

KVM Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojní
 Technická univerzita v Liberci

Výfukové emise částic ze zážehových motorů s vnější tvorbou směsi během reálného provozu
ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES

Michal Vojtíšek^{1,2}, Aleš Dittrich², Martin Mazač², Martin Dufek², Michael Fenkl²

Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka
¹ FS ČVUT Praha, ² FS TU v Liberci

Josef Božek Research Center for Automobiles and Engines –
¹ Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague /
² Faculty of Mechanical Engineering, Technical University of Liberec

Contact: michal.vojtisek@tul.cz,
michal.vojtisek@fs.cvut.cz
 tel. (+420) 774 262 854



Vojtíšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

KVM Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojní
 Technická univerzita v Liberci

Motivation and goals of work

Internal combustion engine emissions are one of the key sources of urban air pollution, with significant negative impact on human health, notably in densely populated areas. Emissions limits are increasingly strict, but there is no corresponding improvement to public health.

Probably the most dangerous component of vehicle exhaust are ultrafine particles, which have the ability to deposit in lungs and to penetrate through cell membranes into the organism.

Ultrafine particles are not just a diesel engine problem – they are also emitted by spark ignition engines – and perhaps at levels not insignificant compared to latest diesels.

The goal of this study was to investigate the exhaust emissions of particulate matter from common homogeneous charge spark ignition engines during real-world operation.


Of particular concern were: a) small engines without electronically controlled fuel metering and without exhaust gas aftertreatment, and b) automobile engines during extreme low, high and transient load operation.

Vojtíšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

KVM Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojní
 Technická univerzita v Liberci


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



Vojtíšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

Automobilismus



Praha, 2009

KVM Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojní
 Technická univerzita v Liberci

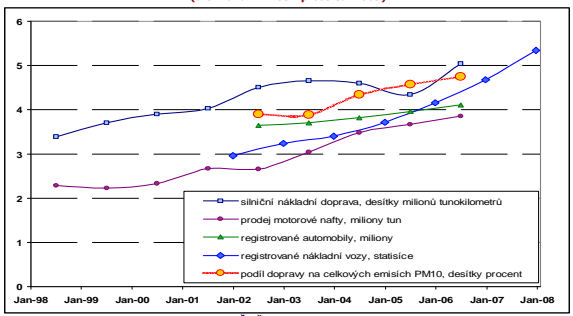
In the Czech Republic, in the period from 1990 to 2004, energy consumed by transport rose by almost 100%, increasing by 6.7 percent from 2003 to 2004.

Ministry of the Environment
 Report on The Environment in the Czech Republic in 2004 – December 2005

Vojtíšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

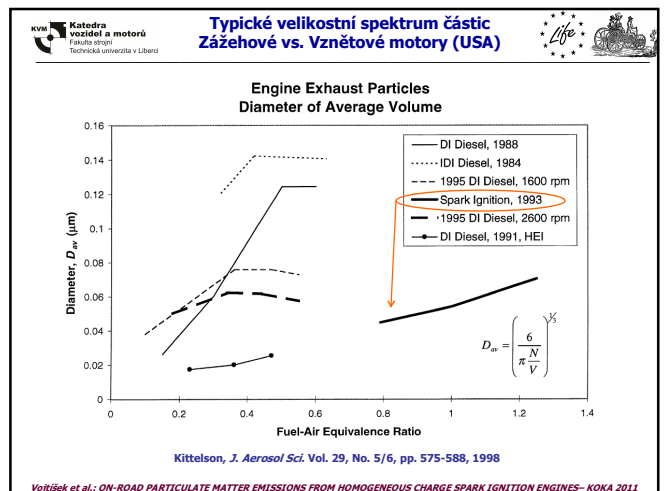
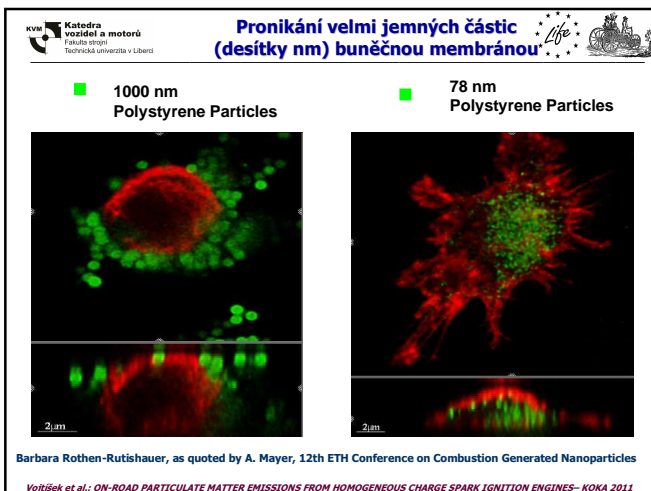
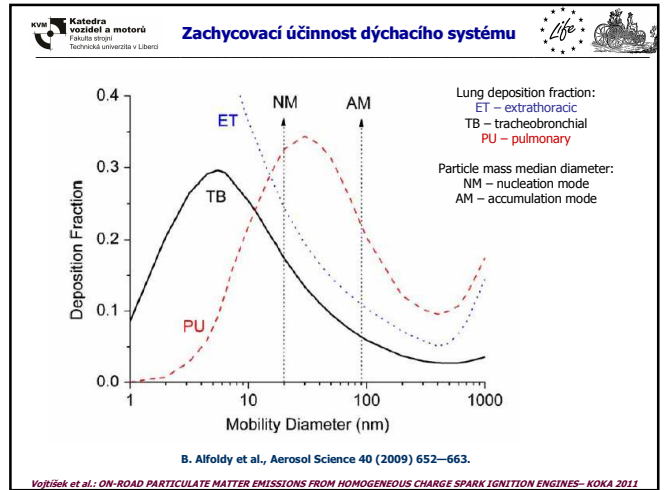
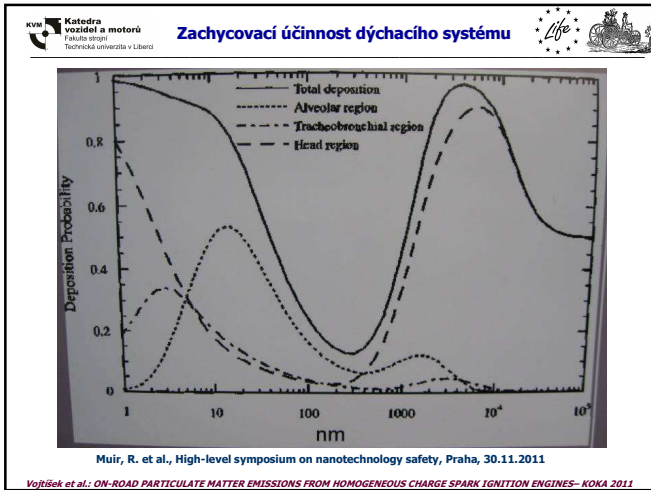
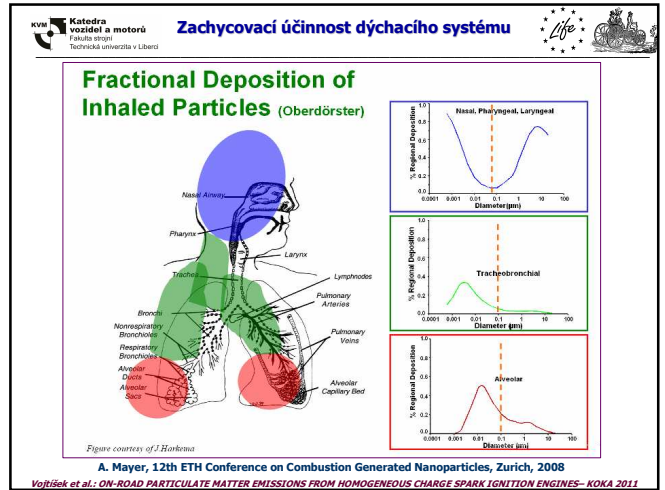
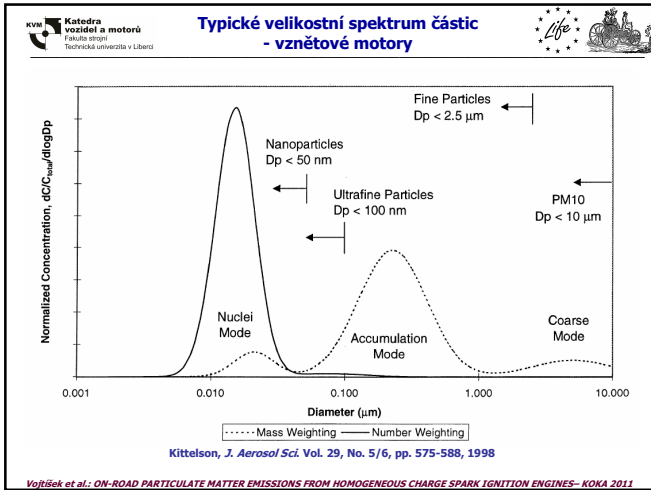
KVM Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojní
 Technická univerzita v Liberci

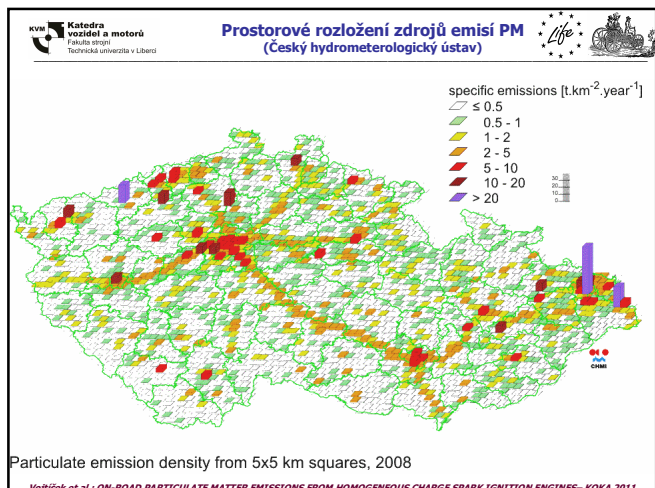
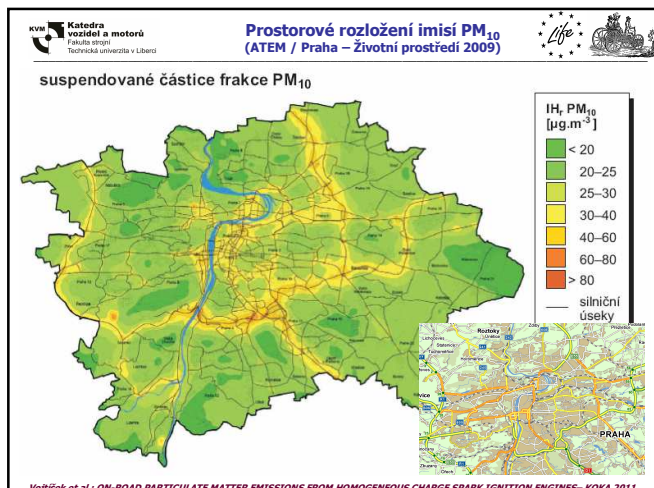
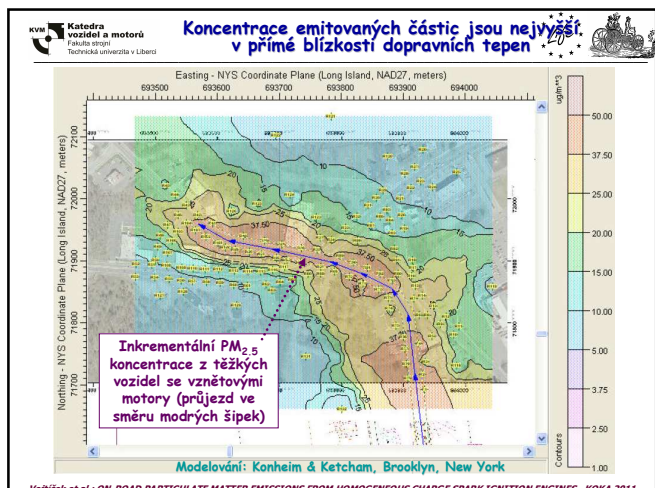
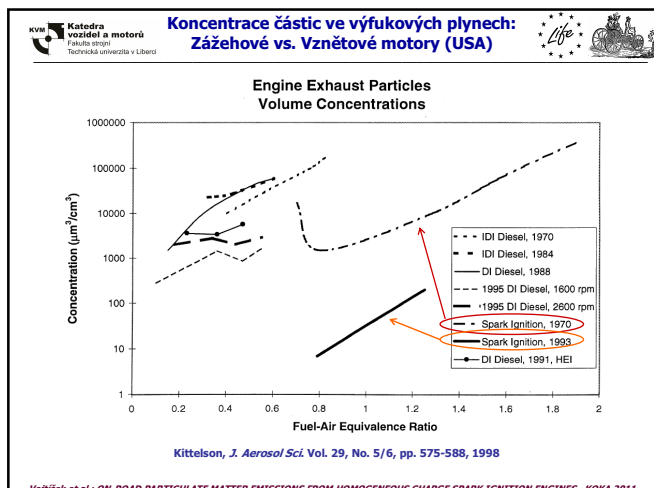
Nárůst intenzity dopravy způsobuje, že téměř polovina emisí pevných částic pochází z mobilních zdrojů
v Praze doprava vyprodukuje 10,8 Gg (mil. tun) částic ročně
– to je 14-15x více 0,7-0,8 Gg/rok ze stacionárních zdrojů
 (dle Praha – Životní prostředí 2009)



Zdroj data v grafu: Ročenka Životního prostředí, MŽP ČR, 2007; Centrální registr motorových vozidel; Ministerstvo dopravy

Vojtíšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011





Ekvivalentní z hlediska „ $\text{PM}_{2.5}$ “ - ale ekvivalentní zdravotní riziko?

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

Jedna anorganická částice o průměru 2000 nm (2 μm)

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

Vojříšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES— KOKA 2011

Recent Research Findings:

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

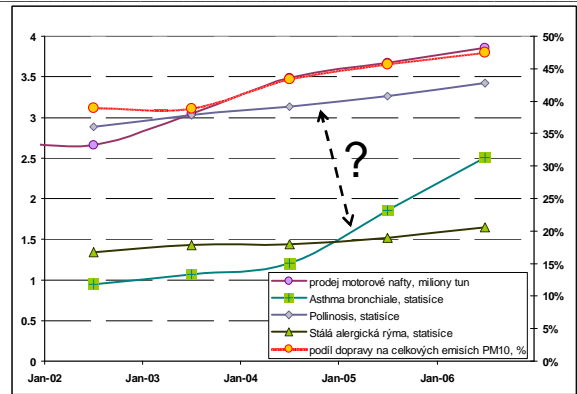
Air Pollution Causes Premature Death

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).

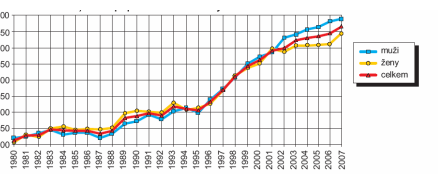
Mikroskopické pevné částice vznikající spalováním jsou jedna z nejčastějších příčin předčasného úmrtí. V Kalifornii zabíjejí více lidí, než dopravní nehody, a přibližně stejně jako druhotný cigaretový kouř.

Vojříšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES— KOKA 2011

"Fine particulate matter (PM_{2,5}) is responsible for significant negative impacts on human health. Further, there is as yet no identifiable threshold below which PM_{2,5} would not pose a risk. As such, this pollutant should not be regulated in the same way as other air pollutants. The approach should aim at a general reduction of concentrations in the urban background to ensure that large sections of the population benefit from improved air quality. However, to ensure a minimum degree of health protection everywhere, that approach should be combined with a limit value, which is to be preceded in a first stage by a target value." (Směrnice 2008/50/EC, úvodní část)



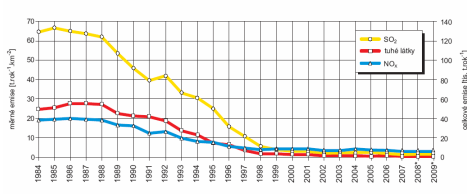
Zdroj: Ročenka životního prostředí, MŽP ČR, 2007.



Počet hlášených zhoubných nádorů a novotvarů in situ na 100 tis. obyvatel
Zdroj: Praha - Životní prostředí 2009.

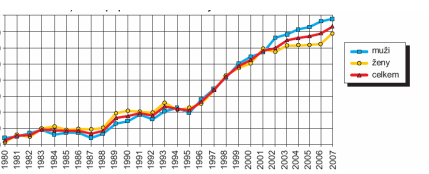
Zdroj: ÚZIS, Národní onkologický registr ČR

Obr. B1.2.3 Celkové a měrné emise ze stacionárních zdrojů, Praha, 1984-2009



* od roku 2008 zahrnuje emise tuhých látek ze stavebních činností

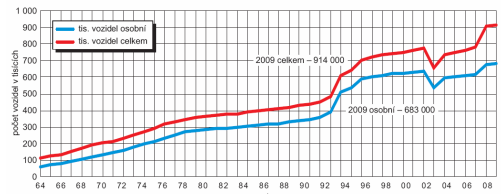
Zdroj: ČHMÚ



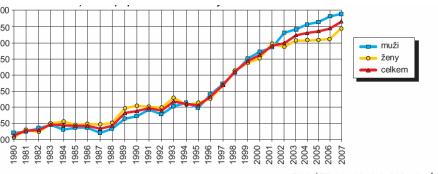
Počet hlášených zhoubných nádorů a novotvarů in situ na 100 tis. obyvatel
Zdroj: Praha - Životní prostředí 2009.

Zdroj: ÚZIS, Národní onkologický registr ČR

Obr. D3.1.2 Počet motorových vozidel



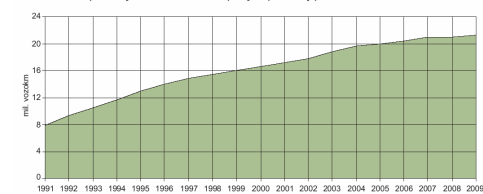
Zdroj: TSK - ÚČI



Počet hlášených zhoubných nádorů a novotvarů in situ na 100 tis. obyvatel
Zdroj: Praha - Životní prostředí 2009.

Zdroj: ÚZIS, Národní onkologický registr ČR

Obr. D3.1.3 Dopravní výkon automobilové dopravy za průměrný pracovní den



Zdroj: TSK - ÚČI

Předběžné, orientační měření emisí částic ze zážehových motorů během reálného provozu z hlediska

- Technických možností proveditelnosti takového měření
- Funkce měřicí aparatury
- Vztahu mezi měřicím rozsahem a měřenými hodnotami
- Celkového množství emitovaných částic
- Orientační indikace velikosti emitovaných částic



Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojí
 Technická univerzita v Liberci

Konstrukce přenosné palubní aparatury (Technická univerzita v Liberci, 2009)

Vojtěšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojí
 Technická univerzita v Liberci

Konstrukce přenosné palubní aparatury - analytická část

Vojtěšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojí
 Technická univerzita v Liberci

Konstrukce přenosné palubní aparatury - výpočet emisí

Vojtěšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojí
 Technická univerzita v Liberci

Ověření (validace) měření částic (Technická univerzita v Liberci, 2008-2011)

Měřicí ionizační komora
 - kalibrována pro měření celkové délky částic

[Vojtěšek, Journal of the Air & Waste Management Association, 54, 2011, 126-134]
 porovnání provedeno se spektrometrem/klasifikátorem (Engine Exhaust Particulate Sizer, TSI, St. Paul, MN, USA)

Semikondenzační integrující nefelometr
 - kalibrován pro měření celkové hmotnosti částic

[Vojtěšek, Society of Automotive Engineers Technical Paper Series, 2003-01-3644 (2003) a 2009-24-0148 (2009)]
 porovnání provedeno s měřením gravimetrickou depozicí na filtr

Vojtěšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojí
 Technická univerzita v Liberci

Škoda Fabia, zážehový motor 1,4 MPI

Vojtěšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011

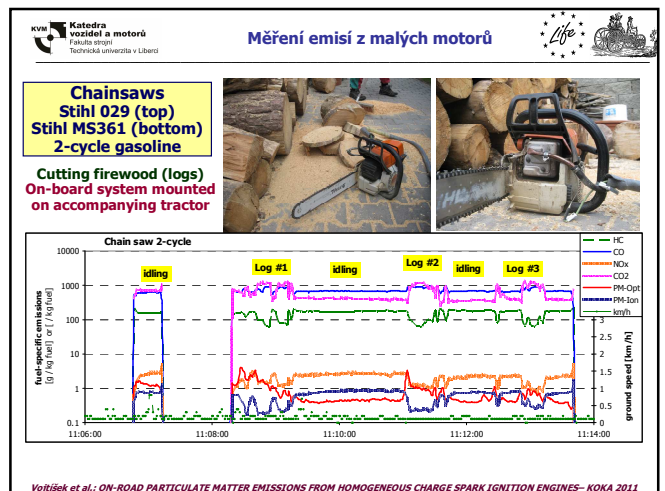
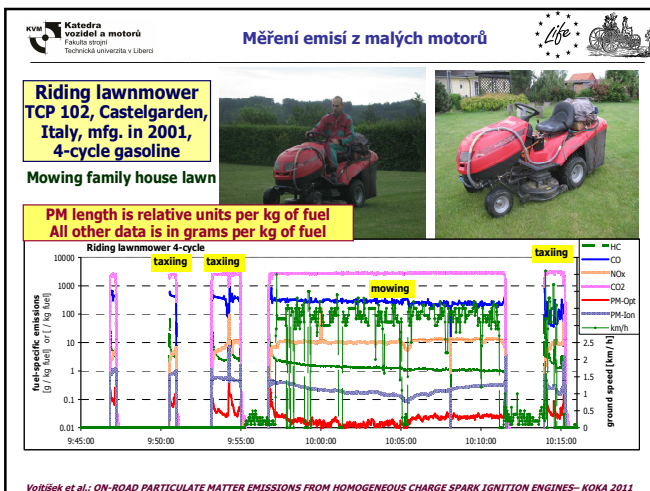
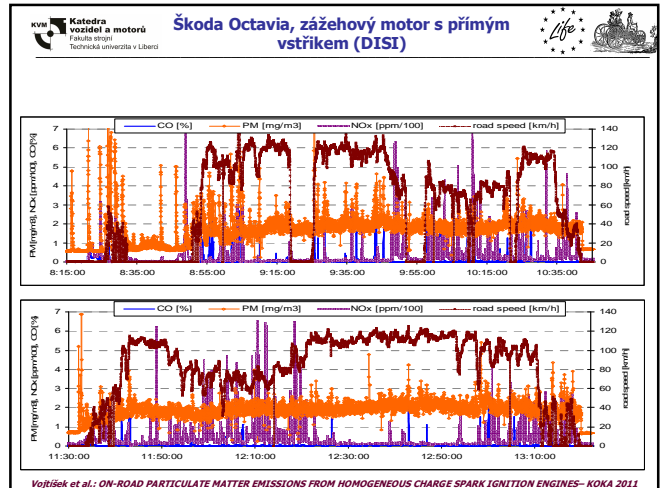
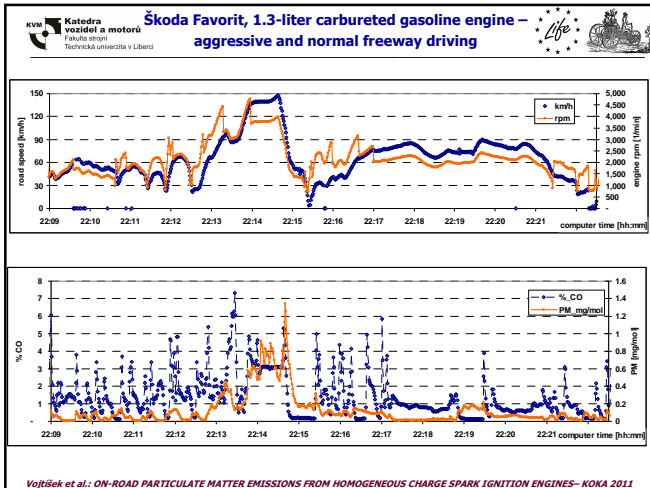
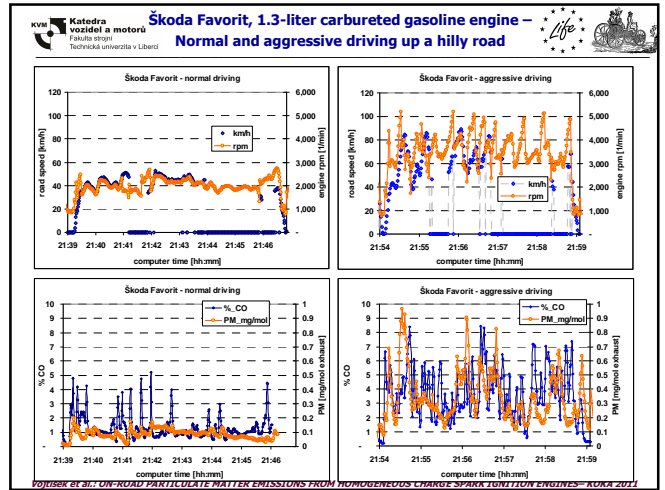
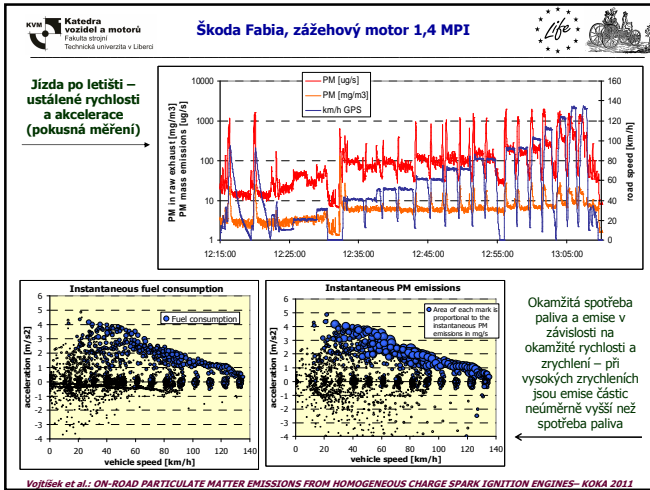
Katedra vozidel a motorů
 Fakulta strojí
 Technická univerzita v Liberci

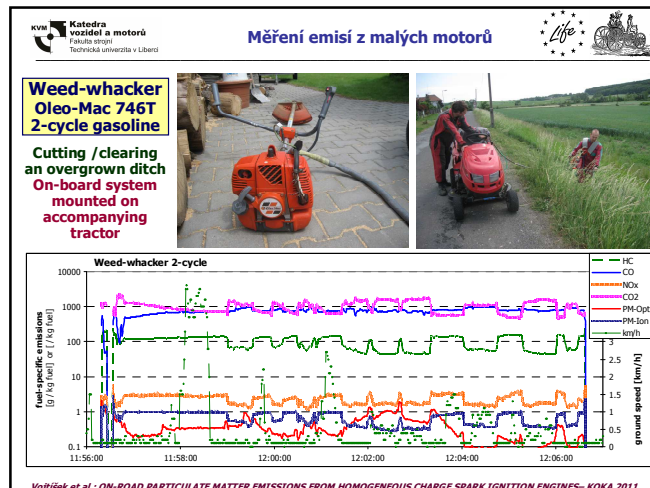
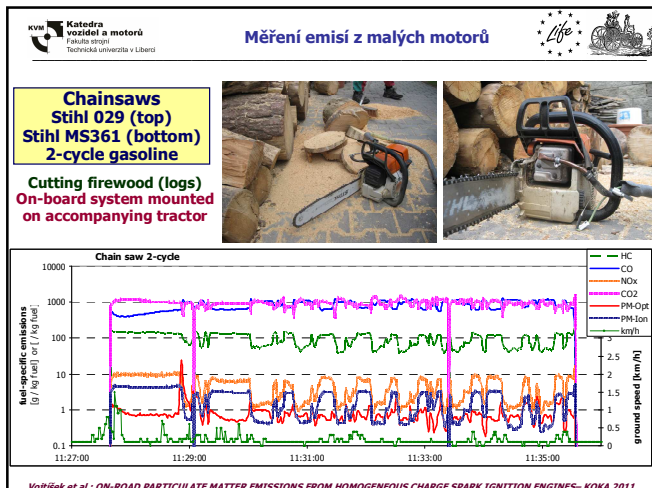
Škoda Fabia – benzinový motor 1,2 HTP

Toto je výjezd z Prahy a cesta po příměstské arteriální komunikaci
 Jízda po městě – 0,7 až 2 litry benzínu za hodinu „vlastní“ spotřeba motoru a příslušenství (jen 1-2 litry na 100 km na „pohon“ vozidla)

Jízda ustálenou rychlosti (řidič se snažil, jinak se takto příliš nejedí)
 Toto je cesta po Praze po místních komunikacích (nikoliv po obchvatu)

Vojtěšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES– KOKA 2011





Katedra vozidel a motorů
Fakulta strojí
Technická univerzita v Liberci

Závěry

Byla provedena předběžná, orientační měření výfukových emisí částic ze zážehových motorů během reálného provozu.

Měření byla provedena na třech automobilech a čtyřech malých motorech (zahradní traktor, dvě motorové pily a křovinořez).

Měření byla provedena přenosným zařízením umístěným na měřeném vozidle, v případě ručně nesených strojů (pily, křovinořez) na doprovodném vozidle.

Byla sledována celková hmotnost (nefelometr) a celková délka (ionizační komora) částic.

Měření přenosným zařízením byla vyhodnocena jako technicky proveditelná.

Naměřené hodnoty byly v řádu setin až jednotek gramu částic na kg paliva, což je zpravidla vyšší, než u vznětových motorů vybavených zachycovačem pevných částic (DPF), ale zpravidla nižší, než u vznětových motorů srovnatelné velikosti a technologie.

Přesnost měření u zážehových motorů nebyla kvantifikována, nebyla k dispozici spolehlivá referenční metoda.

Vzhledem k malému rozsahu měření a prozatím neověřené přesnosti měřicí aparatury je nutné tato měření považovat za orientační, naměřené hodnoty však potvrzují, že problémem emisí částic ze zážehových motorů je třeba se zabývat.

Vojříšek et al.: ON-ROAD PARTICULATE MATTER EMISSIONS FROM HOMOGENEOUS CHARGE SPARK IGNITION ENGINES- KOKA 2011

