

Kolik nanočástic vdechujeme ve škole a kolem ní?



Michal Vojtíšek*, Erik Zoubek, Eliška Hrnčiariková, Lukáš Kuneš, Jakub Sýkora,
Adam Černík, Šimon Peterka, Michal Vojtíšek, Eliška Víravová

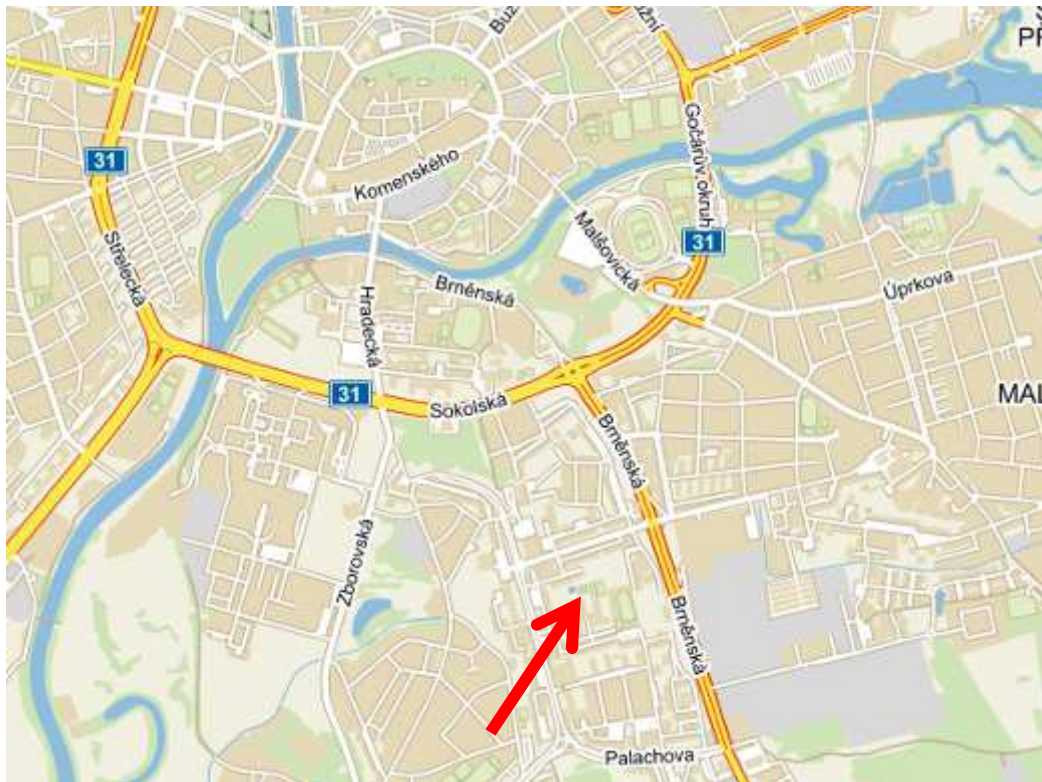
Základní škola Sion J. A. Komenského v Hradci Králové, Na Kotli 1201, 500 09 Hradec Králové

* Centrum vozidel udržitelné mobility, Fakulta strojní ČVUT v Praze, michal.vojtisek@fs.cvut.cz, tel. (+420) 774 262 854

Den vědeckých pokusů na ZŠ SION J.A.Komenského, Hradec Králové, 23. ledna 2015

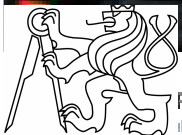
Prezentace výsledků – Ovzduší 2015, Brno, 20.-22.4.2015

Lokalita ZŠ Sion



Proč nás zajímají částice?

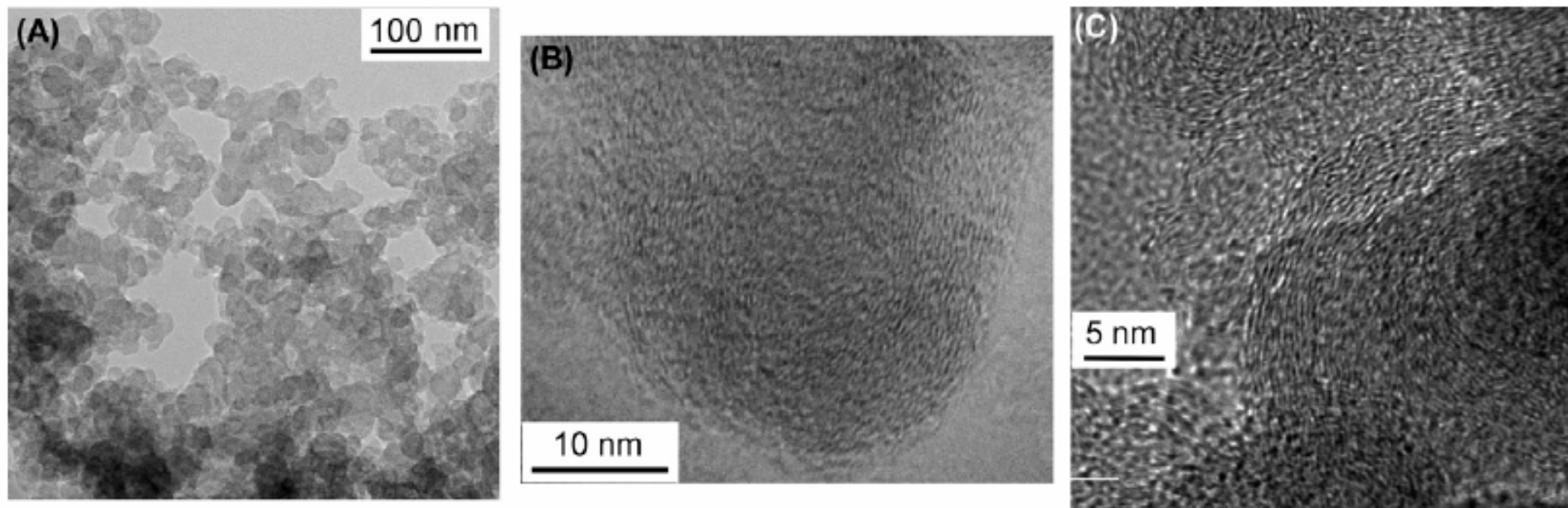
**Částice a ozon v přízemních
vrstvách atmosféry jsou příčinou
cca 406 tisíc předčasných úmrtí
v EU ročně
(dopravní nehody „jen“ 39 tisíc)**



Spalovací motory – hlavní zdroj nanočástic

Částice ve výfukových plynech naftového motoru

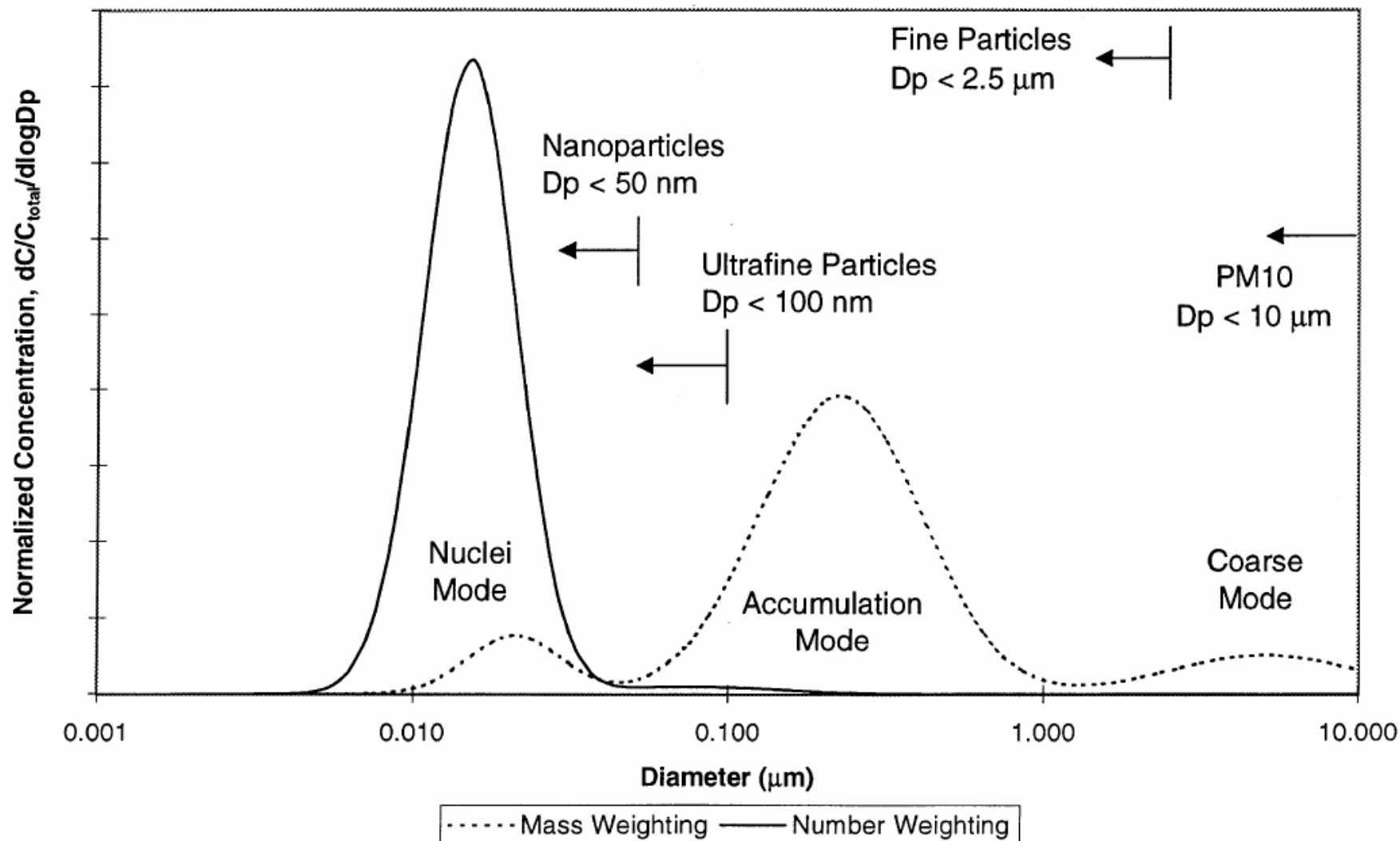
Zvětšíme-li tyto částice na velikost zrnka máku, částice o průměru 10 mikrometrů (součást PM10) bude velká jako meloun.



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

Spalovací motory – hlavní zdroj nanočástic

Typické velikostní spektrum částic - vznětové motory



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



Kolik nanočástic vdechujeme ve škole a kolem ní?
Den vědeckých pokusů na ZŠ Sion // Ovzduší, Brno, 20.-22.4.2015

Spalovací motory – hlavní zdroj nanočástic

Fractional Deposition of Inhaled Particles (Oberdörster)

Zachycovací účinnost dýchacího systému

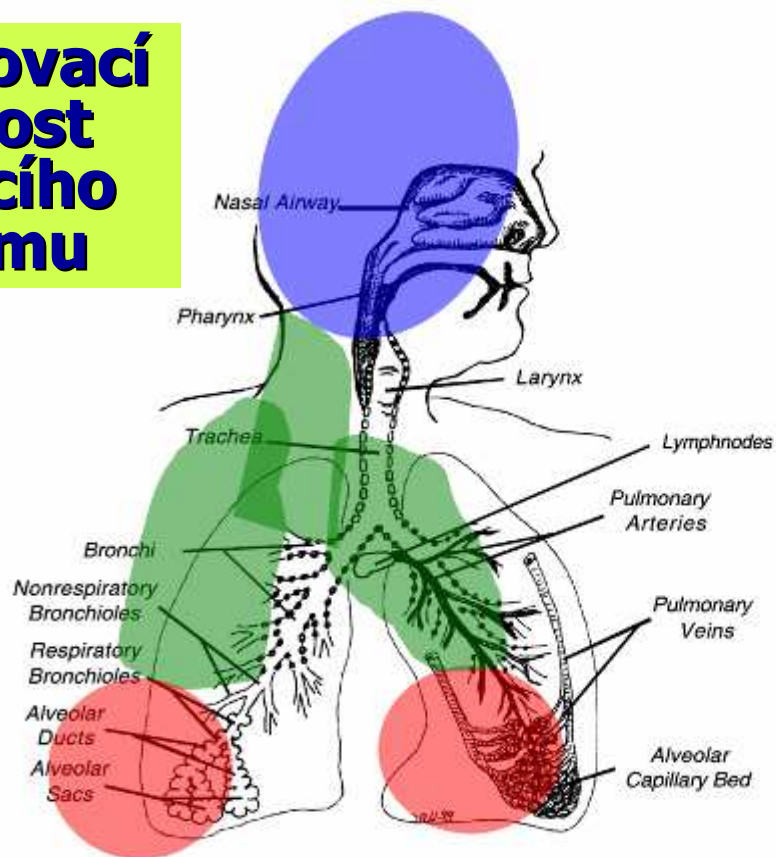
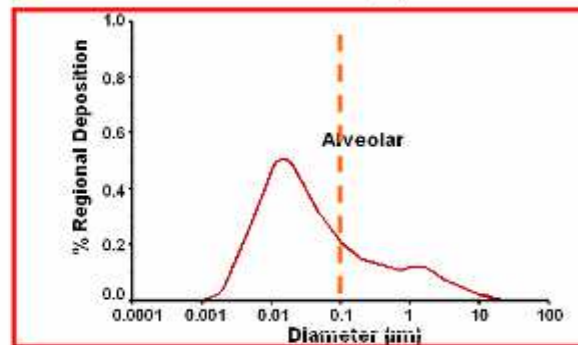
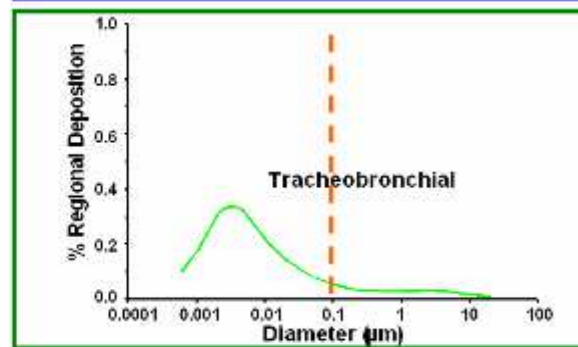
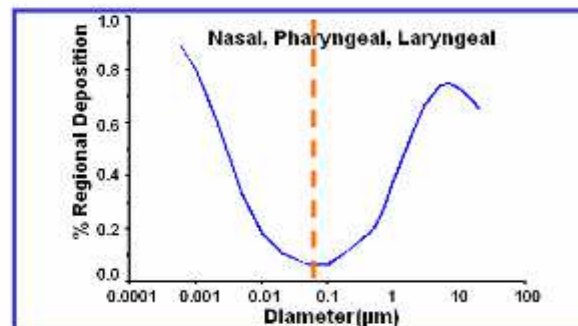


Figure courtesy of J.Harkema



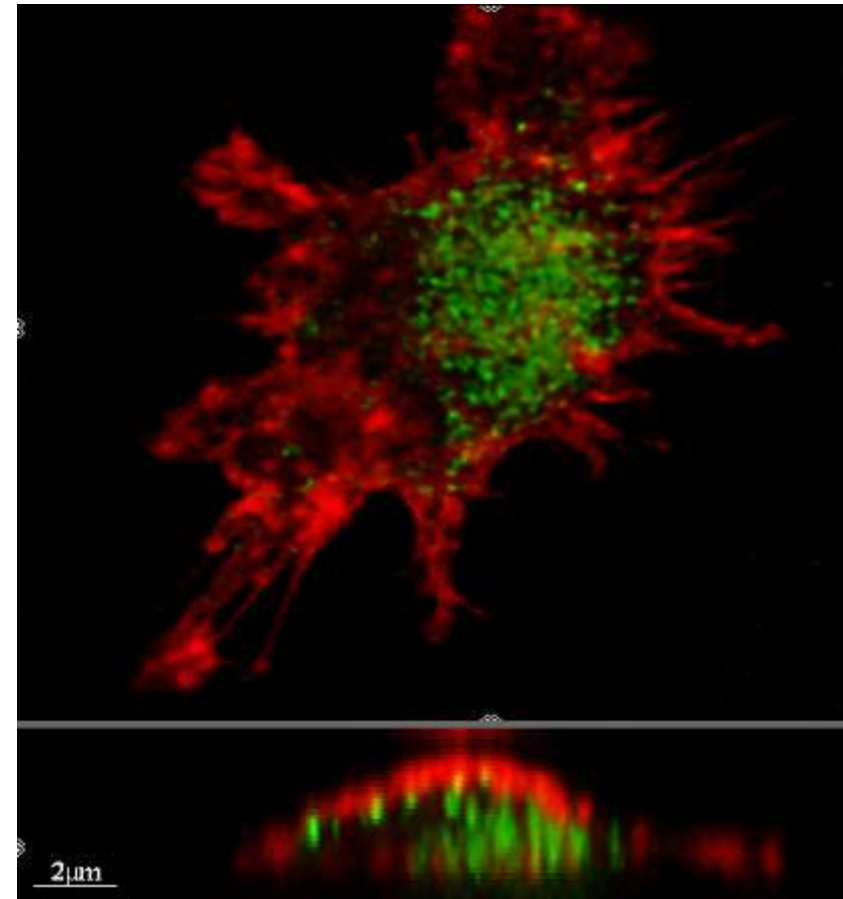
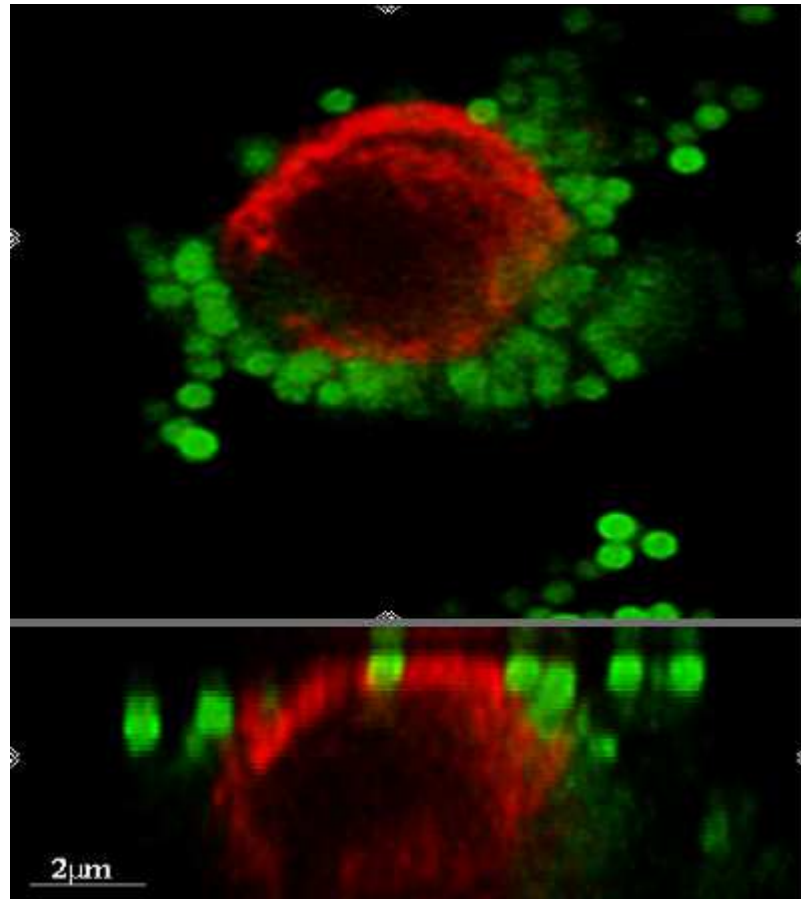
A. Mayer, 12th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, Zurich, 2008

Spalovací motory – hlavní zdroj nanočástic

Pronikání velmi jemných částic (desítky nm) buněčnou membránou

■ 1000 nm
Polystyrene Particles

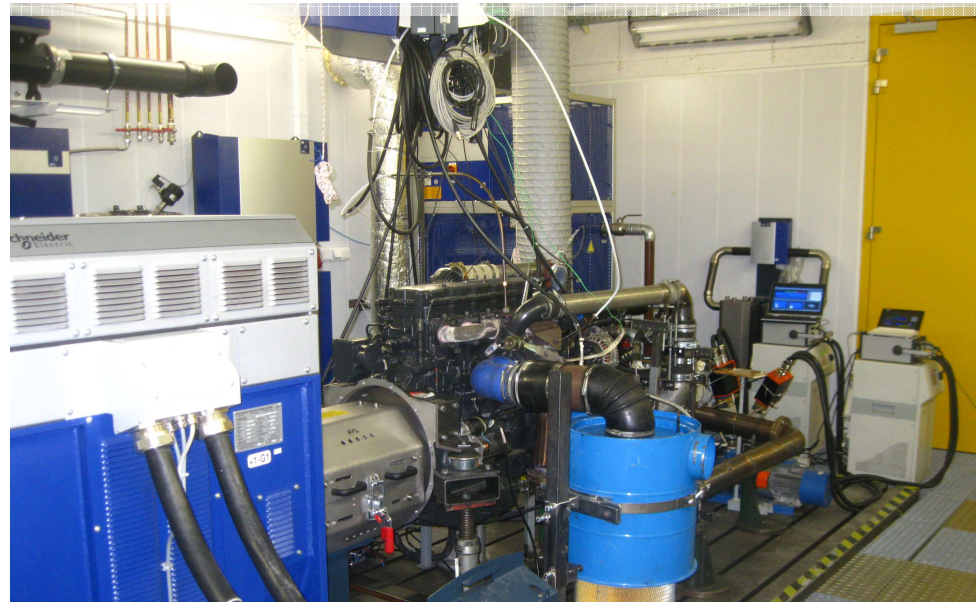
■ 78 nm
Polystyrene Particles



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

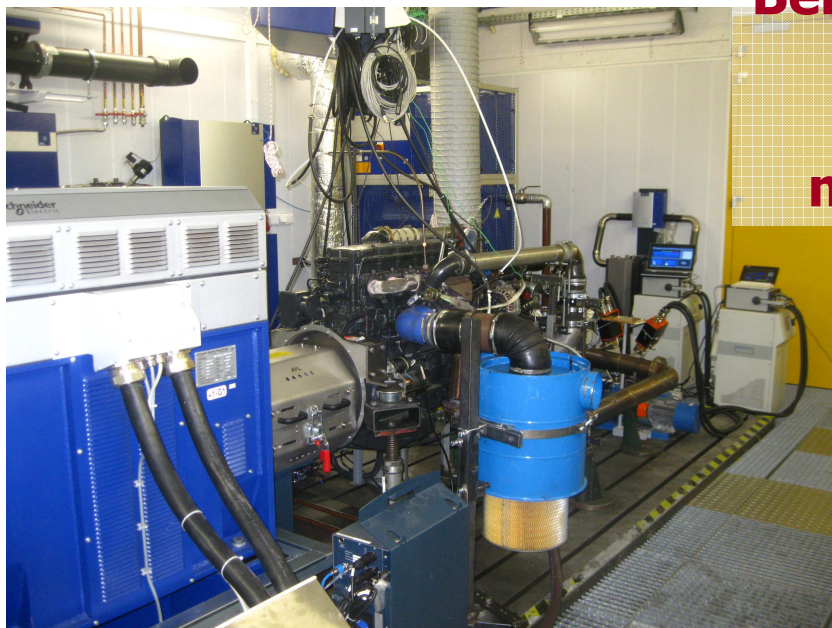
S čím si hrajeme v naší laboratoři

Online měření částic
VTP Roztoky (ČVUT v Praze)



Vzorkování částic ve VTP Roztoky (nové laboratoře ČVUT v Praze)

**Benzinové a naftové automobily a motory,
klasická a alternativní paliva,
klasické i neregulované emise,
měření & vysokoobjemové vzorkování**



S čím si hrajeme v naší laboratoři

Představení... Co děláme... Měření emisí za reálného provozu

... měření nanočástic ve výfukových plynech a jejich vzorkování 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, ...)

S čím si hrajeme v naší laboratoři

Měření emisí za reálného provozu – projekt MEDETOX

... měření nanočástic ve výfukových plynech a jejich vzorkování pro toxikologické analýzy



Rychlý klasifikátor
částic (EEPS)

Přenosný systém – PEMS
CO, CO₂, NO, NO₂,
částice

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

S čím si hrajeme v naší laboratoři

**Měření autobusu za provozu
(s tímto přívěsem měří Centrum dopravního výzkumu)**



S čím si hrajeme v naší laboratoři

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



Škola hrou: Studentský projekt TU v Liberci n-butanol a isobutanol jako alternativní paliva



Sériově vyráběný benzinový motor provozovaný na E85, butanol, isobutanol, ...



**Dopady nových paliv na emise, ovzduší, zdraví:
FTIR měří formaldehyd, acetaldehyd, CH₄, N₂O, NH₃, NO, NO₂, CO, CO₂...**

Škola hrou: „Vysmažený“ fritovací olej jako palivo



**Měření emisí -
San Diego,
Kalifornie - VW
Jetta - použitý
fritovací olej**



Možnosti současné technologie naftových motorů: Ve výfuku méně / stejně částic než ve vzduchu

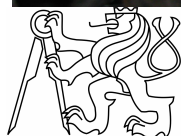
Euro 5 limit: 5 mg/kWh \sim 1 mg/m³

Euro 6 limit: 6x10¹¹ částic/kWh \sim 10⁵ částic/cm³



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

**Tento vůz a např. autobusy v New Yorku:
Méně částic na m³ ve výfuku než v
ostravském vzduchu v zimě**



A co malé motory? Třeba sekačky? Měření emisí částic malých motorů

Benzinové motory také produkují částice
Malé motory – levné, jednoduché technologie
- těsná blízkost operátora
- neexistující emisní limity pro částice

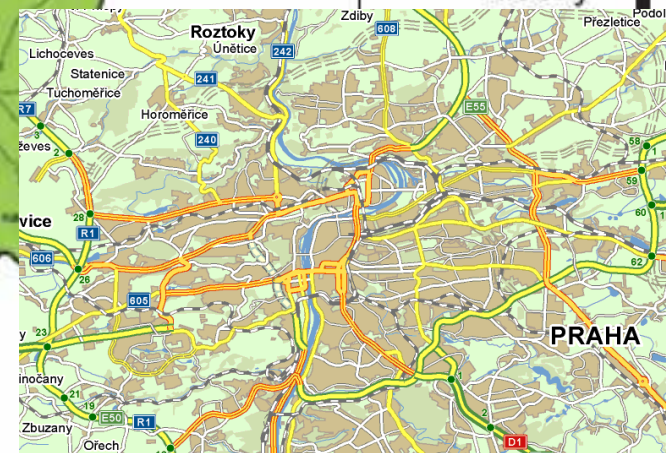


Spálením 1 litru benzínu v malém motoru vznikne stejně částic jako spálením stovek až tisíců litrů nafty v Euro 6 autobusu.

Jsou koncentrace částic všude stejné?

suspendované částice frakce PM₁₀

**Prostorové rozložení imisí PM₁₀
(ATEM / Praha – Životní prostředí 2009)**



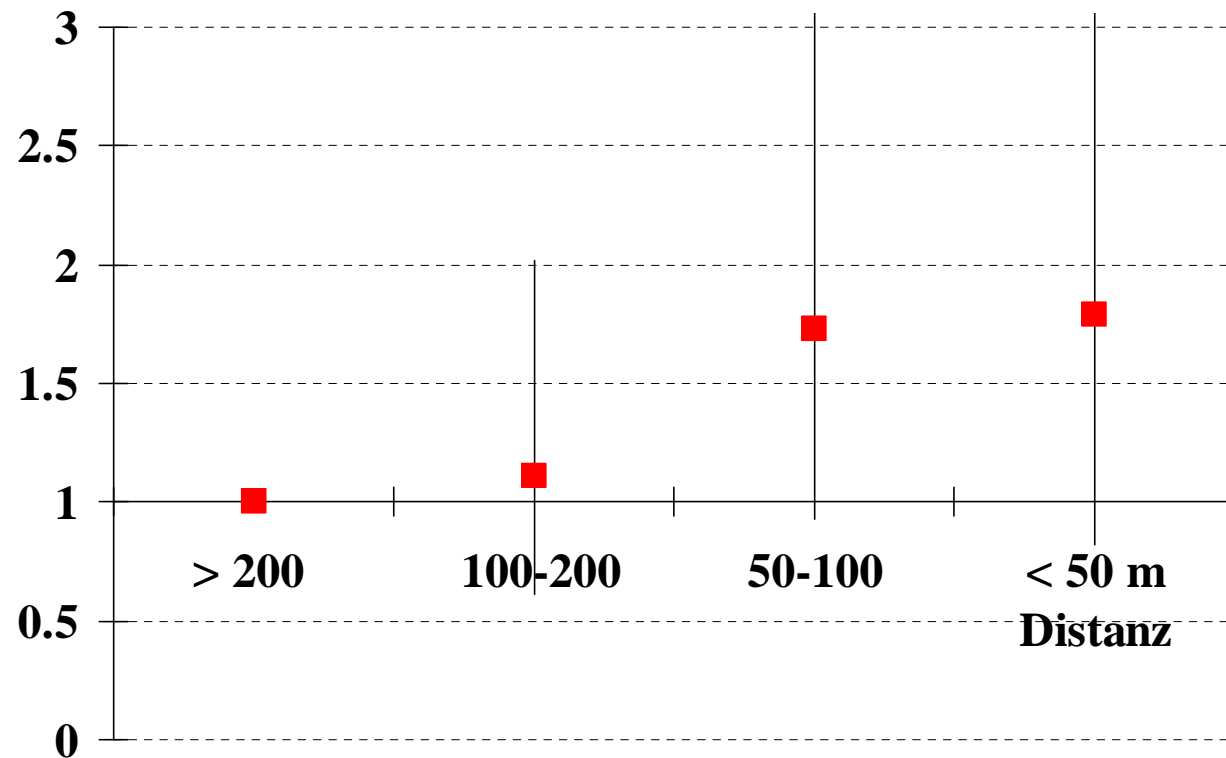
Částice, a s nimi spojená rizika, jsou koncentrovány v těsné blízkosti dopravních tahů

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)**

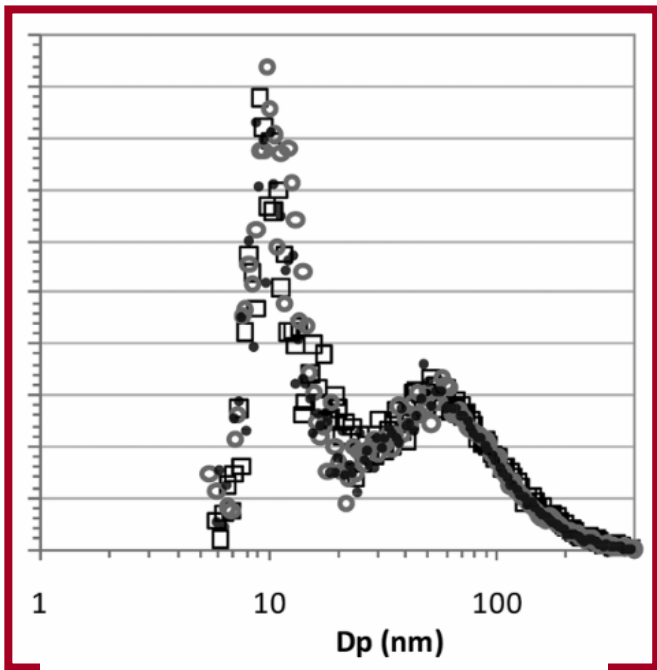


Risiko OR



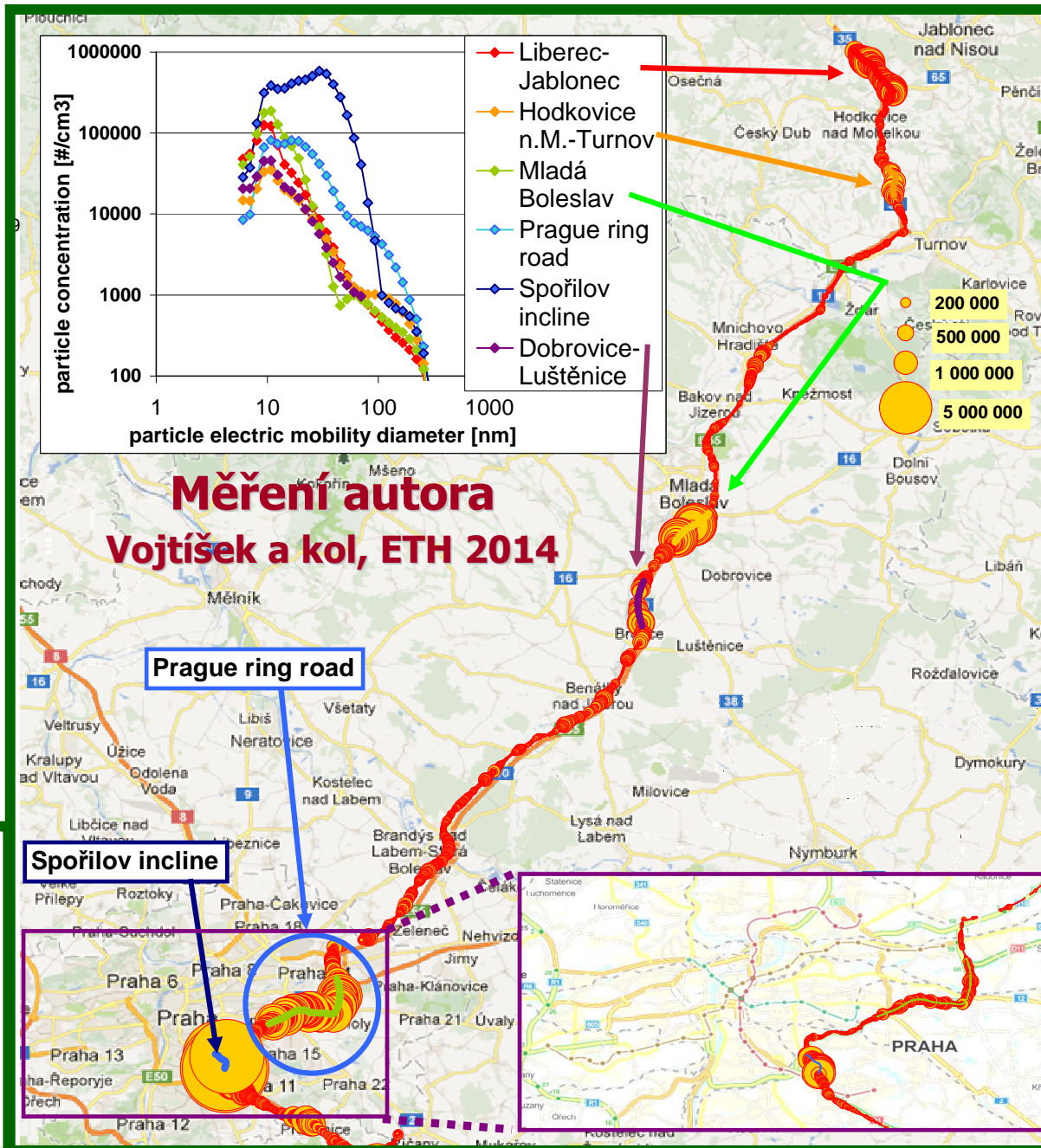
Hoffmann 2006

Velikostní spektra



Naftový motor
Ronkko a kol, EST 2013

Velikostní spektra a počet částic 5-500 nm cca 1,5 m nad silnicí



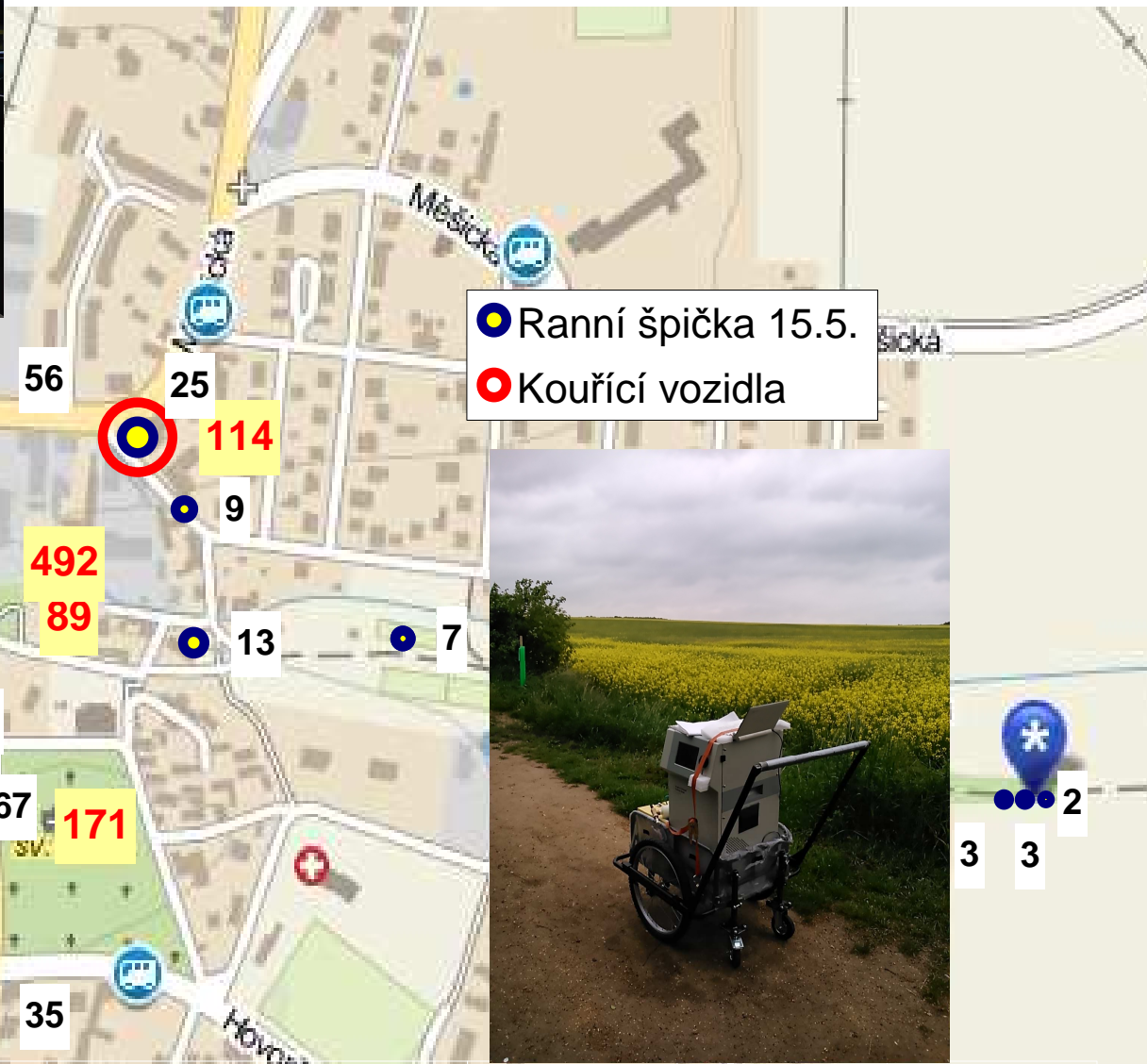
Měření autora
Vojtíšek a kol, ETH 2014



Měření
Líbeznice, 12.-15.5.2014
Engine Exhaust Particle Sizer
velikostní spektra 5-560 nm
(průměr dle mobility v elektrickém poli)
+ GPS (poloha), baterie, měnič, notebook



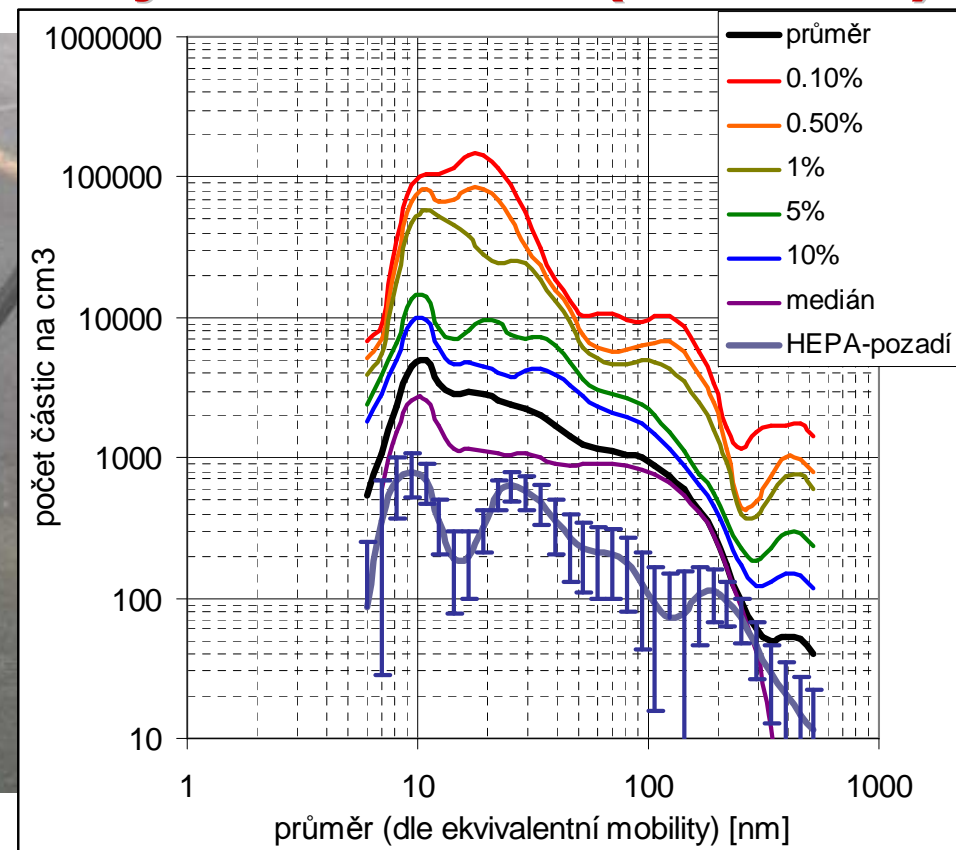
Celkové počty částic 10-500 nm Líbeznice, 15. 5. 2014, ranní špička



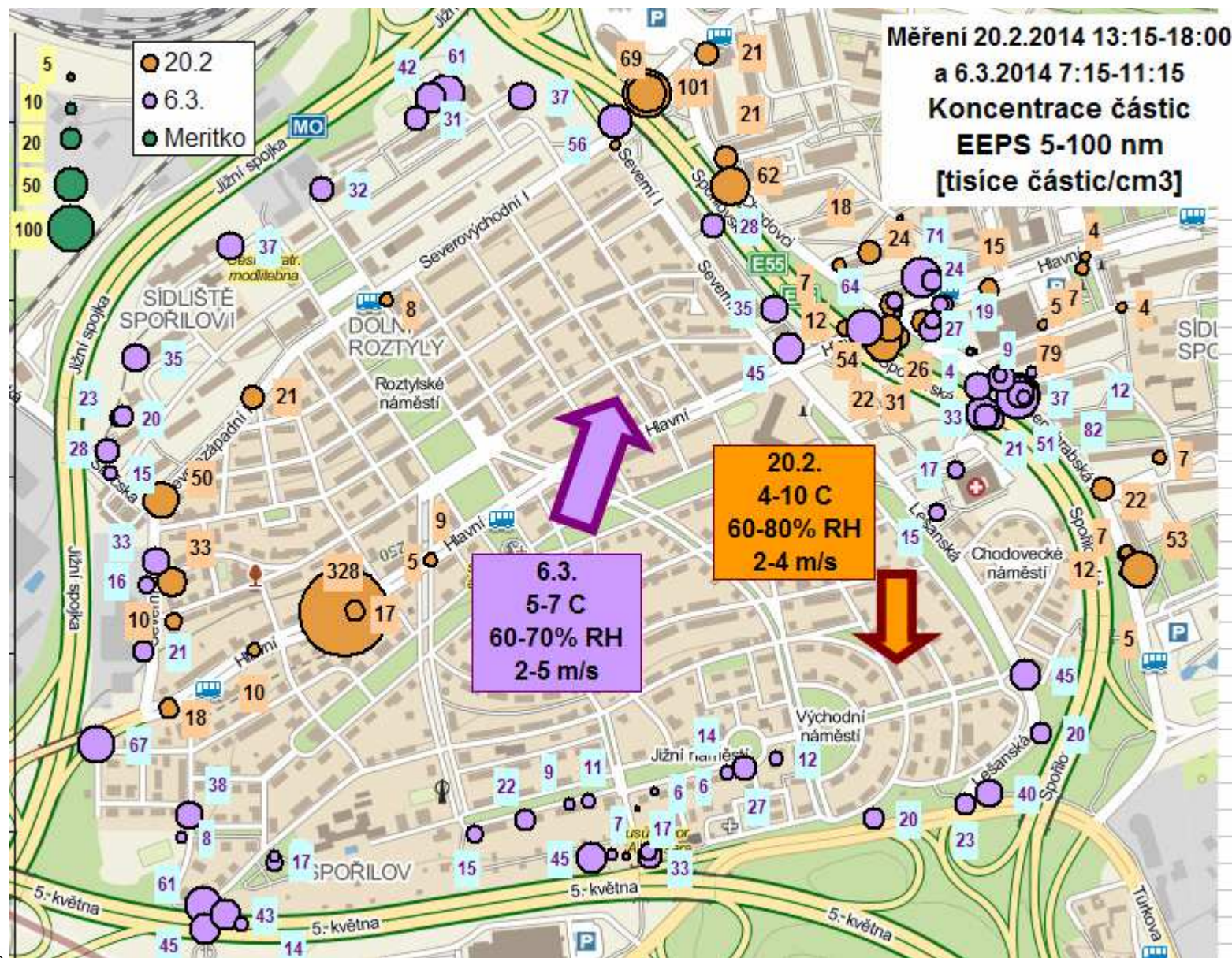
Kolik nanočástic vdechujeme ve škole a kolem ní?
Den vědeckých pokusů na ZŠ Sion // Ovzduší, Brno, 20.-22.4.2015



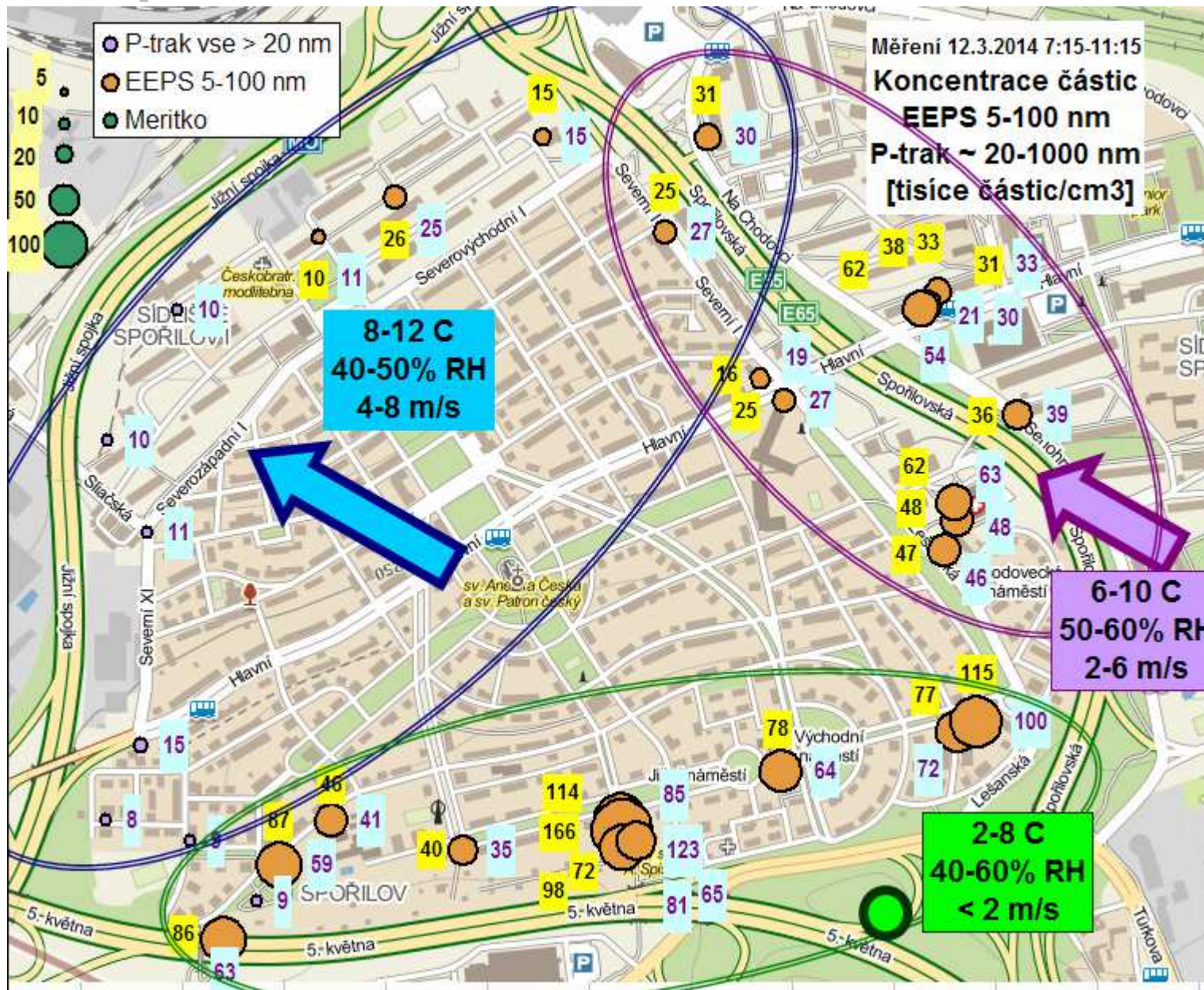
Spořilov – nanočástice v ovzduší
 $\sim 10^4$ částic/cm³ klidná část Spořilova
 $\sim 10^5$ #/cm³ podél Spořilovské
 10^5 - 10^6 + #/cm³ exponované křižovatky
 10^4 - 10^7 #/cm³ vně vozidla
 (jízda Liberec-výjezd z Prahy po D1)
90-95% jsou nanočástice (do 100 nm)



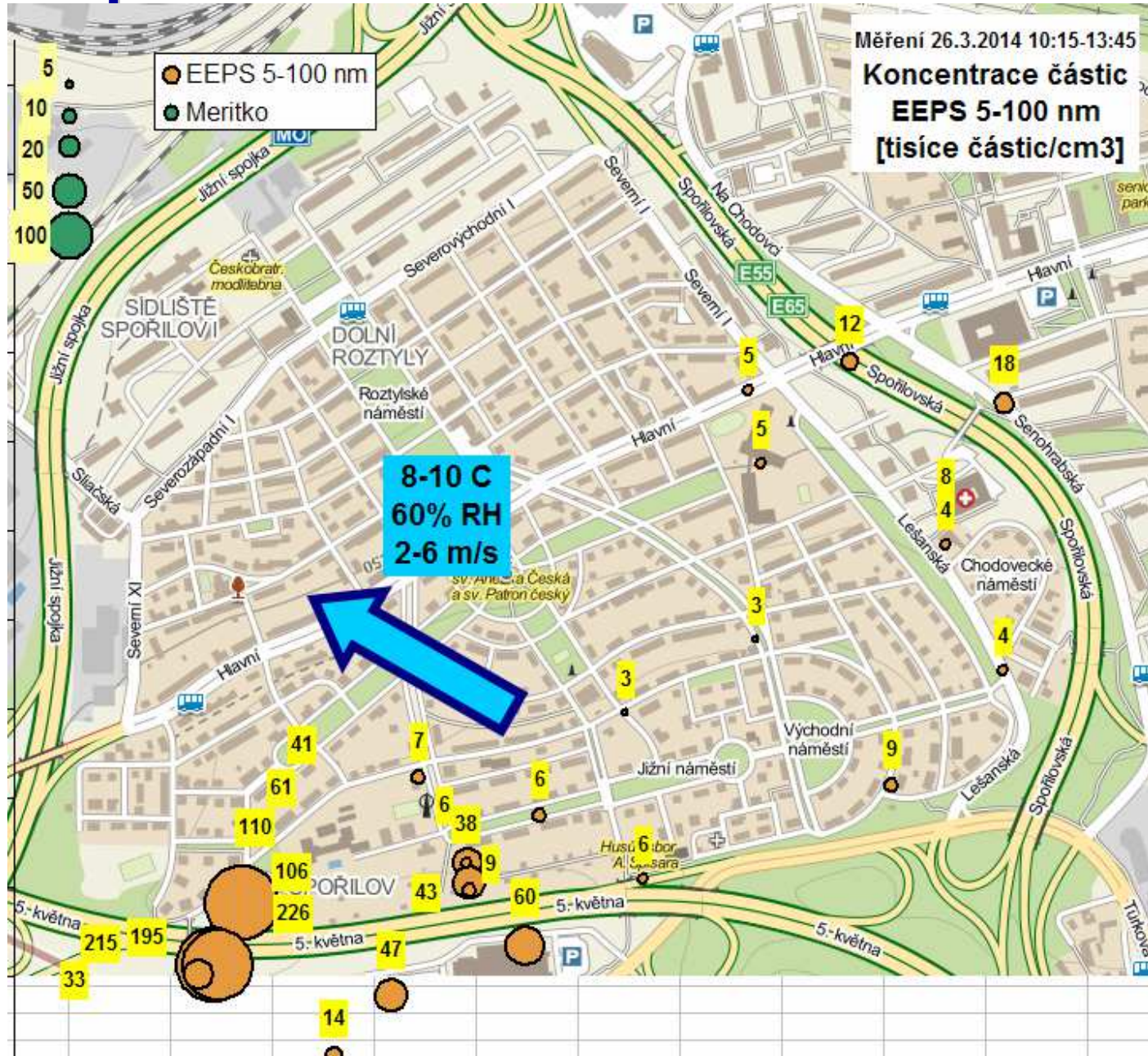
Spořilov – koncentrace nanočástic 20.2. a 6.3.



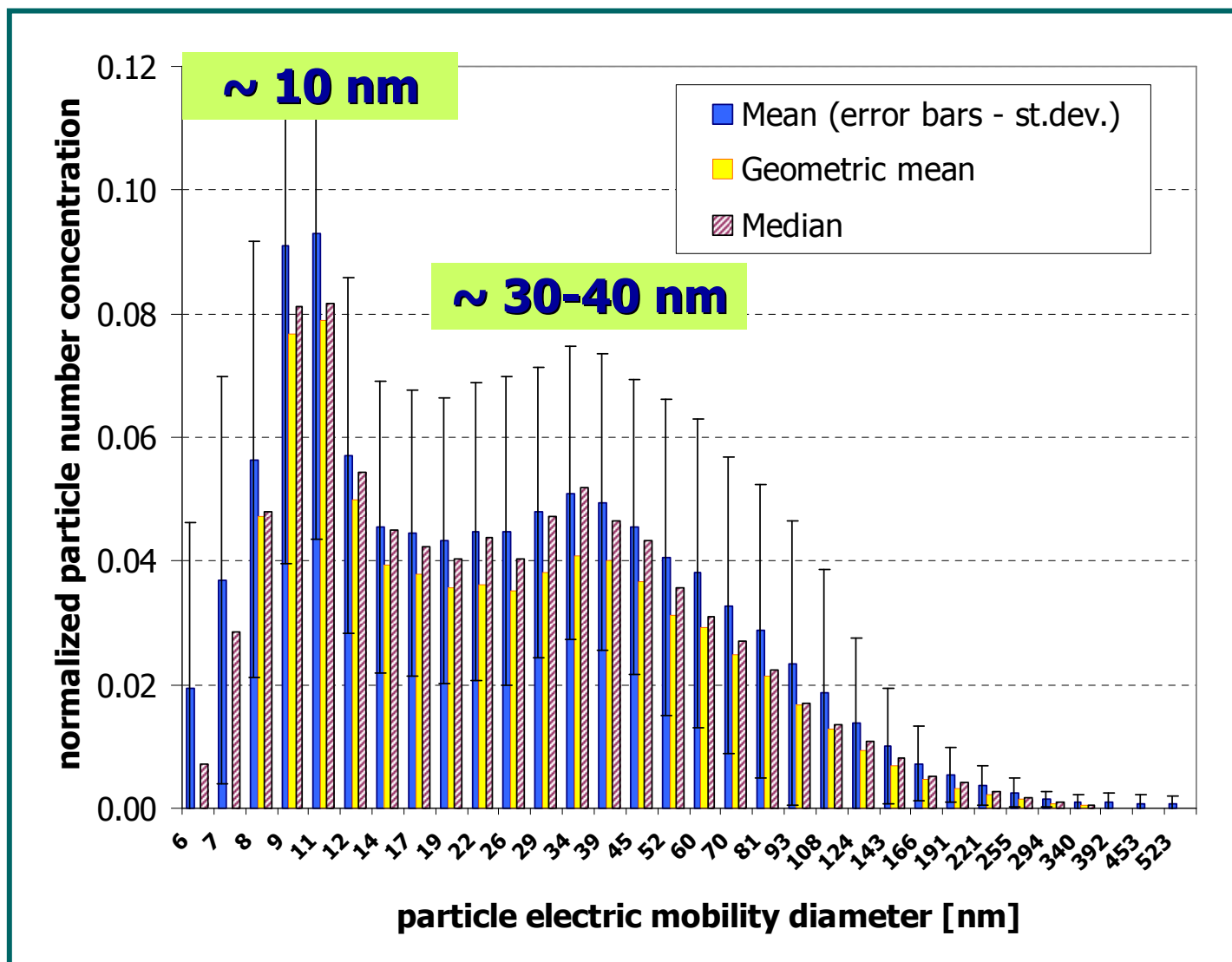
Spořilov – koncentrace nanočástic 12.3.



Spořilov – koncentrace nanočástic 26.3.

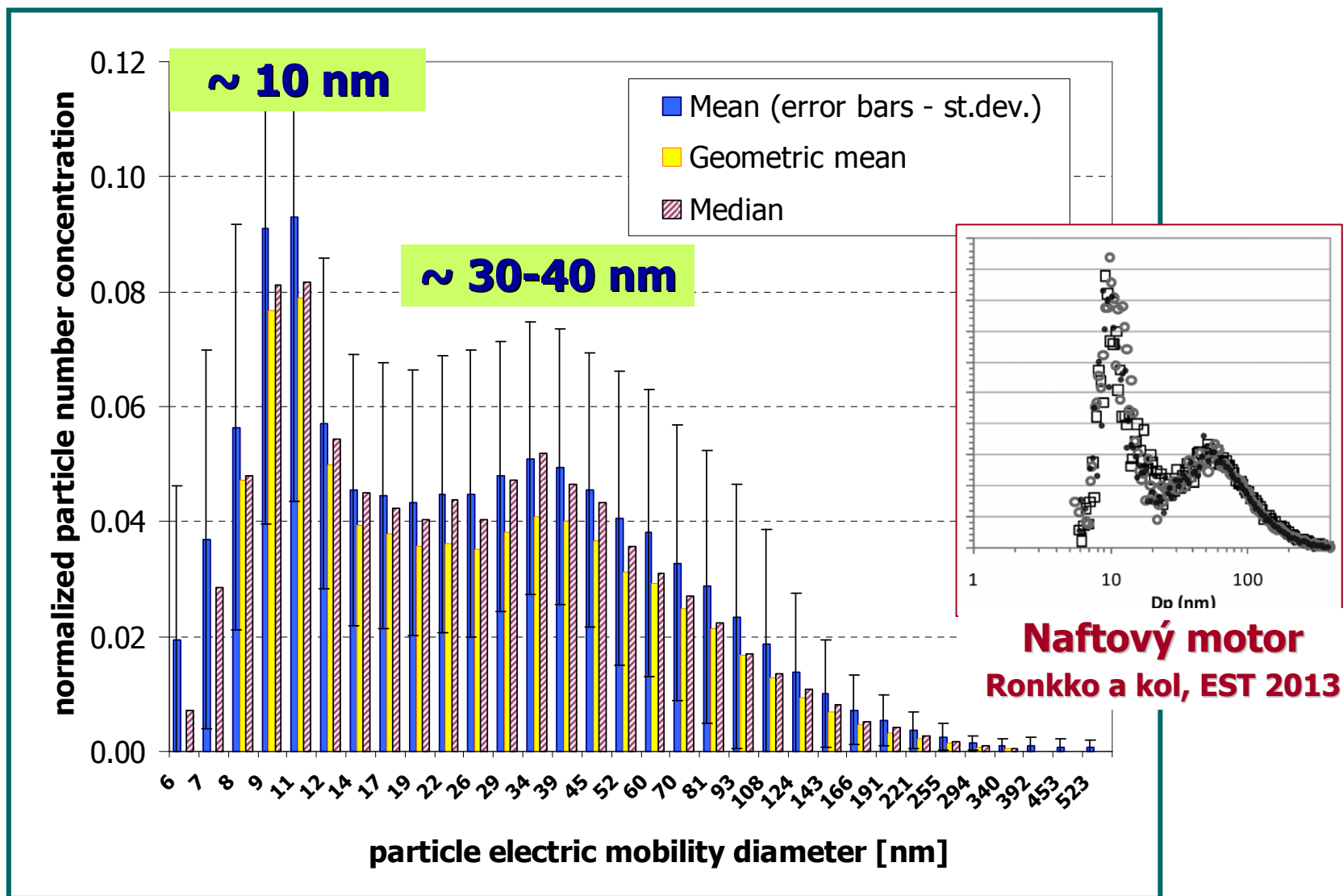


Velikostní spektrum částic v ovzduší u silnice Spořilov, únor 2014, průměr 40 lokalit



Vojtíšek a kol., NanoCon 2014

Velikostní spektrum částic v ovzduší u silnice Spořilov, únor 2014, průměr 40 lokalit



Vojtíšek a kol., NanoCon 2014

Naše měření, ZŠ Sion, 23.1.2015



Naše měření - přístroje

Přístroje:

Klasifikátor částic, třídí částice podle velikosti, od 5 do 560 nanometrů, a v každé velikostní skupině je počítá. (EEPS model 3090, TSI, St. Paul, MN, USA)

Kondenzační čítač,
Počítá částice větší než 5 nm.
Sráží páry butanolu kolem částic, ty se zvětšují, až jsou tak velké, že je lze přístrojem „vidět“, a počítá je. (UF-CPC model 200, Palas, SRN)

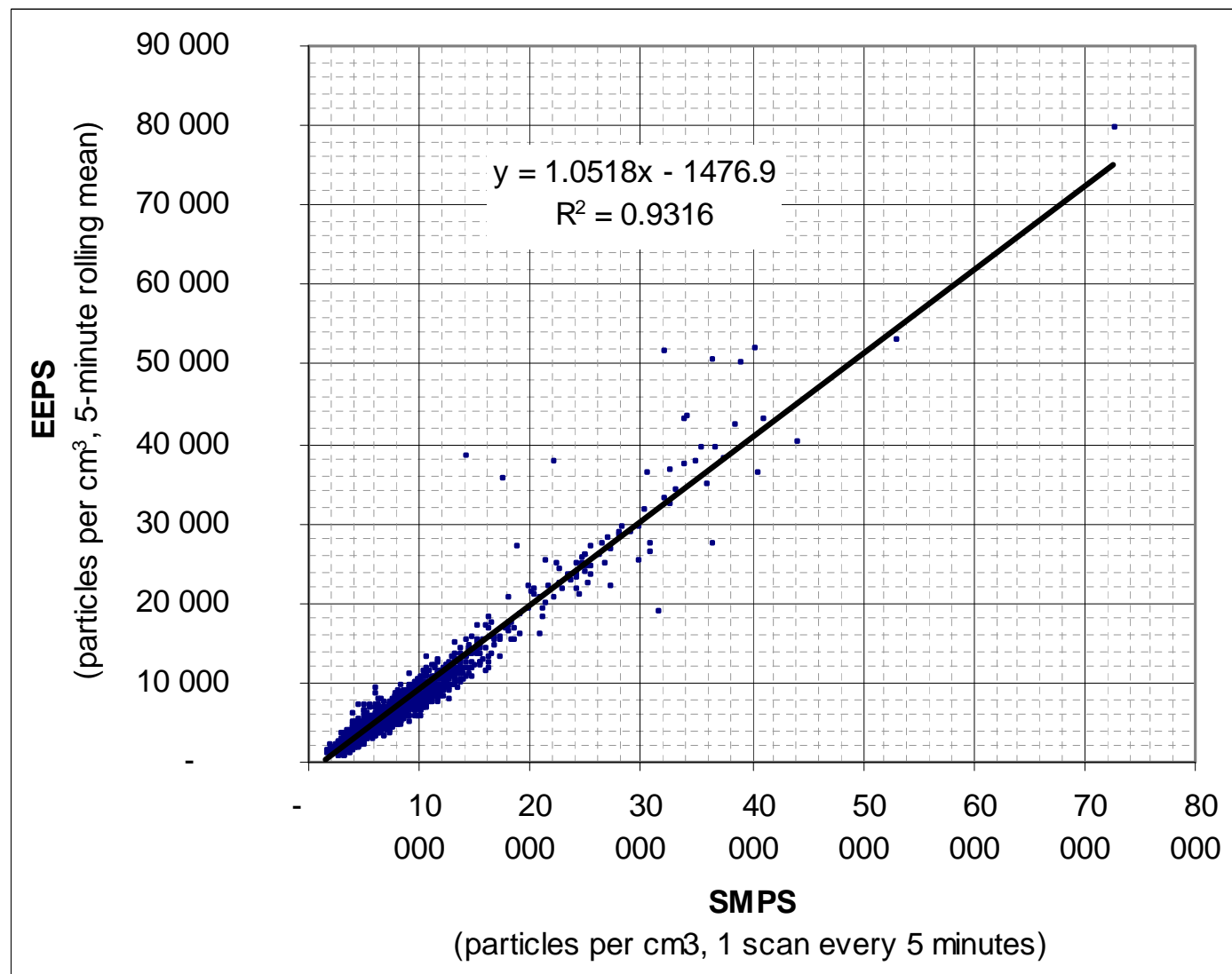
GPS
(eTrex 20,
Garmin)

LiFeYPO
Akumulátory,
Měniče,
Notebook



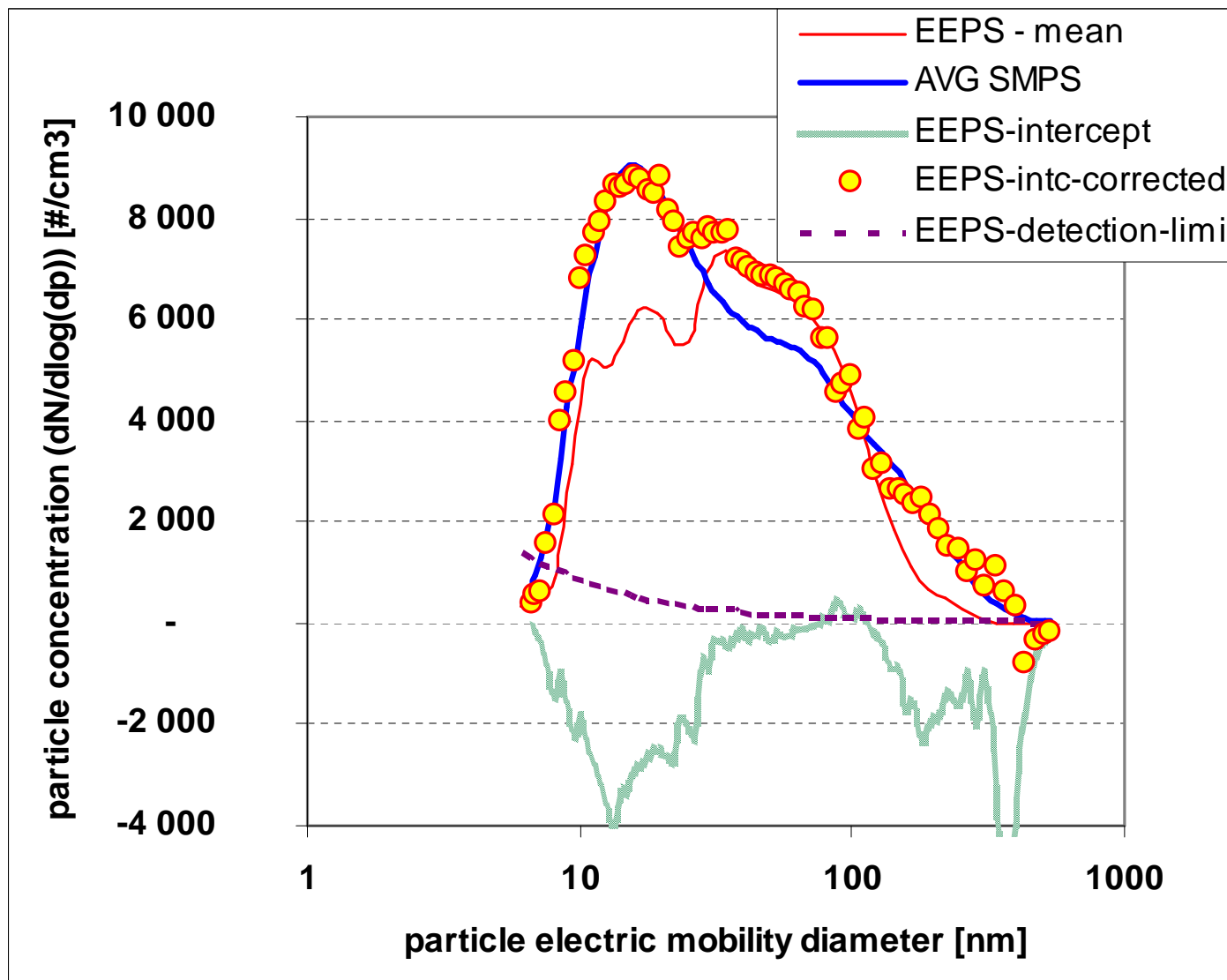
Validace přístroje pro venkovní ovzduší

Kolokace EEPS s SMPS (projekt UFIREG), 28.6.-3.7.2014

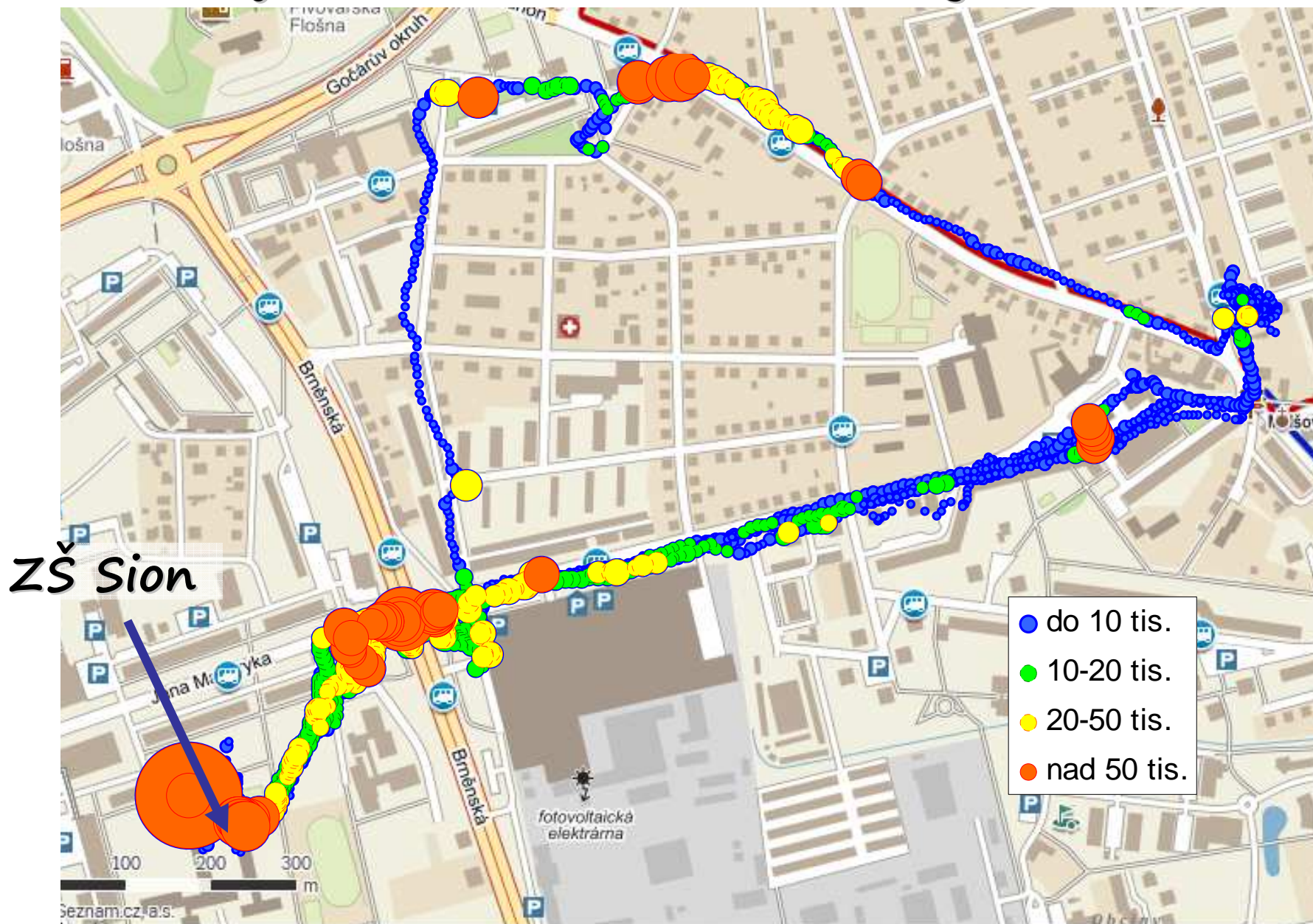


Validace přístroje pro venkovní ovzduší

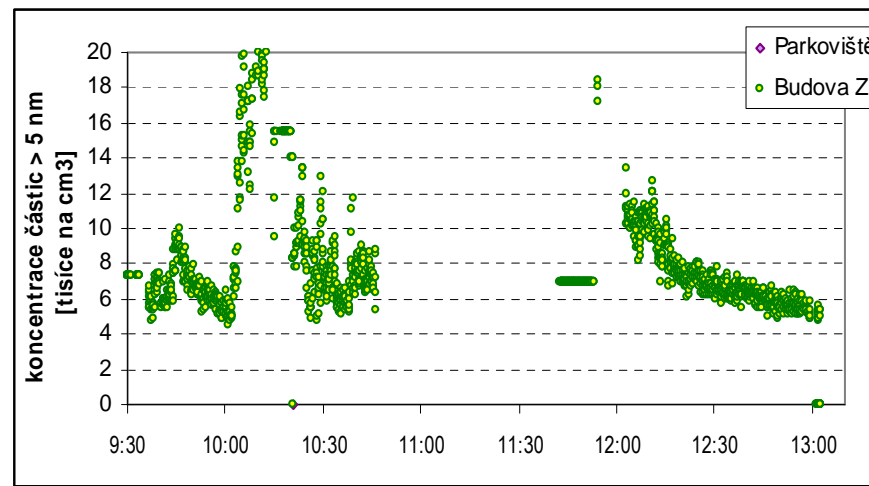
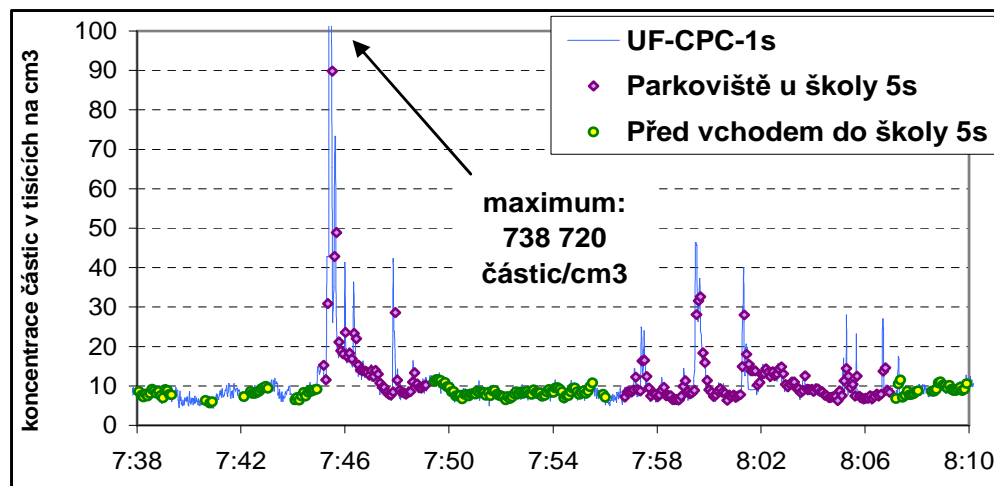
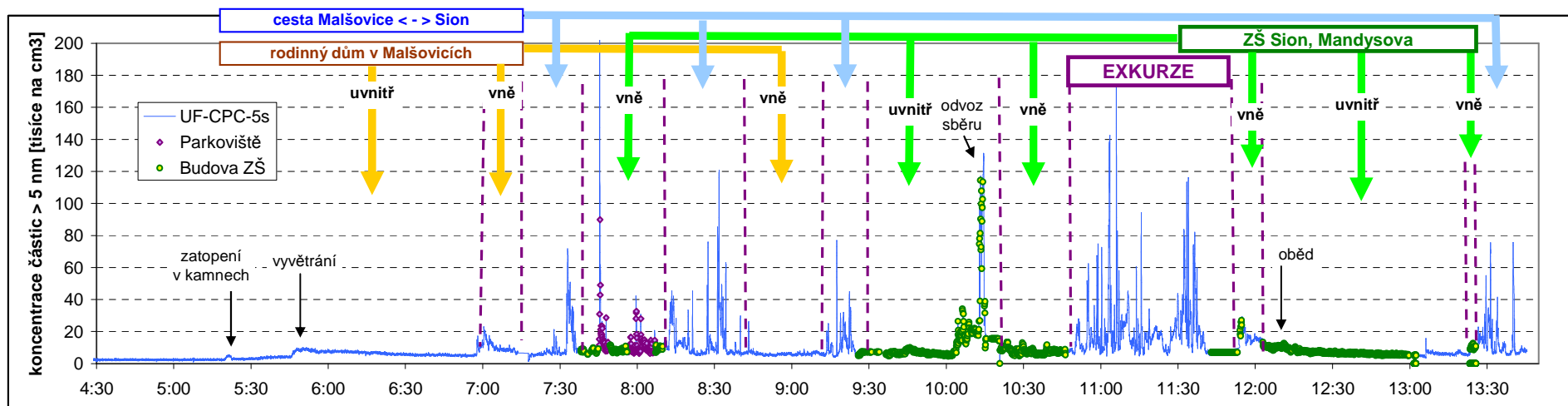
Kolokace EEPS s SMPS (projekt UFIREG), 28.6.-3.7.2014



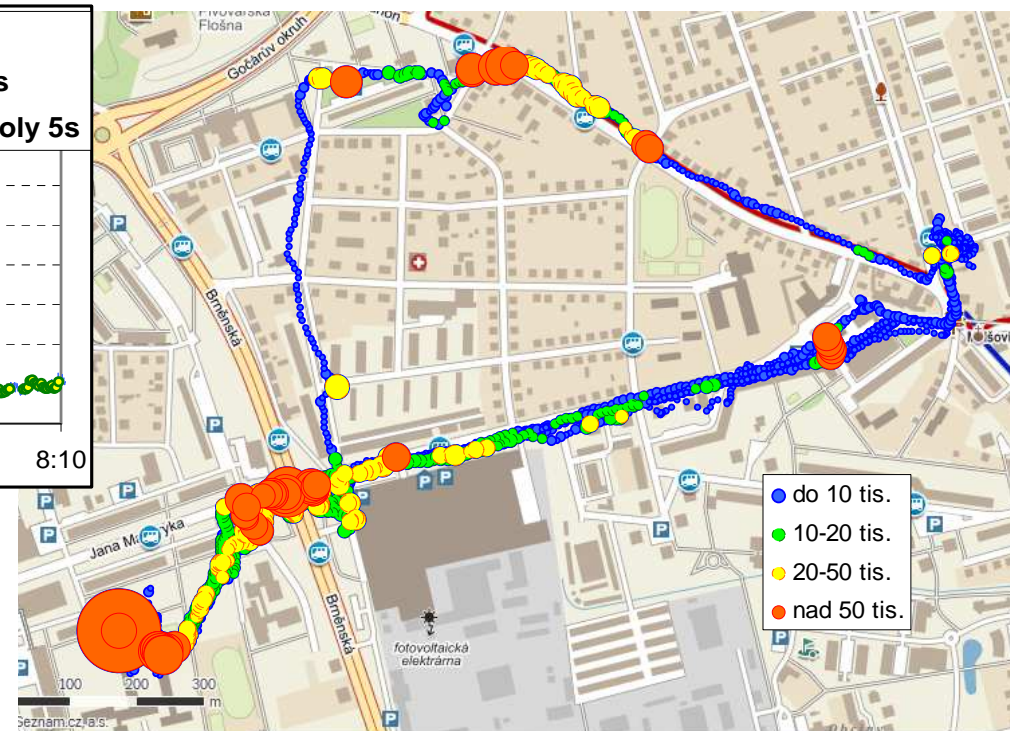
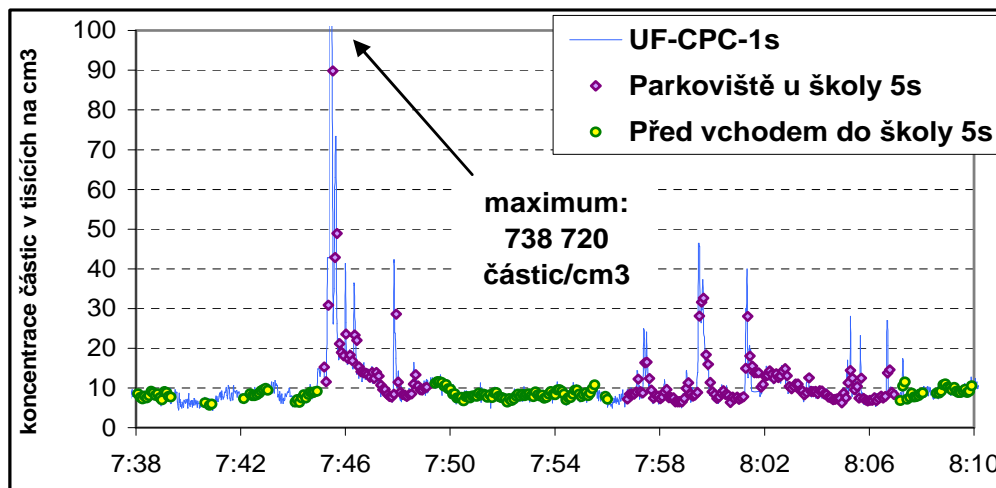
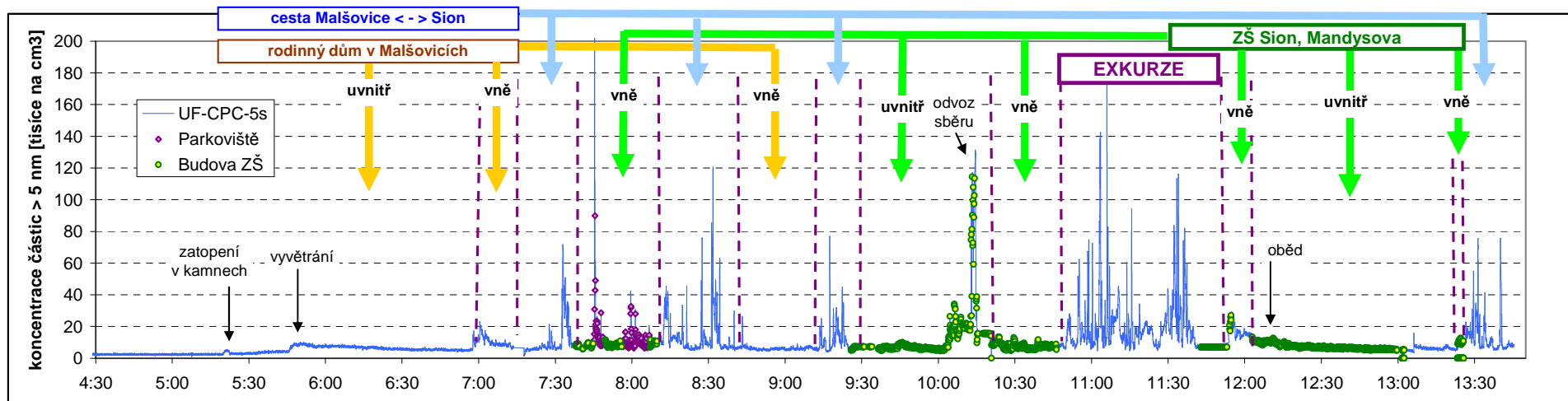
Kde jsme měřili a kolik kde bylo částic



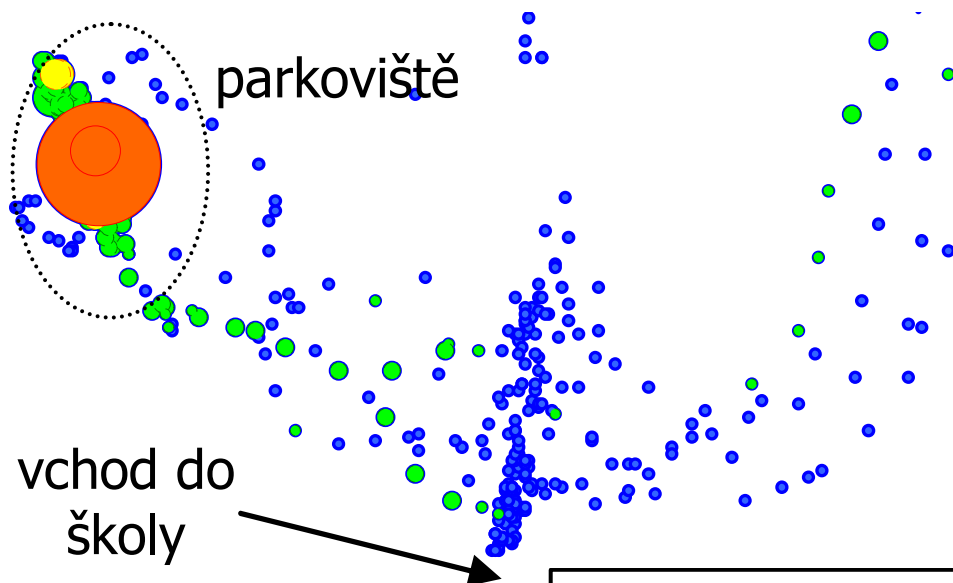
Kde jsme měřili a kolik kde bylo částic



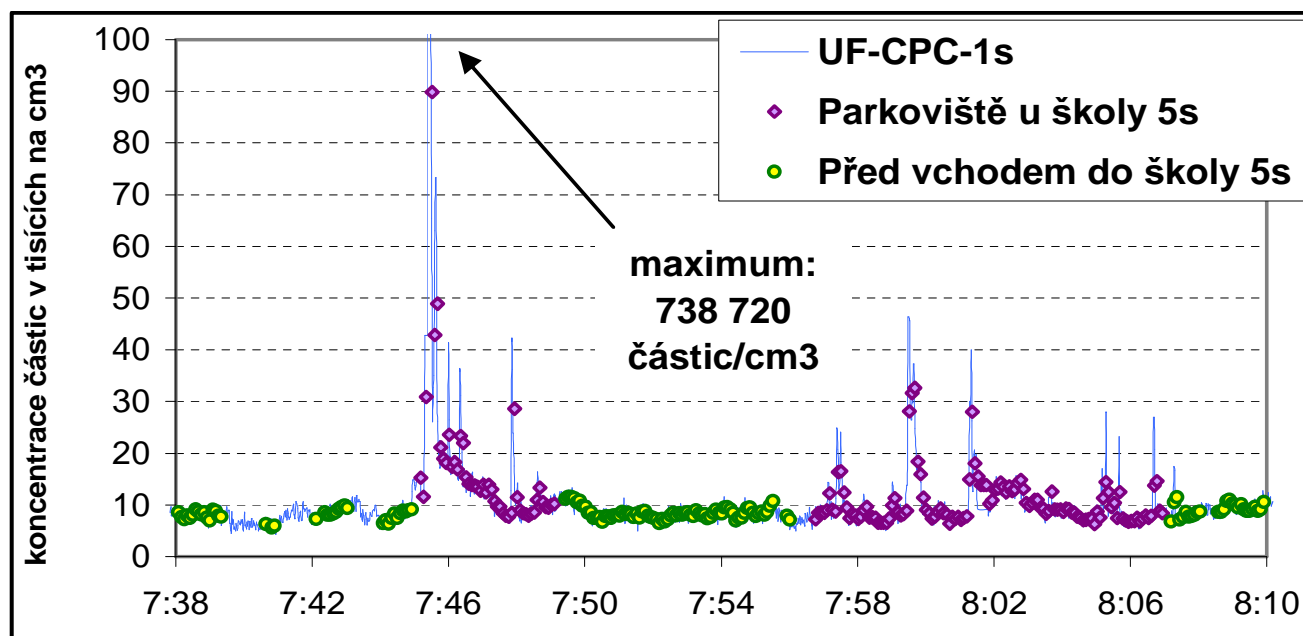
Kde jsme měřili a kolik kde bylo částic



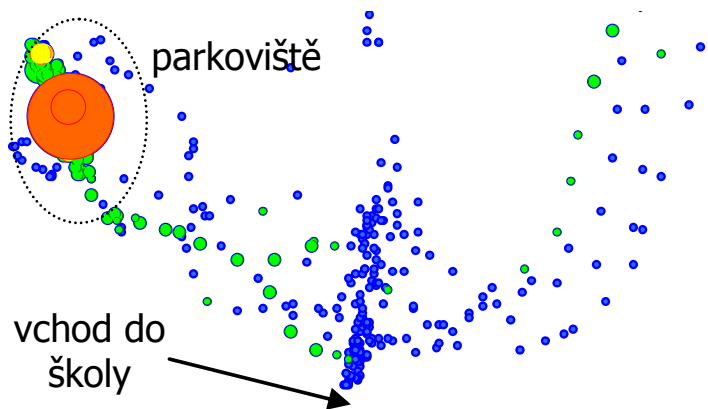
Nejhorší je parkoviště u školy!!!



**Nejhorší je parkoviště...
Ne všechna auta přispívají
stejně, zdaleka nejvíc
produkuje vozidla špatně
navržená či seřízená nebo ve
špatném technickém stavu!!!**

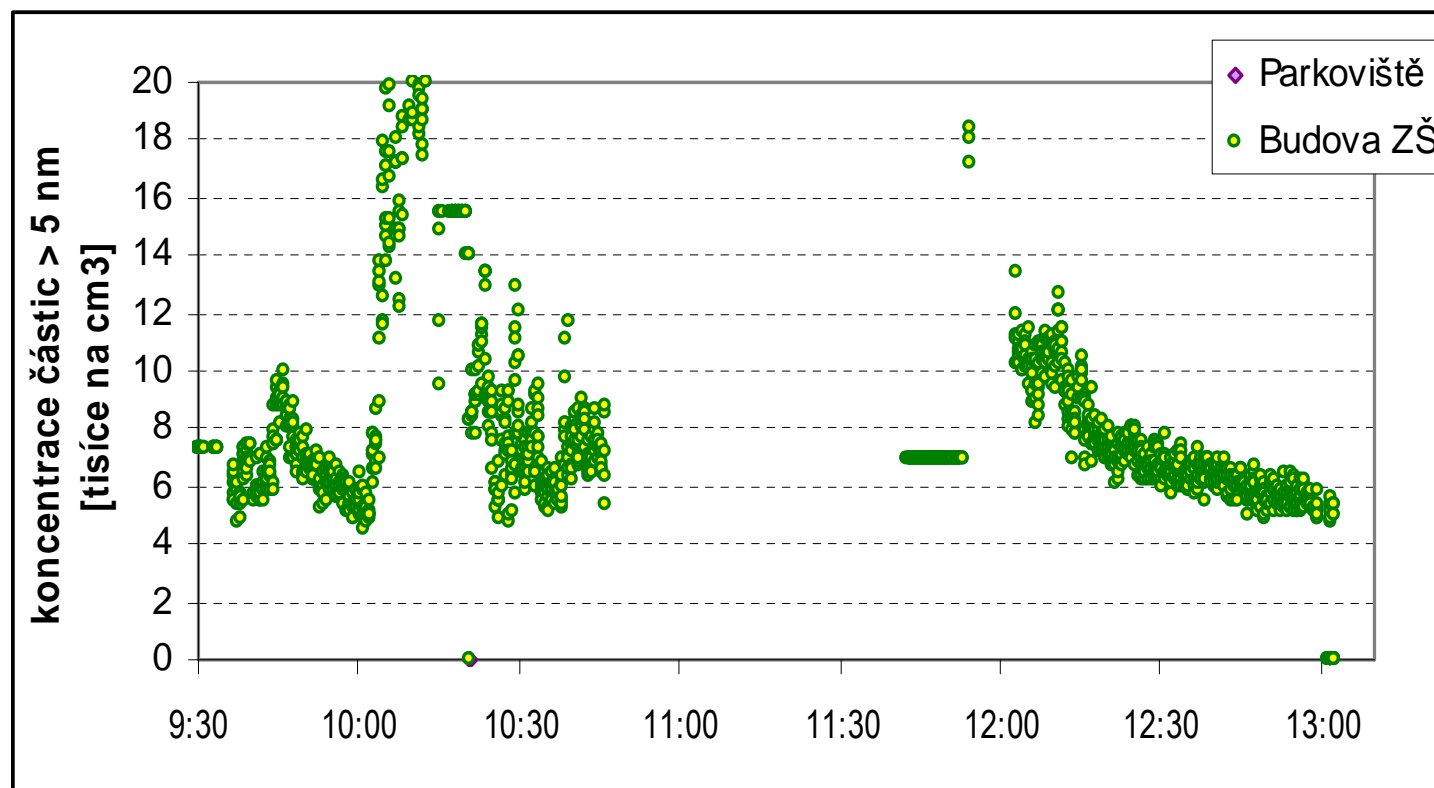


Uvnitř školy a před vchodem

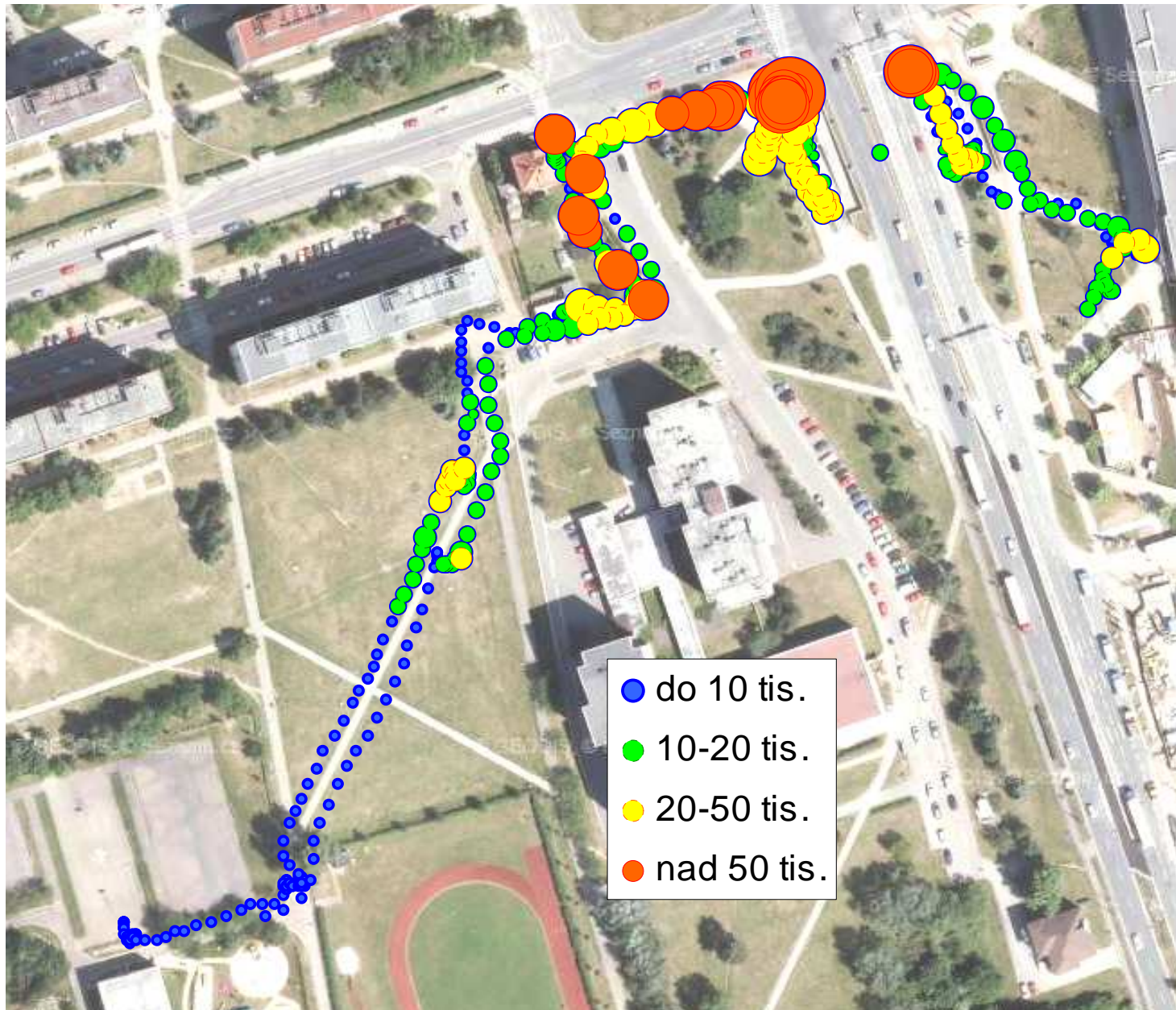


Koncentrace ve škole a před školou jsou srovnatelné s „městským pozadím“ (roční průměr 6-8 tisíc částic na cm³)

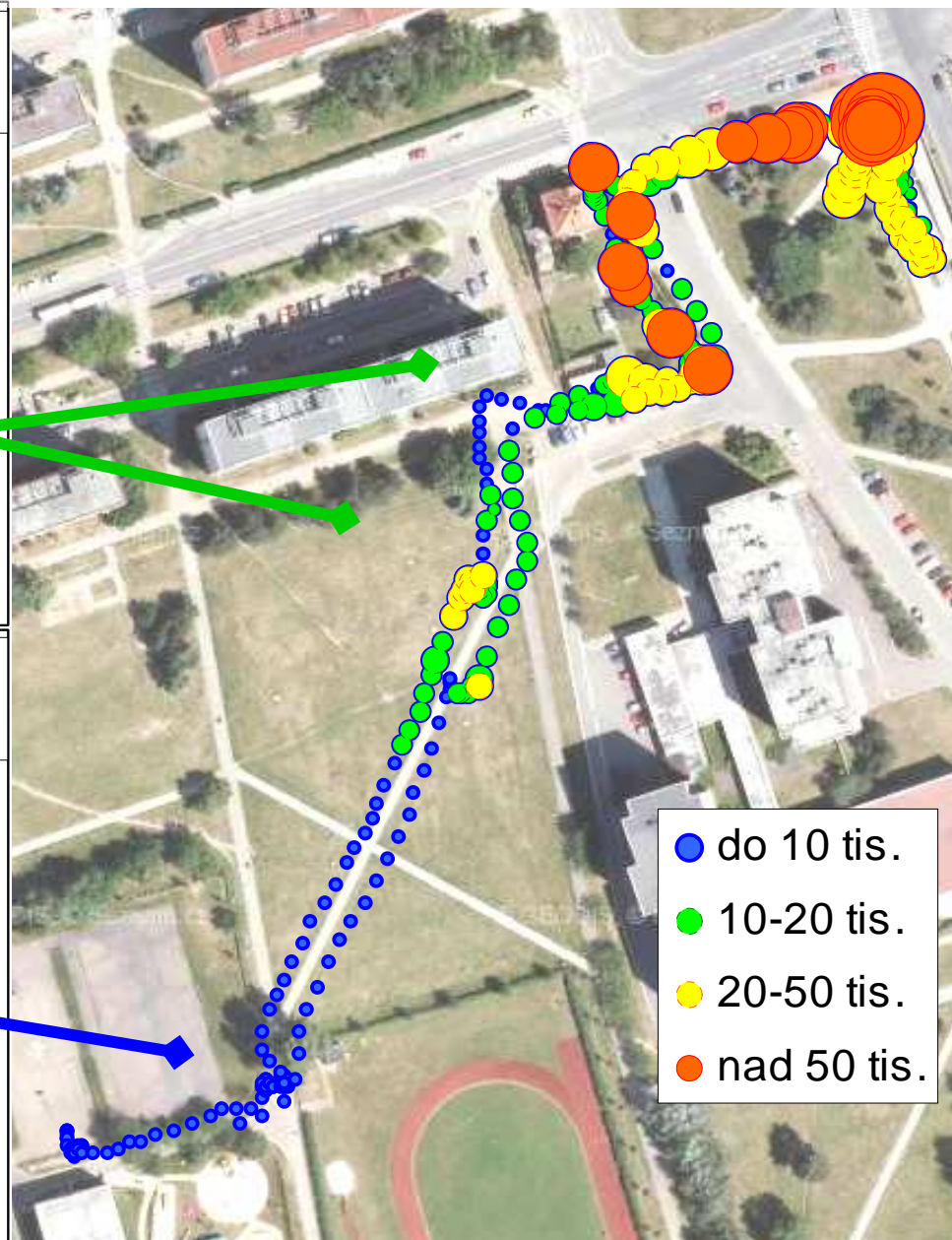
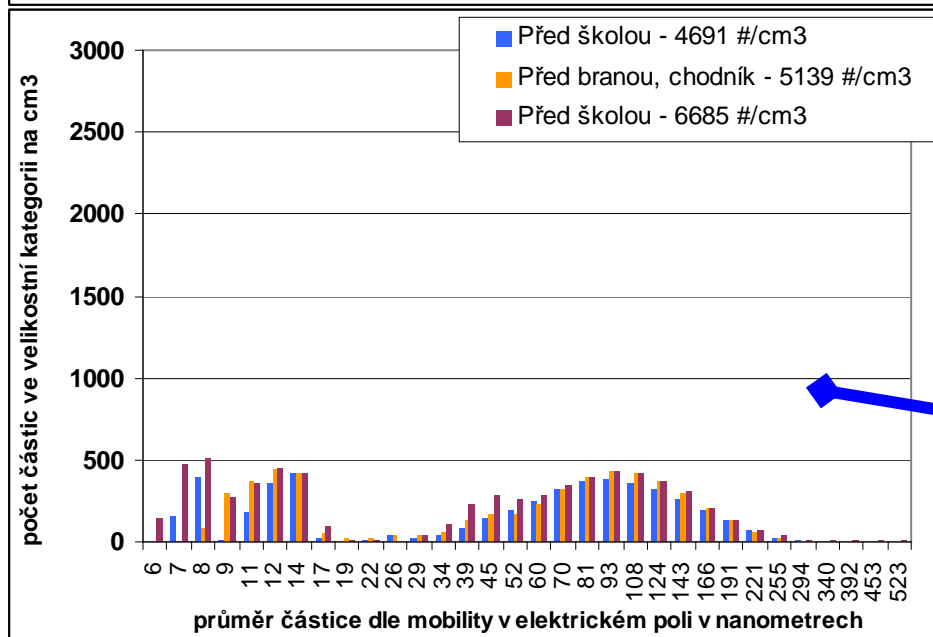
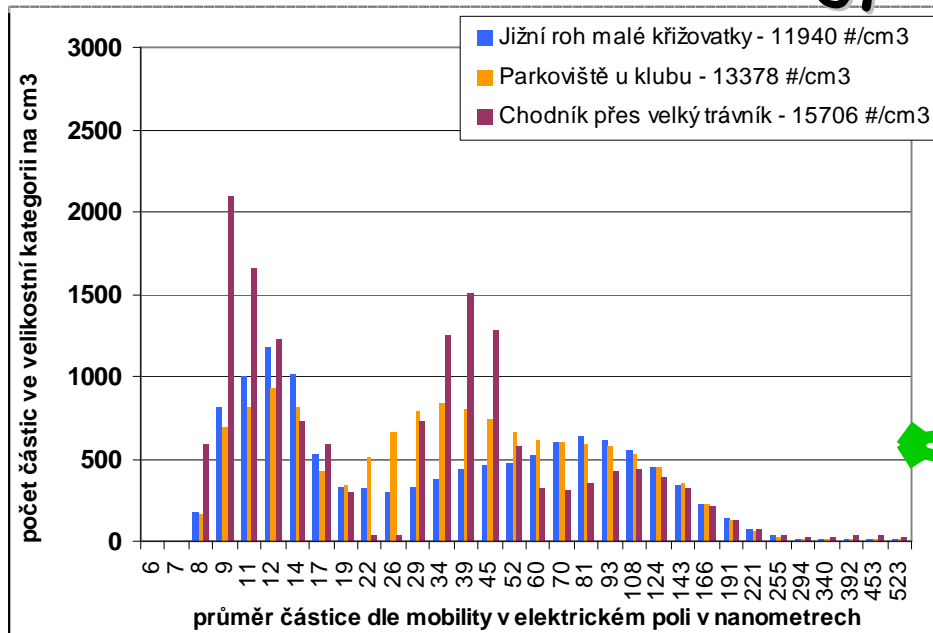
Vysoké hodnoty: přestávka (9:45), odvoz sběru, 10:10 výbuch (?) při experimentech



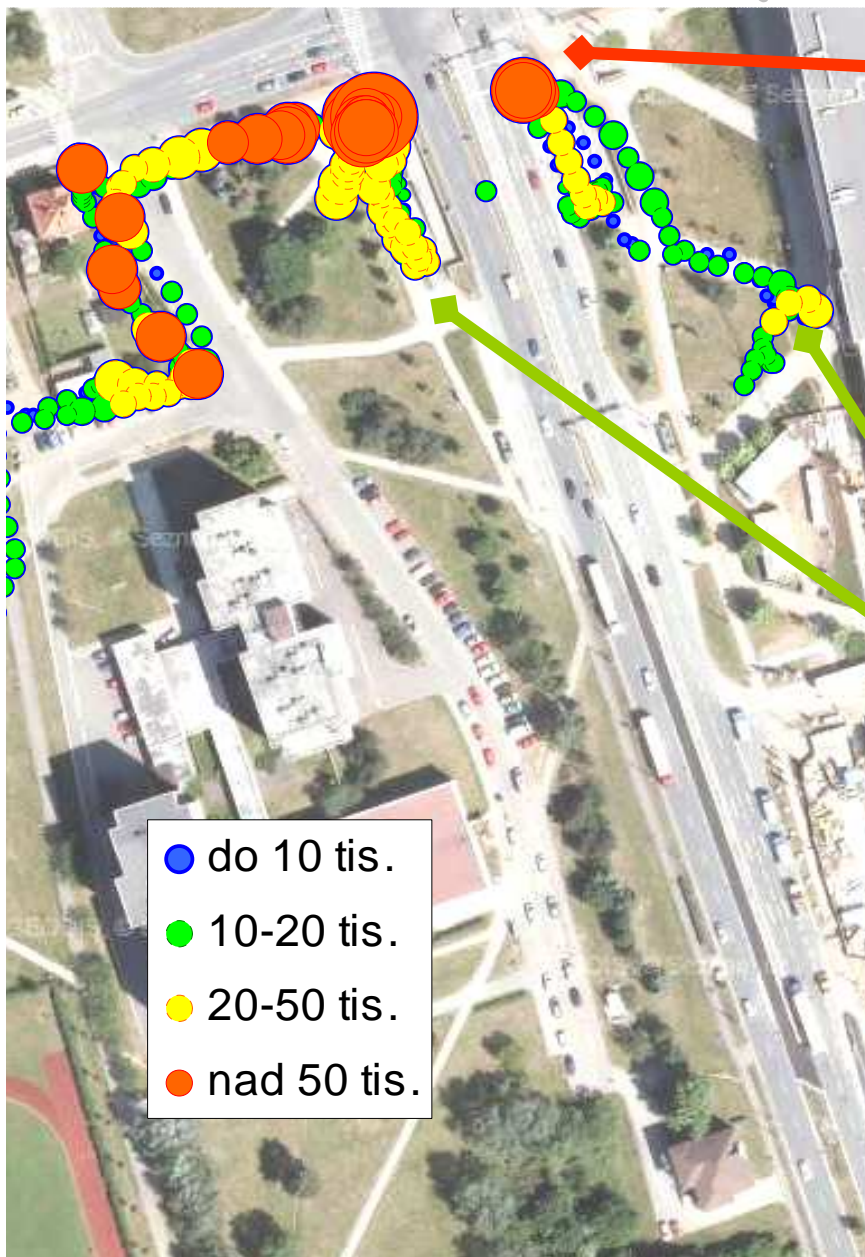
Exkurze k výpadovce Brněnská



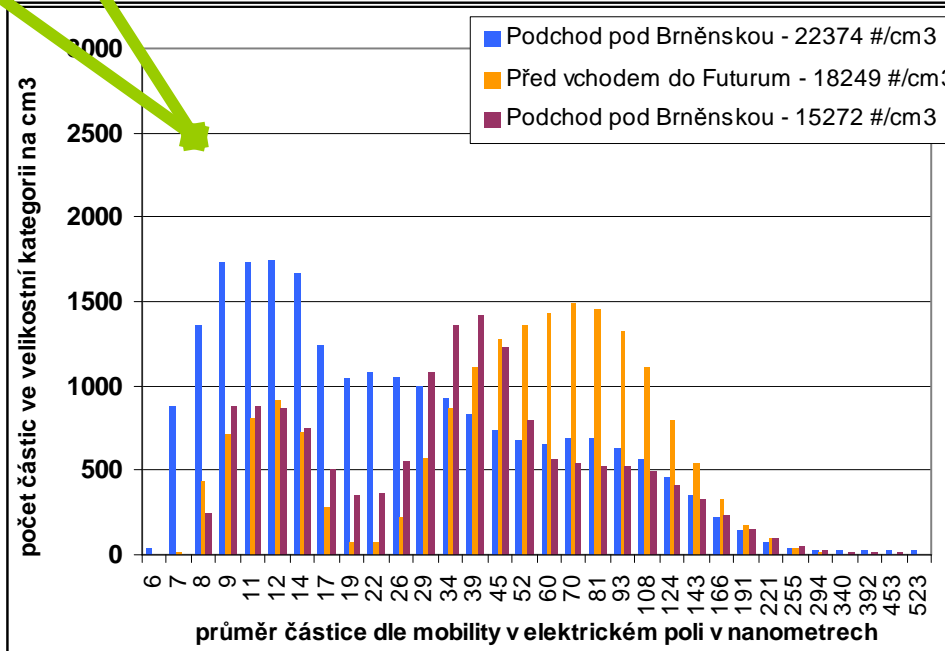
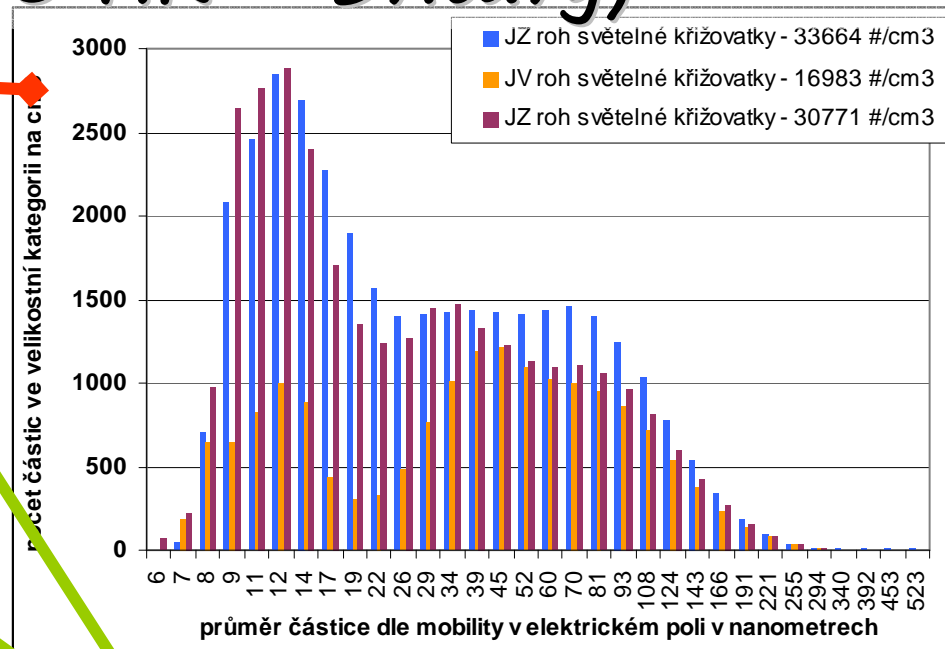
Exkurze k výpadovce Brněnská



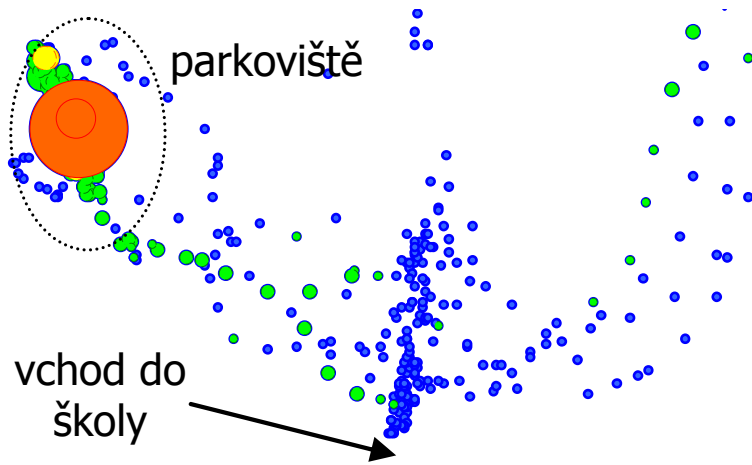
U Brněnské (1-35 HK - Svitavy)



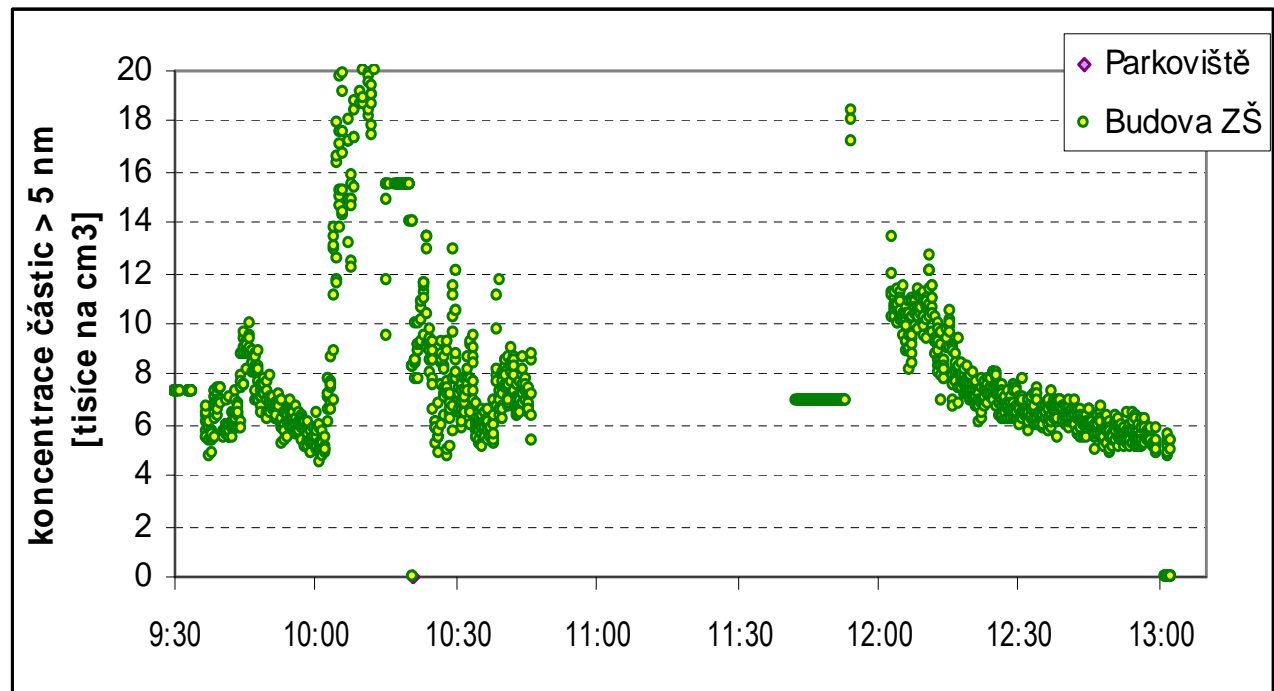
- do 10 tis.
- 10-20 tis.
- 20-50 tis.
- nad 50 tis.



Co říci závěrem?



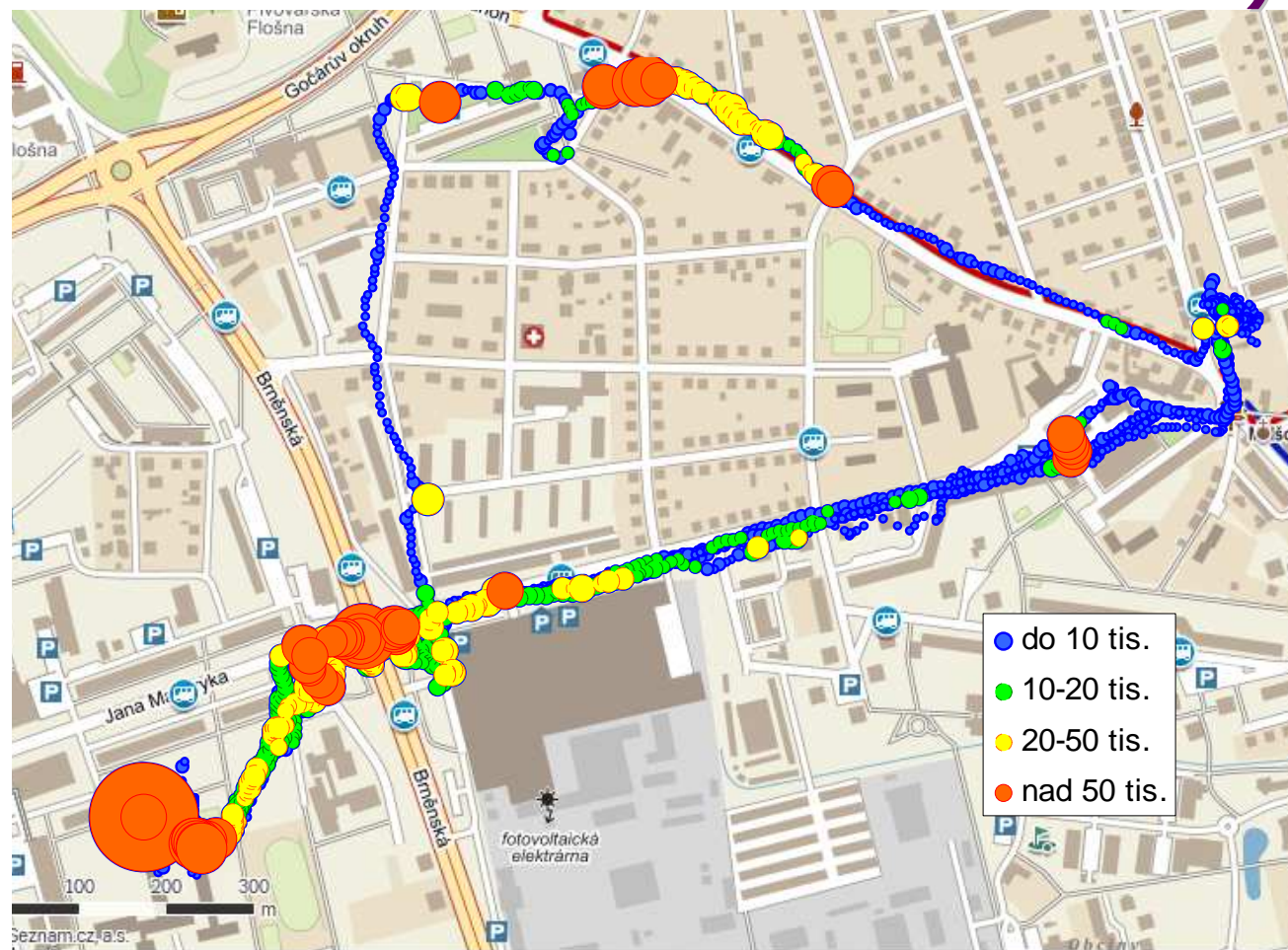
Distribuce nanočástic je velmi nerovnoměrná, a koreluje s provozem spalovacích motorů.
Koncentrace ve škole a před školou jsou srovnatelné s „městským pozadím“
(roční průměr 6-8 tisíc částic na cm³)



Co to pro nás znamená? Co máme dělat?

Praktická doporučení pro cestu pešky či na kole

**Vyhňte se frekventovaným silnicím a křižovatkám.
(Pokud tak již neděláte z důvodů snížení rizika úrazu.)**

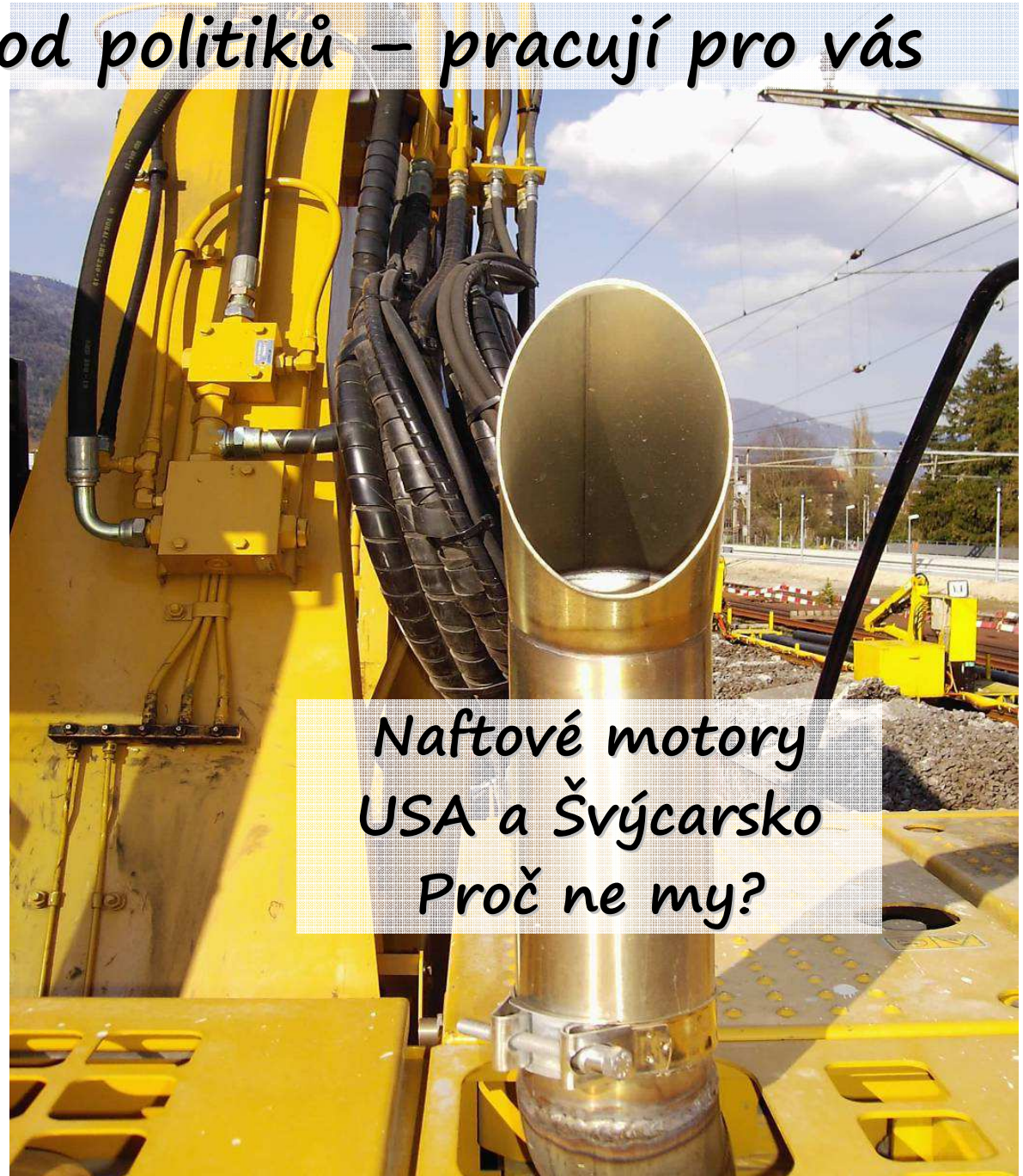


Chtějte zlepšení od politiků – pracují pro vás

**Spalovací motory
produkují velmi malé
a zdraví nebezpečné
částice, a to v těsné
blízkosti lidí.**

**Technická řešení
dostupná jsou,
ale nevyžíváme je
v dostatečné míře, a
samotná nestačí.**

**Má-li být zlepšení
ovzduší dosaženo,
rozhodování musí
být kvalifikované
a podložené fakty.**



**Naftové motory
USA a Švýcarsko
Proč ne my?**

Výfukové emise částic nadměrně zvyšují:

- **vytloukání a demontáž filtrů částic (DPF)**
(demontáž samotná nelegální výslovně není, ale provoz takového vozidla již je)
- **vyřazování z provozu a demontáž redukčních katalyzátorů (SCR)**
(demontáž samotná nelegální výslovně není, ale provoz takového vozidla již je)
- **přečipování motorů vozidel na vyšší výkon**
(přečipování samotné nelegální výslovně není, ale provoz takového vozidla je)
- **nevhodná, nedostatečná či žádná údržba motoru**
- **podvádění na emisních měřeních STK**
(jejichž cílem je nalézt vozidla s nadměrnými emisemi a tyto opravit)
- **ladění motorů na homologační cykly, ne na reálný provoz** (předmětem nové EU legislativy pro měření za provozu)
- **velmi vysoká rychlost jízdy**
- **nadměrný výskyt kongesce**
(přetížené a proto částečně či zcela nefunkční části dopravní sítě)
- **přílišná intenzita (zvláště zbytné) silniční dopravy**
(přetížené a proto částečně či zcela nefunkční části dopravní sítě)

Moderní vůz s filtrem částic (DPF) – ideální stav: Nízké emise částic

Dnešní možnosti technologie: (a stav např. autobusy v New Yorku)
Méně částic na m³ ve výfuku než v ostravském vzduchu v zimě



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



**Dnešní technologie umožňuje
velmi nízké emise částic.
V ČR je využívána minimálně.**

**Euro 5, kdesi v Praze
(bez DPF)**



**Motor s DPF
Nidau, Švýcarsko**



Filtry částic (DPF) fungují, ale ... jsou v EU normou, nebo jsou privilegiem bohatších a pokrokovějších zemí a regionů? Český inzerát na odstranění DPF z dovezených vozidel

ODSTRANĚNÍ DPF
Konečné řešení Vašich problémů

800 VOLEJTE ZDARMA 800 09 09 09
Praha 5 - Lahovice

	Automobil s DPF	Automobil bez DPF
Spotřeba	Vozidla s DPF mají až o 1,5l vyšší spotřebu pohonných hmot	Niši – není vyvolávána regenerace
Výkon	Niši průchodnost spalni výfukem snižuje výkon vozidla	Vozidlo má silnější „spodek“ a vyšší maximální výkon
Servis	V servisu stojí nový DPF i 60 000 Kč	Profesionální demontáž filtru stojí u nás pouze 8480 Kč
Životnost	Ujetých 50.000 km – 180.000 km s filtrem (DPF)	Životnost bez omezení
Rizika	Znečištění motorového oleje naftou, riziko úplného sepnání	Bez rizika – definitivní odstranění filtru
Záruka	Bez záruky – pro servis je filtr pevných částic spotřební díl	Na úpravu poskytujeme prodlouženou záruku

Odstranění a vypnutí filtru pevných částic se zárukou

- Odstranění DPF se zárukou
- Plnění emisních norem EU
- Zajištění odtahu vozidla
- Sleva pro taxislužbu -15%

Objednejte si odstranění filtru DPF se slevou 2 000 Kč

Profesionální demontáž filtru pevných částic se zárukou. Snížení spotřeby a celkových nákladů na provoz vozidla.

Objednávejte ještě: **51 hodin 41 minut 39 sekund**

Novinky ze světa automobilismu

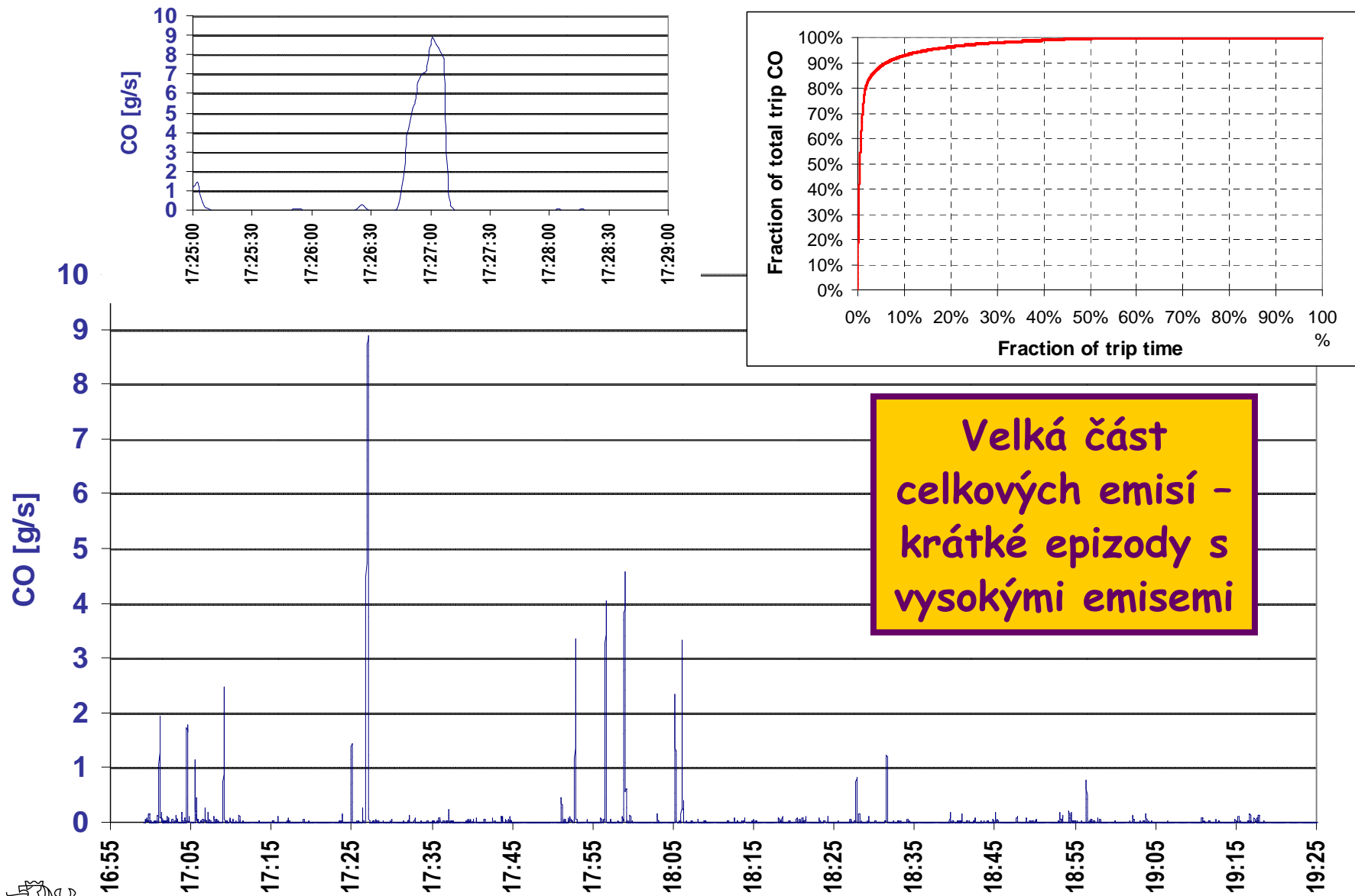
Jeep Grand Cherokee SRT
První šláň dojezu
Kdy jindy si můžete starým americkým potrubím objezdit náhn sestřihů, než u...
[více o novince](#)

Video: Coolhard chytá golfový míček. V rychlosti 100 km/h
David Coolhard se s Mercedesem SL3 AMG Roadster vypravil do Guimaraesovy knihy...
[více o novince](#)

Audi SQ5 TDI se představuje na našem videu
Audi přišlo a přišlo...
[více o novince](#)

Jízda po dálnici

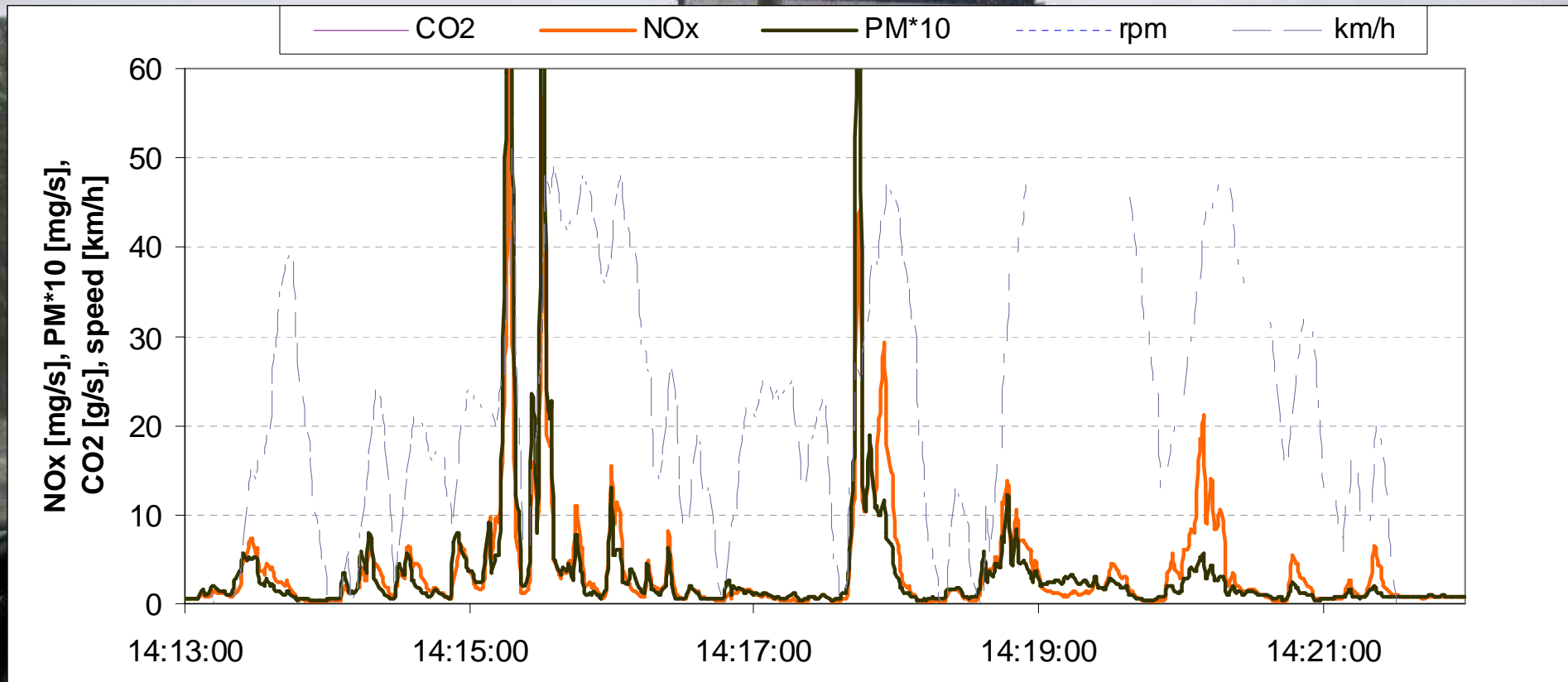
Osobní automobil, benzínový motor, 138 kW



Velká část celkových emisí - krátké epizody s vysokými emisemi

Jízda po městě

Osobní automobil Škoda Octavia, naftový motor, 103 kW

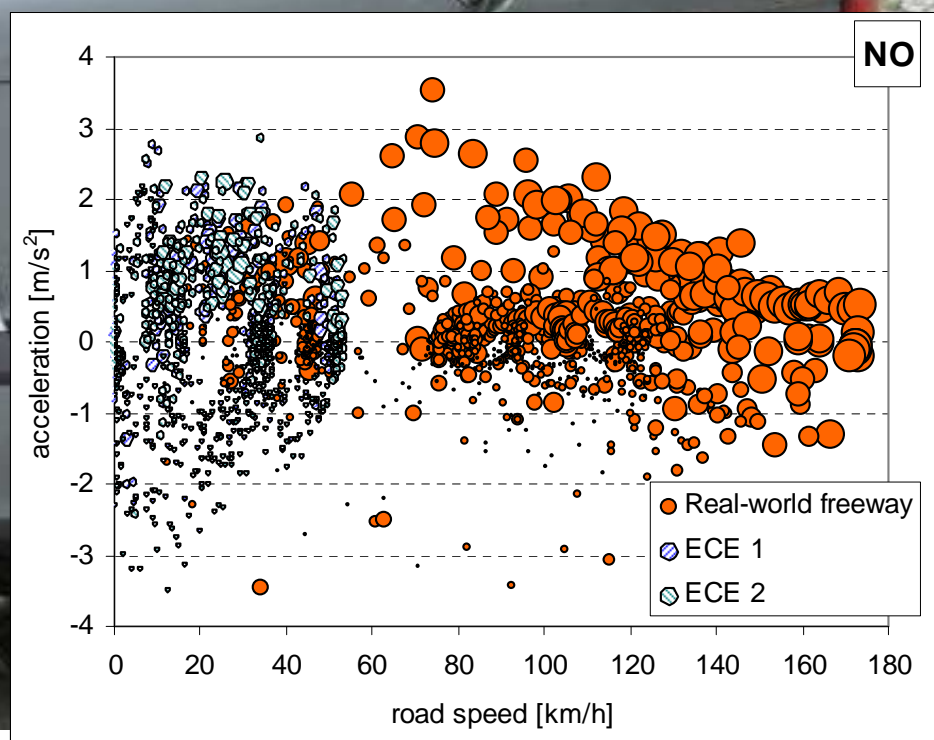
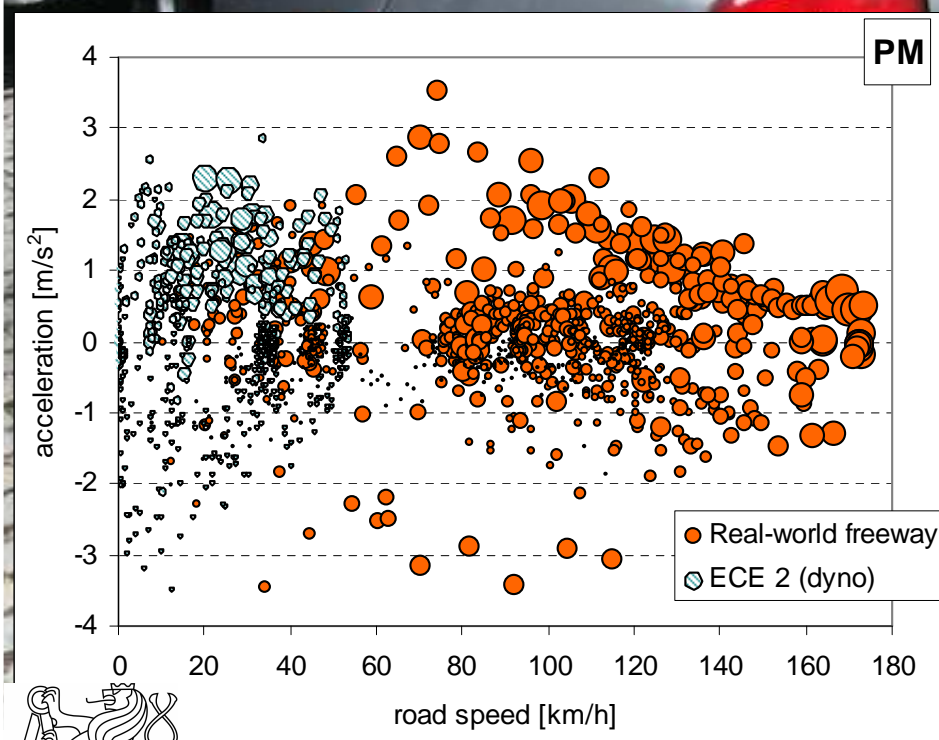


Velká část
celkových emisí -
krátké epizody s
vysokými emisemi

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 NOx
i částic



Doprava a BaP: realita v městských aglomeracích

BaP řádově vyšší při

Studeném startu (Karavalakis 2010)

Reálném provozu (Kristensson 2004)

Pomalém pojezdu (Shah 2005)

Nízkých teplotách (Ludykar 1999)

Absenci katalyzátoru (Ravindra 2007)

„předávkování“ motoru palivem (EC 2001)

Literatura viz.
souhrnná práce o
dopadu parkovišť na
BaP, Vojtíšek, Ochrana
ovzduší 3/2013

**Koncentrace BaP v budkách pro
výběrčí mytého na dálnici:**

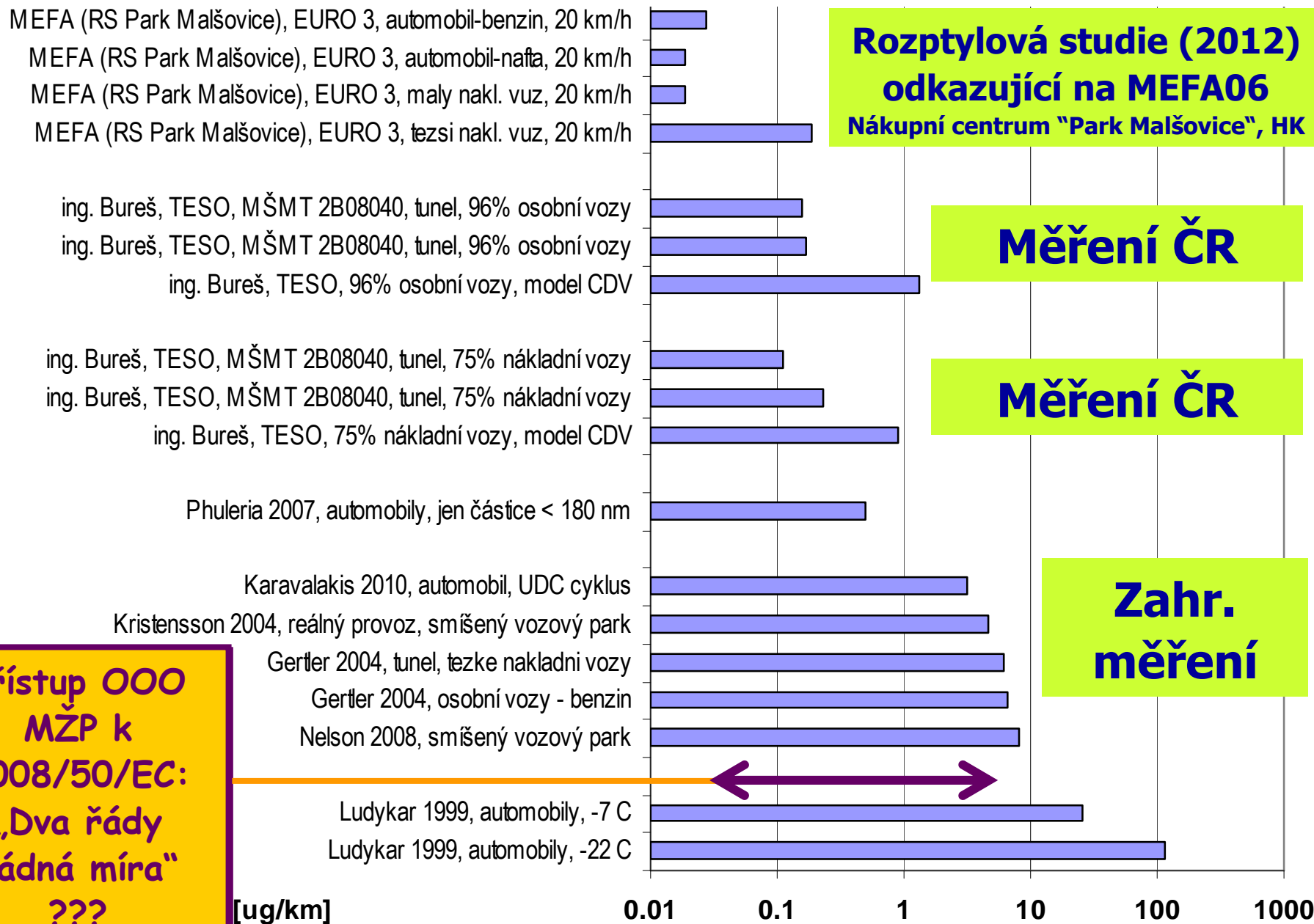
105-121 ng/m³

327-482 osobních automobilů

61-111 nákladních automobilů

/ hodina / jízdní pruh (Tsai 2004)

Emisní faktory BaP: model MEFA vs. měření ČR+zahraníčí



**Přístup 000
MŽP k
2008/50/EC:
„Dva řády
žádná míra“
???**

Jak můžeme přispět k tomu, abychom dýchali méně nanočástic?

Musíte-li cestovat autem (lze též pěšky, na kole, vlakem):

Praktická doporučení pro cestu autem

Nejprve naložte děti a zavřete dveře.

Teprve poté nastartujte motor.

Jakmile motor běží, vyjed'te.

**Jed'te umírněně do zahřátí motoru
(pokud k němu vůbec při Vaší cestě dojde).**

Jezděte s láskou, ohleduplně, bezpečně.

Udržujte vozidlo v dobrém technickém stavu.

Neodmontovávejte katalyzátory a filtry částic.

Dbejte na dodržení základních požadavků na palivo.

Co máme chtít po našich zastupitelích?

Návrhy opatření pro politiky (viz. přednáška ve středu)

1. Zamezit přístup vozidlům s velmi vysokými emisemi

- Důsledné technické kontroly na silnicích, včetně vozidel registrovaných v zahraničí

2. Omezit výskyt kongesce

- Snížení počtu vozidel tak, aby nebyla překročena kapacita komunikace
 - Zvýšení mýtného o ekologickou složku
 - Další opatření ke snížení intenzity dopravy

3. Omezit intenzitu dopravy

- Usilovat o kvalitní pracovní místa s vysokou přidanou hodnotou, nikoliv skladiště, překladiště a montovny
- Podpora místní ekonomiky
- Omezení rozlézání měst do satelitů (urban sprawl)
- Podpora alternativních způsobů dopravy (železnice, MHD, ...)

Závěry a doporučení:

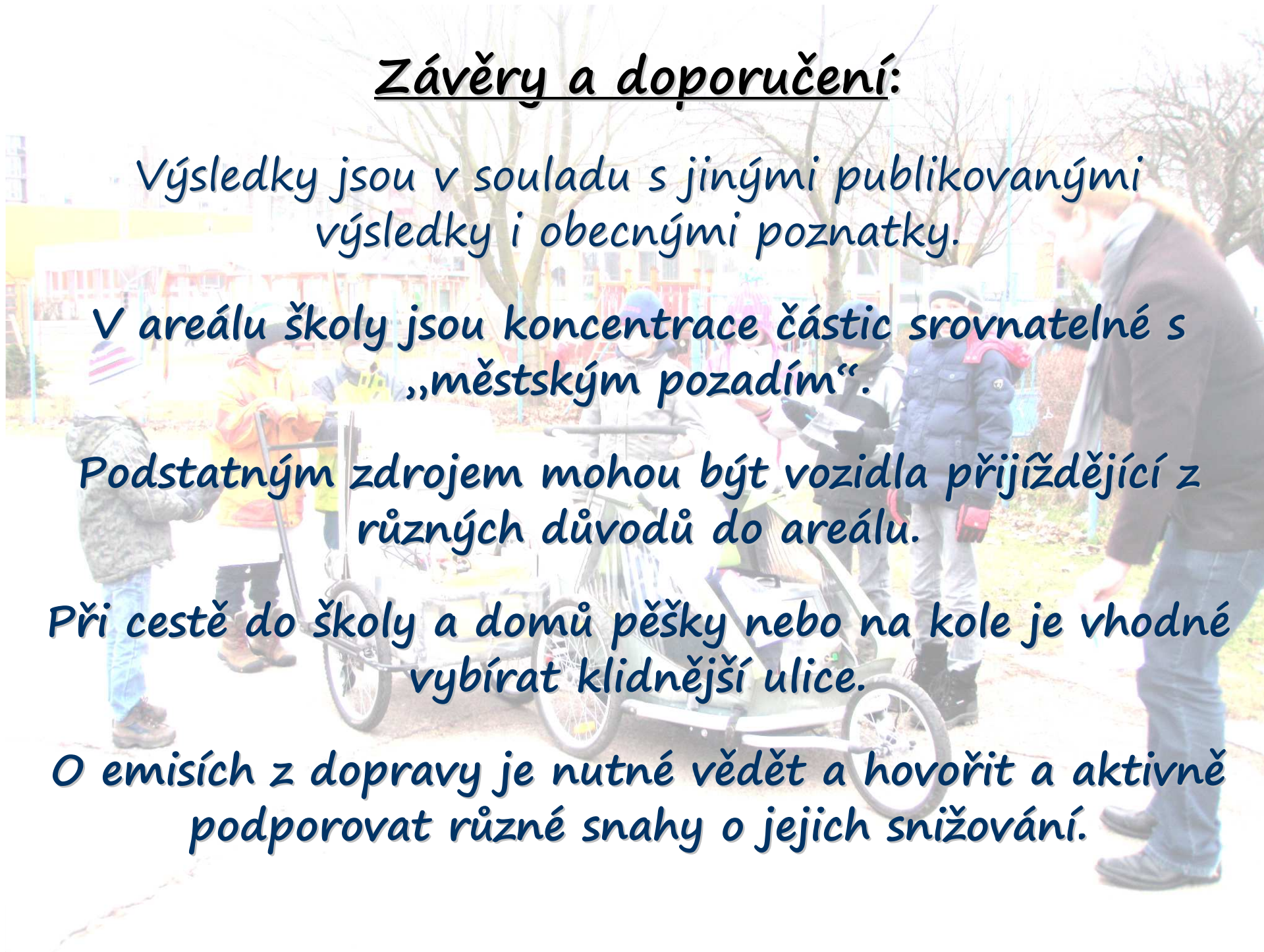
Výsledky jsou v souladu s jinými publikovanými výsledky i obecnými poznatky.

V areálu školy jsou koncentrace částic srovnatelné s „městským pozadím“.

Podstatným zdrojem mohou být vozidla přijíždějící z různých důvodů do areálu.

Při cestě do školy a domů pěšky nebo na kole je vhodné vybírat klidnější ulice.

O emisích z dopravy je nutné vědět a hovořit a aktivně podporovat různé snahy o jejich snižování.



Poděkování za přístroje:

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

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

