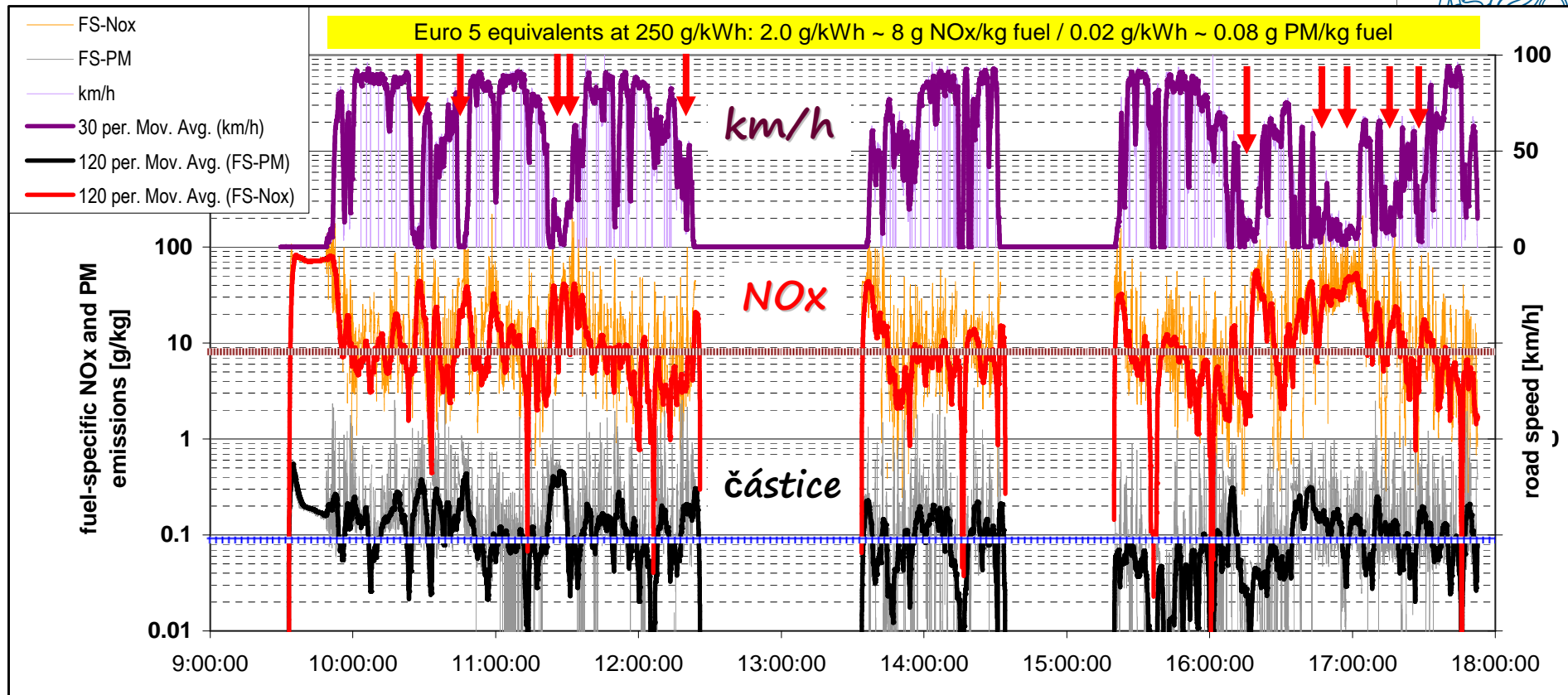
Proč jsou emise v reálném provozu vyšší oproti homologačním testům (typové schválení)



- *Technická omezení – teplota katalyzátoru, teplota, průtok, složení výfukových plynů*
- *Nežádoucí dopady paliv a technologií*
- *„Neoptimální“ seřízení výrobcem*
 - *Level I: Víceemise v režimech nepokrytých cyklem*
 - *Level II: Víceemise i v režimech cyklu („DieselGate“)*
- *„Neoptimální“ seřízení a úpravy uživatelem*
 - *palivo navíc zpravidla zvýší výkon i když se úplně nespálí*
- *Stárnutí a poruchy*
 - *Nemusí být pozorovatelné – proto pravidelné technické kontroly*

Kongesce a pomalá jízda: Ochlazování SCR katalyzátorů

DAF XF1105, Euro 5, 540 tis. km, 39 tun, Pražský okruh



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

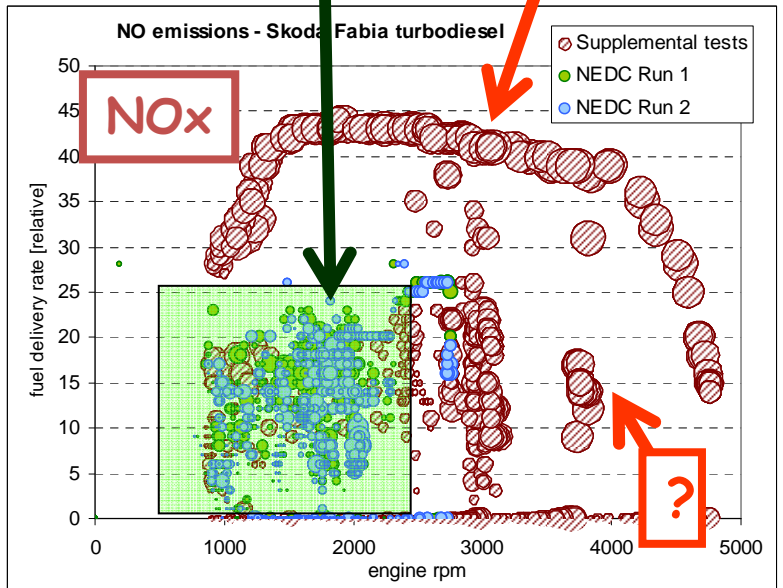
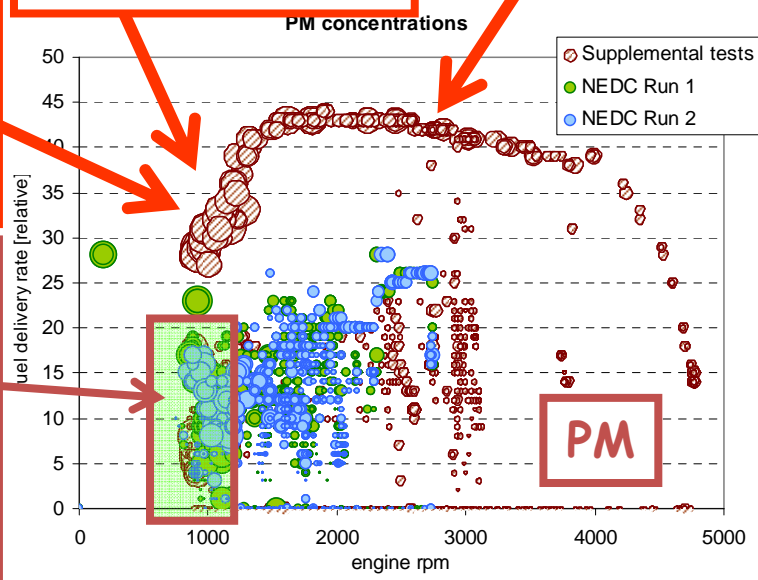
Emise zhoršeny nízkou účinností oxidačního katalyzátoru po delším volnoběhu

Požadavek potřebného přebytku vzduchu je protichůdný požadavku na vysoký výkon

NOx sníženy EGR (recirkulace výfukových plynů)

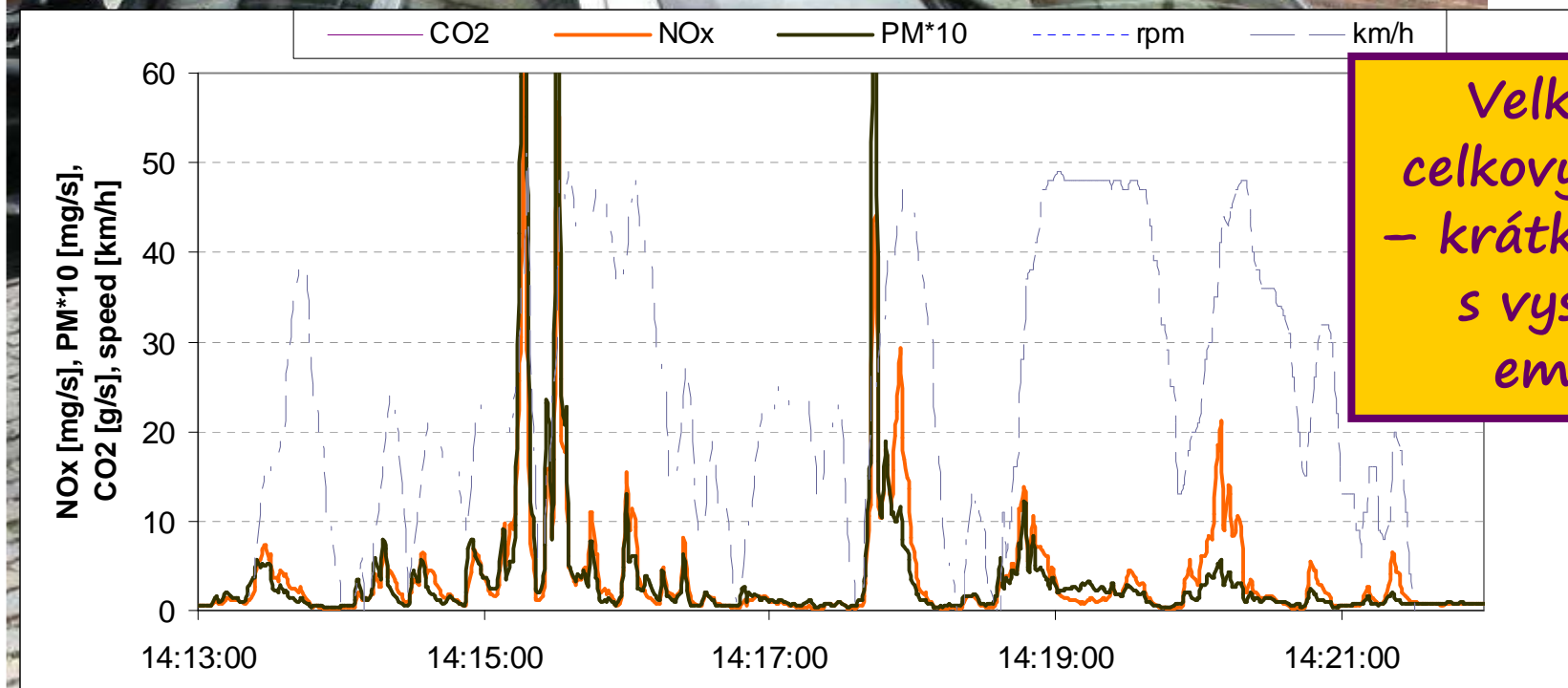
NOx: Použití EGR je protichůdné požadavku vyššího výkonu

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



Jízda po městě

Osobní automobil Škoda Octavia, naftový motor, 103 kW



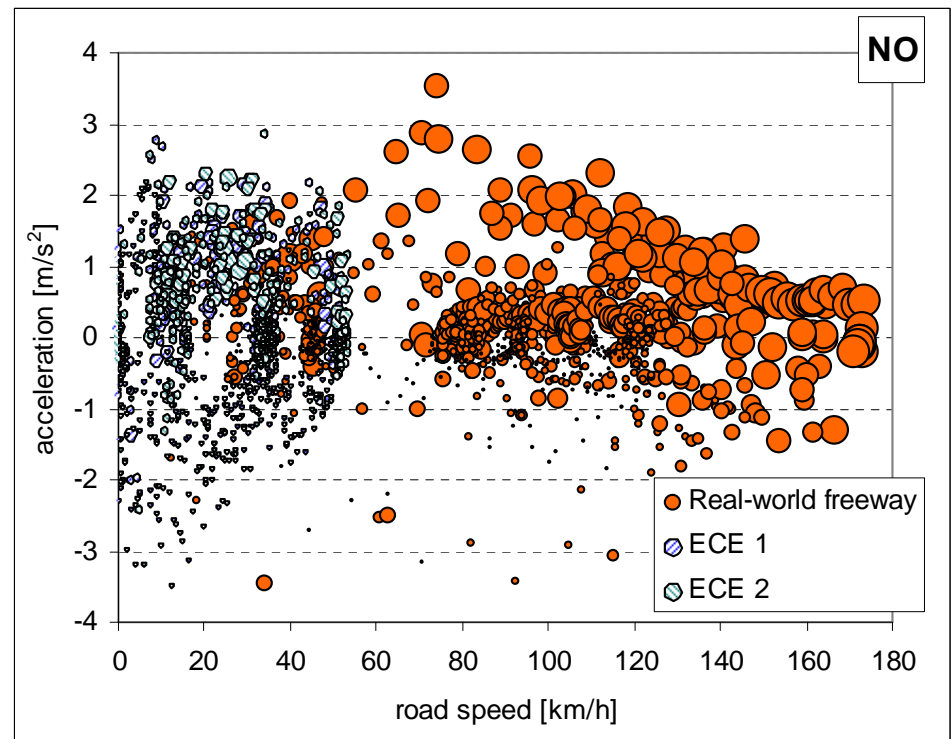
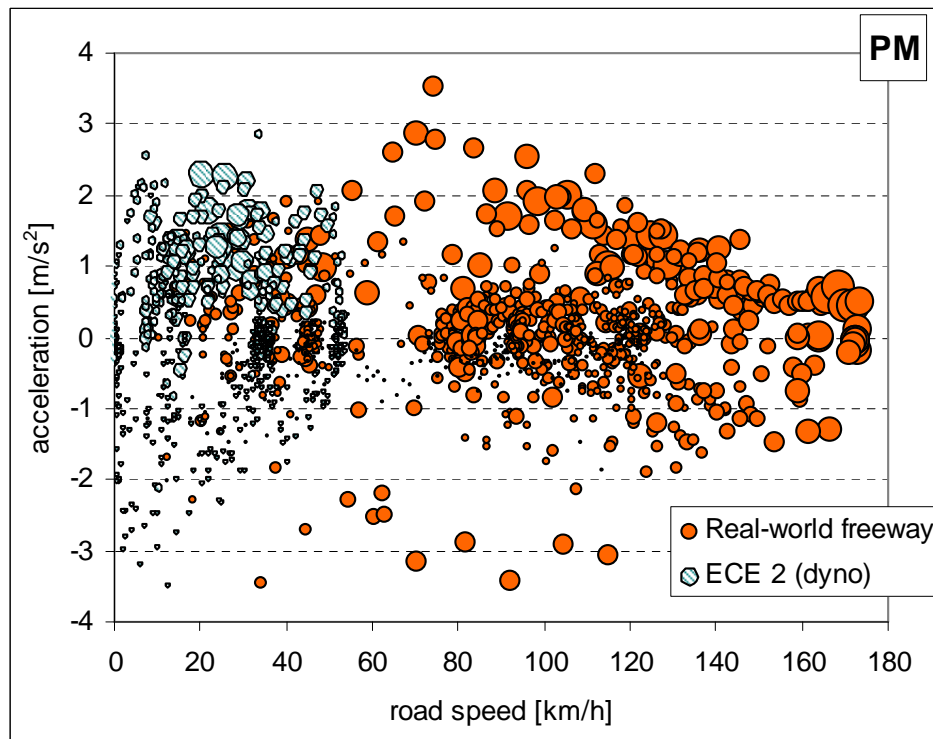
Velká část celkových emisí – krátké epizody s vysokými emisemi

Jízda po dálnici

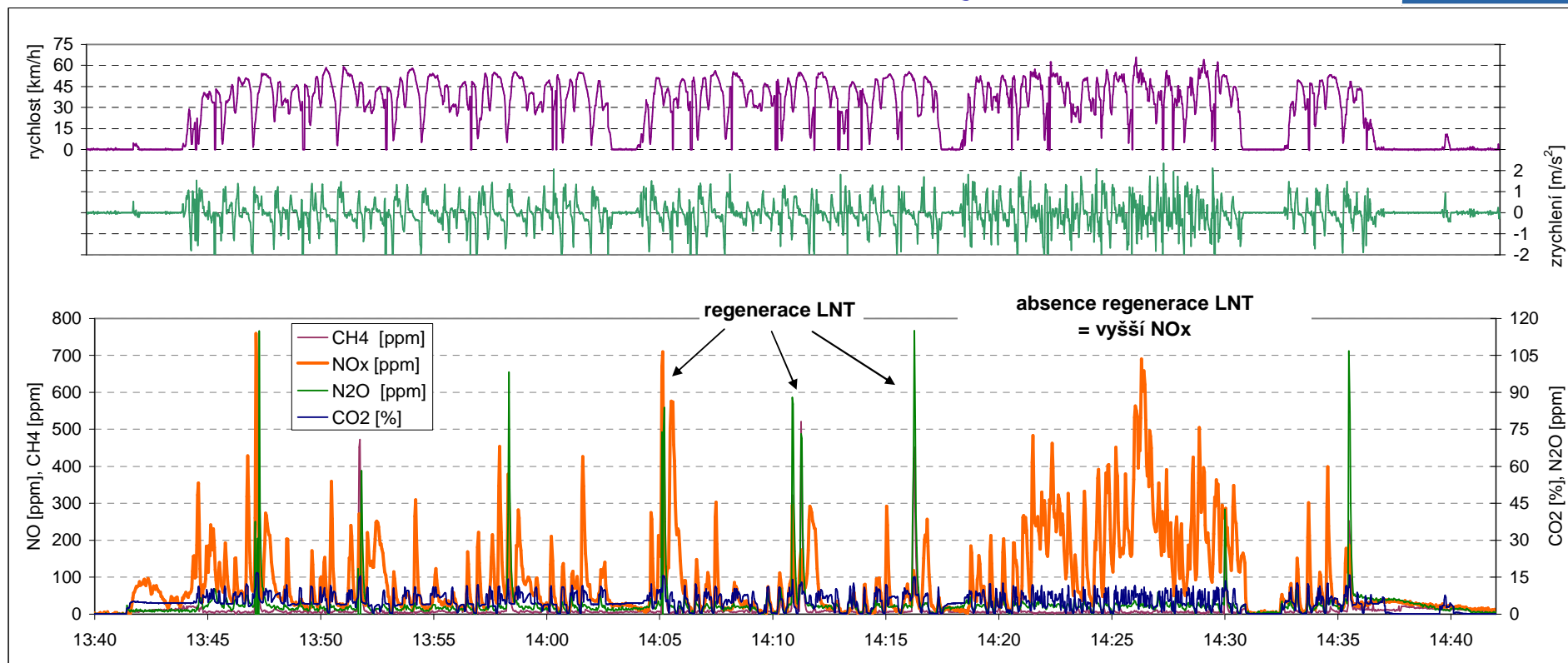
Osobní automobil Škoda Octavia, naftový motor Euro 4, 103 kW

Nad 120 km/h se emise částic a NOx prudce zvyšují...

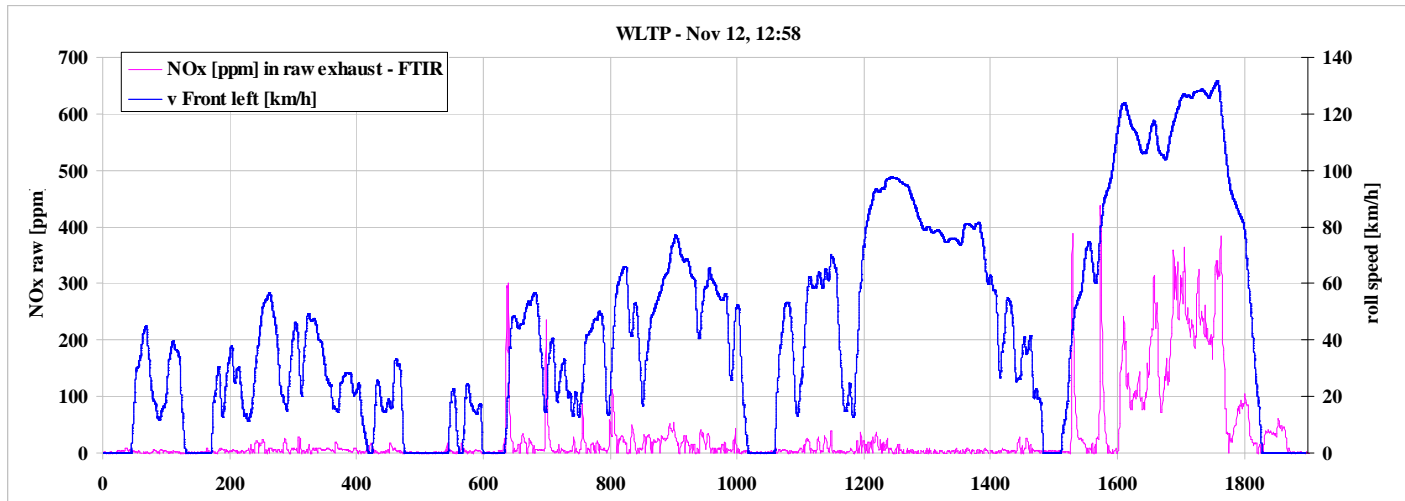
protiargument: takto se nejezdí v obydlených oblastech



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



Při dynamičtější jízdě nedocházelo k regeneraci zásobníkového katalyzátoru („úspora paliva“?) a emise NO_x byly výrazně vyšší.

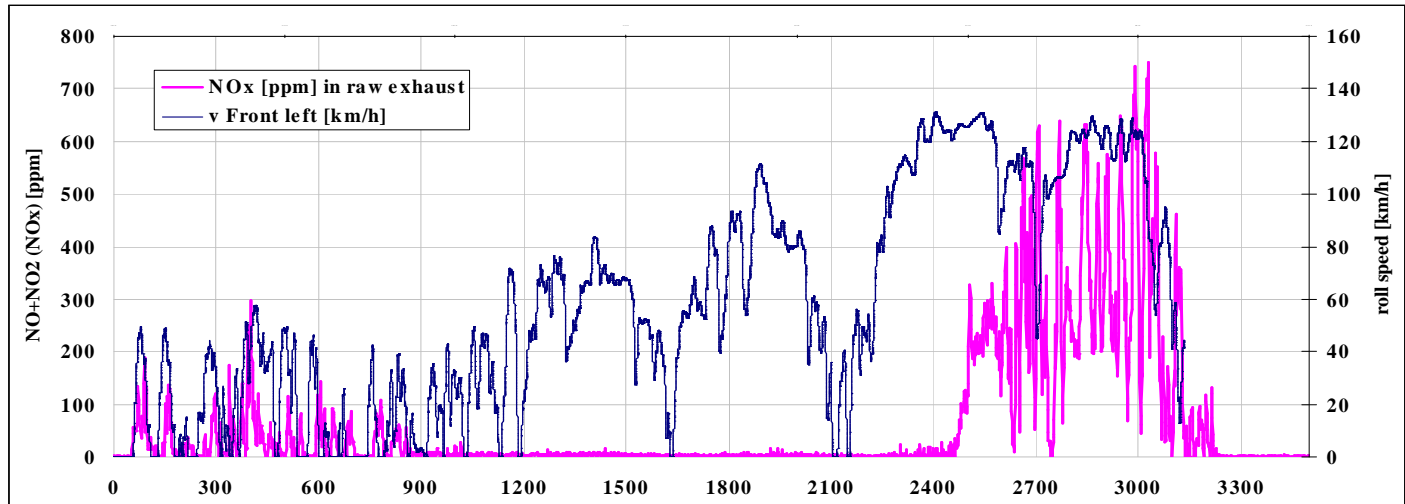


<- WLTP cyklus

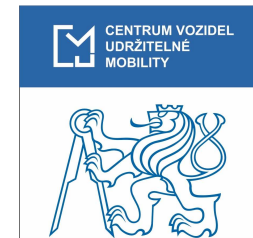
Koncentrace NOx
ve výfukových
plynech

Euro 6 automobil
r.v. 2015 (nafta)

<- CADC cyklus
(Artemis)

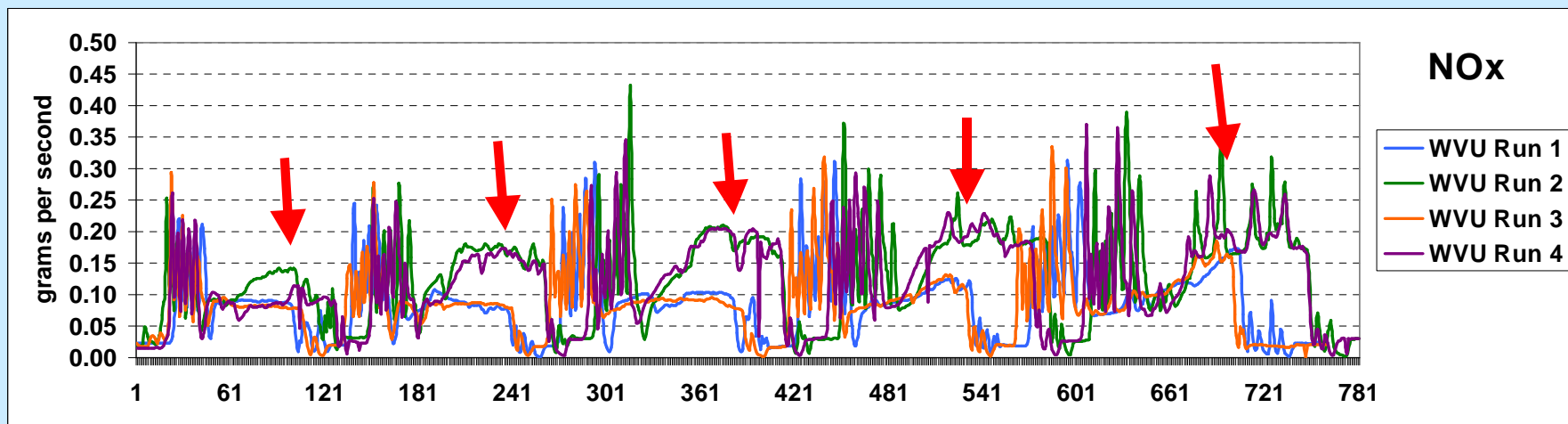


„DieselGate“: Detekuje-li motor, že není testován dle požadavků na typové schválení, upraví se řízení motoru (spalování a/nebo úprava výfukových plynů), s vedlejším důsledkem zvýšení NO_x

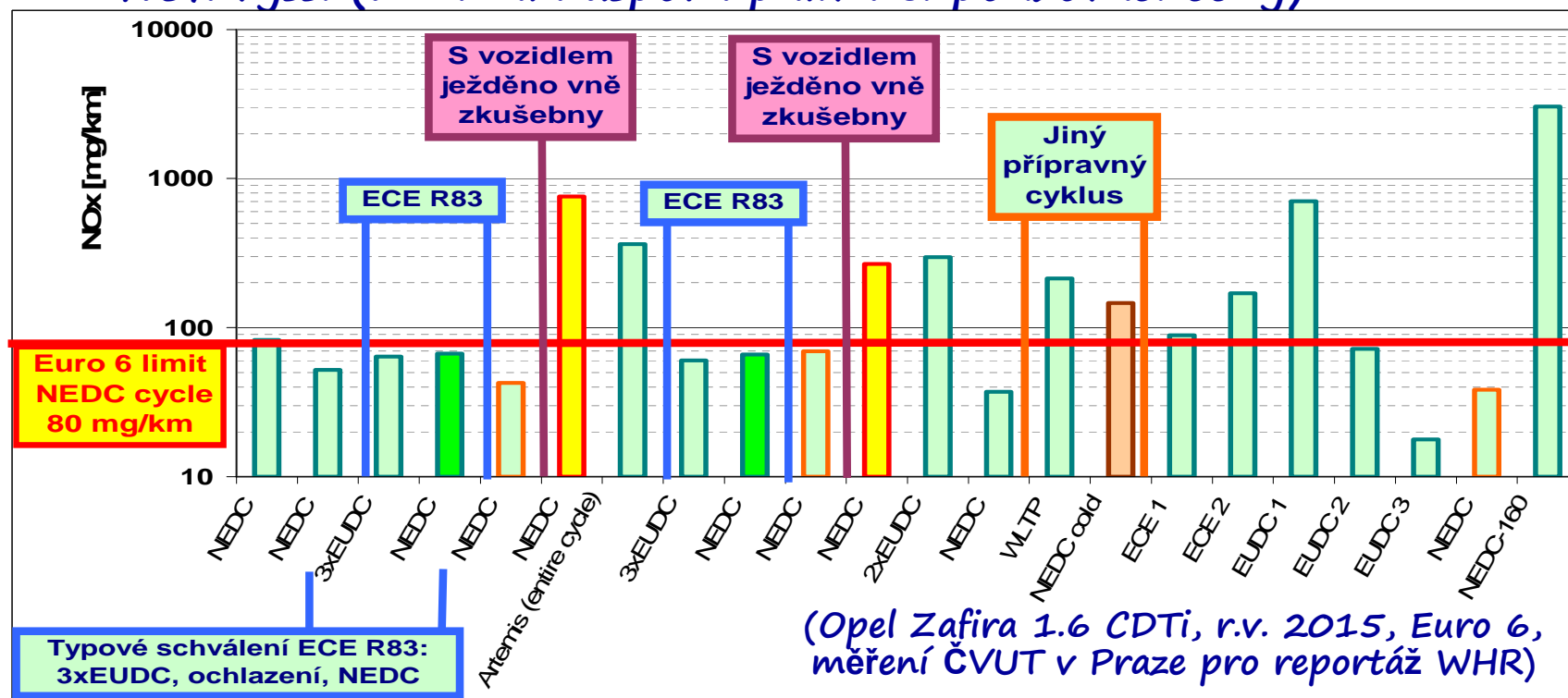
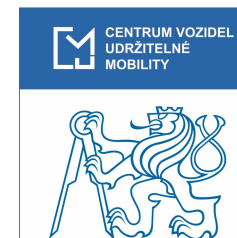


Run	Grams per cycle				
	NOx	HC	CO	CO2 [kg]	PM
1	65.31	94.30	11.32	5.92	0.256
2	100.05	92.49	11.84	6.44	0.305
3	65.29	91.88	18.52	6.15	0.296
4	95.31	93.74	16.50	6.35	0.314

(Nákladní vozidlo, měřeno autorem v USA před více než 10 lety)

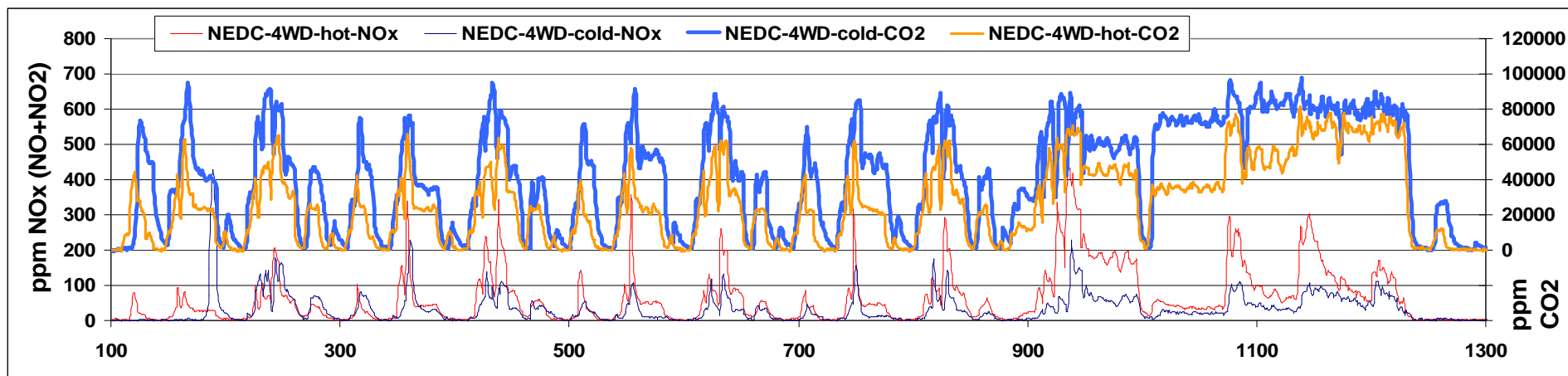
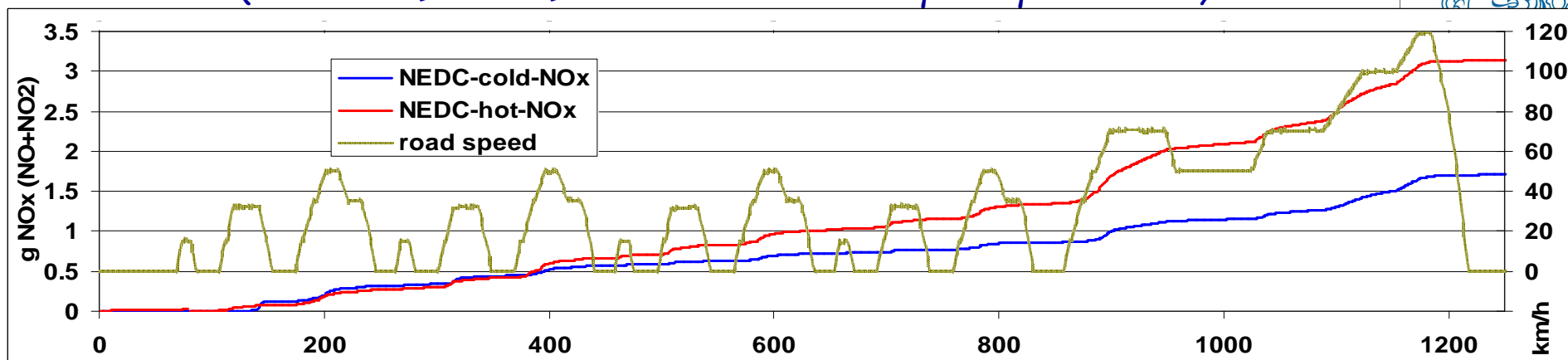


„DieselGate“: Detekuje-li motor, že je testován dle požadavků na typové schválení, plní limity pro NOx, zatímco za jiných podmínek – ale ve stejných provozních režimech – jsou emise NOx vyšší (? – malá úspora paliva či pořizovací ceny)



(Opel Zafira 1.6 CDTi, r.v. 2015, Euro 6, měření ČVUT v Praze pro reportáž WHR)

„DieselGate“: NEDC s nízkými NOx a s EGR, a opačně (VW Passat, Euro 5, měření ČVUT v Praze pro reportáž BBC)



Odstranění DPF: Krátkozraké řešení

Problém s DPF je zpravidla
důsledkem jiných problémů
s motorem



Typický
stavební
stroj,
Švýcarsko

ODSTRANĚNÍ DPF
Konečné řešení Vašich problémů

Odstranění DPF se zárukou

Plnění emisních norem EU

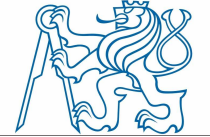
???

Vozidlo neplní EU legislativu
(jiné než schválené provedení)

česká
„realita“?

Dodatečná montáž DPF

Proč je nutná pečlivá údržba a emisní kontroly



- Nízkoemisní technologie je složitá, pokud vše nepracuje správně, emise mohou být vysoké !!!
- Problémem nejsou ani tak staré motory, jako motory ve špatném stavu.
- Automobil – s filtrem: ~ 0.001 g/km i méně částic
– bez filtru, seřízený: $\sim 0.02-0.1$ g/km částic
- Automobil kouřící, ve špatném stavu, neseřízený, neodborně přečipovaný: „Hulí ~~jako~~ lokomotiva“
 $\sim 0.5-5$ a více g/km **více než**
- **Stará dieselová lokomotiva: $0.4-1.1$ g/km částic**
– ČKD 749 107-9, r.v. 1968, 163 litrů objem



Proč je nutná pečlivá údržba a emisní kontroly



- Cílem emisní legislativy EU je především chránit lidské (tj. naše) zdraví.
- Velká část celkových emisí pochází z malé části vozidel.
- Cíl technických kontrol: tyto nalézt a opravit.
- Je to mnohem levnější než další zpřísňování emisních limitů.
- Logika některých (spíše ne technicky orientovaných) voličů a politiků: Vzduch stále špatný? Ještě více zpřísnit emisní limity. Nelze již zpřísnit? Tak (naftové?) motory zakažte!
- „Udržitelná mez“ emisí: Pro částice není „bezpečná“ hodnota. Doporučení zdravotníků a limity US EPA poloviční oproti limitům EU. Je mnohem nižší, než současné hodnoty. Můžeme začít tím, že budeme pečlivě udržovat motory, jezdit rozumně, a nepřetěžovat dopravní síť.