

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

TECHNICKÁ FAKULTA
Katedra vozidel a pozemní dopravy



MĚŘENÍ EMISÍ VOZIDEL ZA JÍZDY

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Marios Adamou

Praha 2009

Vysoká škola: Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta: technická

Katedra: vozidel a pozemní dopravy

Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: **Marios Adamou**

Studijní obor: Silniční a městská automobilová doprava

Studijní zaměření:

Název práce: **Měření emisí vozidel za jízdy**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Analýza současného stavu měření emisí vozidel při jízdě. Návrh metody a vypracování metodiky měření

Osnova práce:

- rešerše současného stavu měření emisí vozidel za jízdy
- analýza a technicko-ekonomické zhodnocení současných metod
- návrh nového systému (metoda a metodika měření
- zhodnocení doporučení , závěr

Metodika práce:

- prostudovat základní literaturu, předpisy a normy a provést rešerši
- vyhledat a kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést vlastní analýzu, navrhnout nové způsoby řešení
- provést vlastní rozbor a uvést své názory, příp. nové teoretické předpoklady
- navrhnout doporučení

Rozsah práce: 50 stran textu včetně obrázků, grafů a tabulek

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Centrum dopravního výzkumu: Výzkumné zprávy
2. COST 346, 350, 356 Výzkumné zprávy
3. TUV – SUD Výzkumné zprávy
4. PEJŠA, L.- KADLEČEK, B. aj. Ekonomické, ekologické a bezpečnostní řešení elektronického mýtného výroční grantové zprávy Grant Ministerstva dopravy ČR č. 1F44G/092/120

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

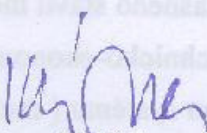
Datum zadání diplomové práce: 30.11.2007

Termín odevzdání diplomové práce 30.4.2009




Doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

vedoucí katedry


Prof. Ing. Jiří Klíma, CSc.

děkan

V Praze dne 28.1.2008

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím literárních pramenů uvedených v seznamu literatury a po odborných konzultacích s vedoucím diplomové práce doc. Ing. Boleslavem Kadlečkem, CSc.

V Praze 30.dubna 2009

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Boleslavu Kadlečkovi, CSc. za konzultace, připomínky při zpracování a zprostředkování měření. Dále děkuji MSc. Michalu Vojtíšku z Technické univerzity v Liberci za pomoc s experimentální částí a poskytnuté informace o mobilním analyzátoru jeho vlastní výroby.

Společnosti HORIBA a SENSORS inc. za poskytnutí materiálu, jmenovitě pak Rudolf Moerkl a Oliver Franken.

Abstrakt:

Cílem této práce je zjištění současného stavu v měření emisí vozidel při jízdě a jejich vzájemné technické porovnání. Popis měřících metod, na kterých jednotlivé analyzátory pracují. V experimentální části této práce je ověřena na vozidle ŠKODA Octavia 2.0 TDI rozdílnost produkce emisí při různých stylech řízení pomocí mobilního analyzátoru. Dále je detailně popsána složitost montáže mobilního analyzátoru do měřeného vozidla. V závěru jsou shrnuty možnosti v měření emisí a jejich eventuálního zpoplatnění z důvodu zlepšení kvality ovzduší.

Klíčová slova: emise, mobilní emisní analyzátor

Abstract:

The aim of this work is to identify the current state of the measurement of emissions of vehicles while driving. Their mutual technical comparison. Description of measurement methods, in which the individual analyzers work. The experimental part of this work is verified on the vehicle Skoda Octavia 2.0 TDI, emissions diversity at different management styles, using a mobile analyzer. In detail is also described the complexity of the assembly of a mobile analyzer measured in the vehicle. In conclusion, the possibilities are summarized in the measurement of emissions and their eventual charges due to improved air quality.

Keywords: emission, on board emission measurement system

OBSAH

Úvod.....	1
1. Legislativa v oblasti emisí vozidel.....	2
1.1. Vývoj emisních předpisů.....	2
1.2. Přejímání emisních předpisů v Evropě.....	4
1.3. Emisní kontroly v průběhu provozu vozidla v ČR.....	5
1.3.1. Přípustné hodnoty.....	5
2. Používané metody měření emisí.....	8
2.1. Charakteristika výfukových plynů.....	8
2.2. Absorpce infračerveného záření – NDIRA.....	10
2.3. Využití chemické luminiscence CLA.....	12
2.4. Měření na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene.....	13
2.5. Absorpce ultrafialového záření.....	15
2.6. Měření emise částic vznětových motorů.....	16
2.6.1. Filtrační metoda.....	16
2.6.2. Opacimetrie.....	17
3. Současný stav v měření emisí vozidel za jízdy.....	18
3.1. Mobilní systémy měření emisí používané ve světě.....	18
3.1.1. Popis přístroje HORIBA OBS-2200.....	19
3.1.2. Analyzátor Semtech-D.....	23
3.1.3. Zkušenosti s mobilním analyzátozem Semtech.....	27
3.1.4. Srovnání analyzátorů.....	29
3.2. Metoda dálkového měření emisí v provozu.....	30
4. Experimentální část.....	32
4.1. Postup měření a popis měřících přístrojů.....	32
4.2. Zhodnocení naměřených hodnot.....	36
4.2.1. Demonstrace rozdílnosti produkce emisí při různém stylu jízdy.....	37
4.3. Návrh možného řešení měření emisí při provozu vozidel.....	40
4.3.1. Přímé měření emisí.....	41
4.3.2. Dálkové měření.....	41
4.3.3. Nepřímé měření emisí.....	41
5. Závěr.....	45
POUŽITÁ LITERATU.....	47
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	48
SEZNAM TABULEK.....	49

Úvod

Rozvoj automobilové dopravy a dalšího průmyslu má za následek rostoucí znečišťování naší planety. Samotná redukce dlouho diskutovaných skleníkových plynů nepřináší tížně eliminování globálního oteplování. Je tedy nutné s tímto stavem něco dělat. A právě tady se naskytá otázka „Jakými dalšími způsoby lze snížit produkci emisí z automobilové dopravy“.

Pokud hledáme řešení, je vhodné začít u výrobce automobilů. Nabízí se možnost změny konstrukce automobilu, či dodatečné redukce emisí, ovšem zde jsou značně malé rezervy. Jedním z posledních pokusů je výroba hybridních vozů, kombinace spalovacího a elektromotoru, ovšem pořizovací cena tohoto automobilu je příliš vysoká, aby v celkovém měřítku došlo k poklesu tvorby emisí.

Jestliže výrobce není nadále schopen snižovat emise, je nutné na tento problém nahlížet z hlediska uživatele. Jak jedinec či podnik může snížit produkci škodlivých emisí. Jedním z řešení je nahrazení individuální automobilové dopravy za hromadnou. Tento způsob se zdá být reálný a s velkými rezervami, ovšem pouze z pohledu uvědomělého jedince.

Rezervy jsou v technickém stavu vozidel, je nutné legislativně zpřísnit pravidelné měření emisí. Jelikož dnešní stav pouze odhalí vozidla v havarijním stavu. Dále je nutná obnova vozového parku, jelikož průměrné stáří osobních vozidel v ČR je na hranici 14 let, což je hluboko pod „optimálním“ stářím vozového parku. V EU se ve většině vyspělých zemí pohybují v rozmezí osm až deset let.

Pokud tedy budeme vycházet z toho, že růst prodeje vozidel se nesníží, pak se naskytá řešení v mýtném nebo zpoplatnění emisí. Mýtné může dopravu omezit, ovšem k samotnému snížení produkce nedojde, pouze se zde naskytá možnost naplnit státní „pokladnu“.

Poslední varianta, zpoplatnění emisí, se zdá být jako nejideálnější řešení. Samozřejmě, že nedojde k rapidnímu poklesu tvorby emisí, ale to ani není cílem této práce. Cílem zpoplatnění emisí bude, naučit řidiče používat automobil tak, aby produkoval co nejméně emisí. V podstatě jezdit pokud možno v tabulkových hodnotách udávaných výrobcem. Jelikož i ten nejušpornější spalovací motor s řidičem, který jezdí s „těžkou nohou“ na akceleračním pedálu bude produkovat emise jako mnohonásobně objemnější motor. Vize zpoplatnění, není trestat majitele automobilu starší výroby či velkého objemu.

1. Legislativa v oblasti emisí vozidel

1.1. Vývoj emisních předpisů

Negativní vlivy výfukových plynů ze spalovacích motorů vedly v minulém století k nezbytnému omezení pomocí legislativních předpisů. První snížení emisí bylo u osobních vozidel povinně zavedeno v roce 1968 ve státě Kalifornie (USA). Dnes existují v mnoha zemích předepsané testy emisí, které zajišťují, že nebudou překračovány stanovené hodnoty. Nejdůležitější a nejpřísnější předpisy pocházejí z USA, Japonska a Evropy (EU).

Prvním předpisem platným v Evropě byla směrnice EHK 15 zavedená v roce 1971, v ČR platná od roku 1972. Ta obsahovala v původní verzi 4 jízdní cykly a počítala s měřením obsahu oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Později přibylo měření oxidů dusíku (NO_x). Test se během let měnil a doplňoval.

Po mnoha přepracováních bylo EHK 15 koncem osmdesátých let nahrazeno novou vyhláškou EHK 83. Ta se stala základem i pro dnes platné předpisy. Původní znění vstoupilo v platnost v roce 1989 (v ČR od 1991). Předpis specifikuje 3 typy hodnocení:

- **Typ A** je určen pro hodnocení vozidel se zážehovým motorem bez dodatečné úpravy spalin (dnes se již uplatňuje pouze na přezkušování emisních vlastností starších typů vozidel při jejich individuálním dovozu nebo při jejich přestavbě na použití alternativních paliv.).
- **Typ B** se používá pro hodnocení vozidel se zážehovým motorem s katalyzátorem (používajících bezolovnatý benzin).
- **Typ C** je určen pro hodnocení vozidel se vznětovými motory (používajících motorovou naftu).

EHK 83 předpis je určen především pro vozidla kategorií M1 a N1 do celkové hmotnosti 3,5 tun a limituje emise složek CO, HC, NO_x a od revize EHK 83.01 i emise škodlivých částic u vznětových motorů. Typickým znakem předpisu EHK 83 je, že u vozidel do celkové hmotnosti 3,5 tun se zkouška provádí při testu simulující jízdu vozidla na válcové zkušebně. Měření tak má kumulativní charakter, z důvodu, že výfukové plyny se zachycují do vaků a výsledné koncentrace se udávají v gramech na km, dříve gramy na test.

Předpis EHK 83 prošel od roku 1989 několika úpravami, které se většinou týkaly zpřísnění limitních hodnot. Na počátku devadesátých let v rámci jednotné legislativy ve státech Evropské unie vychází nové emisní předpisy, jejichž základem je právě EHK 83, ale

nesou již název podle zvyklostí EU. Tyto emisní předpisy jsou spíše známější pod názvem EURO (někdy se používá jenom zkratka EU) plus číslo revize předpisu. Limitní hodnoty předpisů jsou v **tab. 1**.

[1,5]

Tab. 1: Emisní limity pro osobní automobily (kategorie M1) g / km						
Stupeň	Platnost od	CO	HC	HC + NOx	NOx	PM
Vznětové motory						
Euro 1	1992.07	2.72	-	0.97	-	0.14
Euro 2. IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2. DI	1996.01	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.05	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09	0.50	-	0.23	0.18	0.005
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005*
Zážehové motory						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.3	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09	1.0	0.10	-	0.06	0.005
Euro 6	2014.09	1.0	0.10	-	0.06	0.005*
IDI = komůrkové vznětové motory DI = vznětové motory s přímým vstřikováním * v návrhu je, aby se změnil na 0,003 g / km						
<i>Zdroj: [2]</i>						

1.2. Přejímání emisních předpisů v Evropě

Po vzniku Evropského společenství a následně Evropské unie (EU) existují v Evropě dva paralelní legislativní systémy.

První systém představují předpisy Evropské hospodářské komise (EHK) označované, stejně jako výrobky podle nich schvalované, symbolem „E“ v kroužku. Obecně předpisy EHK, tedy nejen ty emisní, vznikají v rámci jednotlivých komisí složených ze zástupců zainteresovaných zemí. Jejich konečné schválení a vydání zajišťuje OSN (organizace společných národů). I když předpis začne platit (a k tomu je potřeba, aby jej přijaly nejméně dvě země), neznamená to, že je pro všechny státy sdružené EHK automaticky povinný. Přistoupení k předpisům EHK je dobrovolné a jednotlivé země se pro přijetí předpisu a termín jeho zavedení rozhodují na základě svých možností a svojí potřeby.

Druhým systémem jsou tzv. směrnice (direktivy) Evropské unie (EU), které jsou povinné pro všechny členské země EU. Pro označování těchto předpisů, resp. výrobků se používá symbol „e“ v kroužku.

V Evropě můžeme státy podle emisní legislativy rozdělit do tří základních skupin:

- Státy, které přejímají předpisy EHK. Tyto země přijímají předpisy podle svých možností, proto se mohou i předpisy limitující hodnoty škodlivých složek výfukových plynů platné pro nová vozidla v jednotlivých státech lišit.
- Členské země EU, které se povinně řídí směrnicemi. Tady naopak platí, že výrobci vozidel ze států, které nejsou členy unie (sem patří i Česká republika) zajišťují, aby vozy jejich produkce limitní hodnoty dané směrnicemi plnily, jinak jsou na západoevropských trzích neprodejně.
- Státy, které samy zavedly přísnější limity množství emisí škodlivin, než jsou legislativně v rámci Evropy požadovány. V kategorii vozidel M1 a N1 to jsou předpisy USA pod označením FTP 75, u těžších vozidel pak předpis USA – Transient Test. Tyto testy pocházejí z Kalifornie, která udává trend ve vývoji limitů emisí škodlivých látek ve výfukových plynech. Z evropských zemí je používají např. Švédsko, Švýcarsko, Dánsko, Finsko a Norsko.

[1,5]

1.3. Emisní kontroly v průběhu provozu vozidla v ČR

V České republice je problematika v měření emisí, v průběhu provozu vozidla, řešena zákonem č. 56/2001 Sb. Rozsah a praktické provedení emisních kontrol je dán vyhláškou MDS č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel. Tyto prohlídky mají za cíl sledovat emise vozidla v průběhu jeho užívání a eliminovat tak vozidla ve špatném technickém stavu.

1.3.1. Přípustné hodnoty

Zážehové motory

S neřízeným emisním systémem (vztahuje se i na vozidla vybavená neřízeným emisním systémem s katalyzátorem).

Obsah oxidu uhelnatého (CO) ve výfukových plynech je považován za přiměřený ukazatel charakterizující složení výfukových plynů vozidla. To za předpokladu, že nedochází k nadměrnému vynechávání zážehů, které nejlépe charakterizuje obsah nespálených uhlovodíků (HC) ve výfukovém plynu, měřený nedispersní infračervenou metodou a vyjadřovaný ekvivalentem n-hexanu. Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu a při zvýšených otáčkách stanoví výrobce vozidla. Pokud tyto hodnoty nebyly stanoveny, nesmí obsah CO překročit hodnoty viz **tab. 2**. Přípustné hodnoty HC (v ppm obj.) stanoví výrobce vozidla.

Tab. 2: Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu (s neřízeným emisním systémem)

do 31.12.1972	6 % obj.
od 1.1.1973 do 31.12.1986	4,5 % obj.
od 1.1.1987	3,5 % obj.

Zdroj: [3]

S řízeným emisním systémem a katalyzátorem

U řízených emisních systémů jsou obsah CO ve volnoběhu a obsah CO a součinitel přebytku vzduchu lambda při zvýšených otáčkách považovány za přiměřené ukazatele charakterizující složení výfukových plynů vozidla.

Přípustné hodnoty obsahu CO při volnoběhu a obsahu CO a součinitele lambda při zvýšených otáčkách stanoví výrobce vozidla. Pokud uvedené hodnoty nebyly stanoveny, pak se berou hodnoty viz **tab. 3**. Součinitel přebytku vzduchu lambda přitom musí dosahovat hodnoty 1 ± 0 (vypočítává přístroj pro měření emisí zážehového motoru z obsahu složek výfukového plynu podle Brettschneiderova vzorce).

Tab. 3: Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu (s řízeným emisním systémem a katalyzátorem)

CO při volnoběžných otáčkách	0,5 % obj.
CO při zvýšených otáčkách	0,3 % obj.

Zdroj: [3]

Vznětové motory

Parametrem, popisujícím emisní chování vznětového motoru v provozu je kouřivost motoru, vyjádřená součinitelem absorpce světla (optickou hustotou - opacitou) výfukového plynu "k" (m^{-1}), zjišťovanou metodou volné akcelerace. Součinitel k je aritmetickým průměrem hodnot součinitelů absorpce změřených při čtyřech za sebou jdoucích akceleracích, které splnily podmínku, že rozpětí (pásma) jejich hodnot není větší než $0,25 m^{-1}$. Pro traktory, vyrobené do konce roku 1980, se připouští toto rozpětí $0,5 m^{-1}$.

Tab. 4: Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu (s neřízeným emisním systémem)

U vozidel vyrobených do 31. 12. 1980	hodnotu $4 m^{-1}$
U vozidel vyrobených po 1. 1. 1981	hodnotu X_p

Zdroj: [3]

Kouřivost motoru, vyjádřená součinitelem absorpce k, nesmí překročit hodnoty uvedené v **tab. 4**.

X_p - hodnota součinitele absorpce

X_p , vypočtenou jako součet hodnoty korigovaného součinitele absorpce X_L , stanoveného pro kontrolovaný typ vozidla při jeho homologační zkoušce, a hodnoty 0,5 m⁻¹

$$X_p = X_L + 0,5$$

$$k \leq X_p$$

Poznámka: Hodnota korigovaného součinitele absorpce X_L (m⁻¹) je uváděna na štítku vozidla, v dílenské dokumentaci k vozidlu a v technickém průkazu vozidla. Vozidla, u kterých korigovaný součinitel absorpce nebyl stanoven, určí hodnotu dovolené kouřivosti X_p pověřená homologační zkušebna.

[3]

2. Používané metody měření emisí

Vlastní hoření směsi ve spalovacích motorech je složitý děj, který je ovlivňován mnoha faktory. Při spalování uhlovodíkových paliv se vzduchem vzniká dokonalou oxidací oxid uhličitý a voda. Dokonalého spalování je však za běžných podmínek prakticky nemožné dosáhnout. Při nedokonalé oxidaci vzniká i oxid uhelnatý a vodík. Kyslík se ve výfukových plynech zážehového motoru objevuje jen tehdy, byl-li v čerstvé směsi v přebytku, nebo se nevyužil z jiných důvodů. U vznětových motorů se objevuje vždy, protože vznětový motor pracuje s přebytkem vzduchu. Nejvýznamnější složkou spalin je dusík. Za vysokých teplot vznikají, které zastupuje zejména oxid dusnatý, v menší míře oxid dusičitý a oxid dusný. Za nepříznivých podmínek pro oxidaci paliva vznikají nespálené uhlovodíky. U naftových motorů vznikají za úplného nepřístupu vzduchu (uvnitř kapičky kapalného paliva) pevné částice. Pro lepší ilustraci škodlivosti jednotlivých plynů je věnována následující podkapitola. [4]

Pro analýzu jednotlivých spalin jsou zapotřebí emisní analyzátory. V této práci jsou uvedeny pouze mobilní analyzátory. Zjišťování složek spalin funguje na principech, jež jsou popsány v následných podkapitolách. Samotné přístroje a jejich popis jsou uvedeny v kap. 3.

2.1. Charakteristika výfukových plynů

Oxid uhelnatý CO

Jedná se o bezbarvý nedráždivý plyn bez chuti, zápachu a je lehčí než vzduch. Jeho jedovatost je způsobena silnou afinitou k hemoglobinu (krevnímu barvivu), což znemožňuje přenos kyslíku z plic do tkání. Vazba oxidu uhelnatého na hemoglobin je přibližně dvousetkrát silnější než kyslíku a proto jeho odstranění z krve trvá mnoho hodin až dní. Příznaky otravy se objevují již při přeměně 10 % hemoglobinu na karboxyhemoglobin. U postiženého je typické třešňové zbarvení kůže a sliznic.

Dále se CO podílí na vzniku letního (fotochemického) smogu, který se vytváří především ve větších velkoměstech. CO je produktem nedokonalé oxidace uhlíku obsaženého v uhlovodíkovém palivu.

Oxid uhličitý CO₂

Produkt dokonalé oxidace, výsledkem kvalitativního spalování. Bezbarvý, nehořlavý plyn, těžší než vzduch. Je značně rozpustný ve vodě za vzniku slabé nestálé kyseliny uhličitě. Stoupající koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší vlivem spalování fosilních paliv se dává do souvislosti s oteplováním Země, způsobené skleníkovým efektem. Oxid uhličitý ze všech tzv. skleníkových plynů (vodní pára, přízemní ozon, methan aj.) nejvíce pohlcuje sluneční záření a tím brání jeho zpětnému vyzařování do vesmíru

Oxidy dusíku (NOXY) No_x

Přímá škodlivost NO je vcelku nízká, ale při dalším pohybu v atmosféře dochází k oxidaci na oxid dusičitý, který je již škodlivější. Při vdechování se na stěnách sliznice tvoří kyselina dusičná (HNO₃). Dýchací soustava reaguje na její vdechování jako na začínající hoření a automaticky přivírá přístup vzduchu do plic. Důsledkem je pocit dušení a nucení ke kašli.

Nespálené uhlovodíky HC

Různá směs uhlovodíků, nejmenší škodlivost mají ty, které jsou obsaženy v původním palivu, vysokou škodlivost mají ty, které vznikají jako meziprodukty oxidace původní uhlovodíkové molekuly a vlivem různých okolností proběhl cyklus oxidačních reakcí pouze zčásti (např. účinkem ochlazení v blízkosti stěn válce), nejnebezpečnější jsou polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), jejichž škodlivost je zesílena vazbou na pevné částice. Nespálené nebo částečně z oxidované uhlovodíky (aldehydy) způsobují charakteristický zápach výfukových plynů.

Pevné částice PM

Vznikají výhradně u vznětových motorů. Obsahují elementární uhlík, organický uhlík a malé množství sulfátu, dusíku, vody a další neidentifikovatelné složky. Jádro částic se skládá z pevného uhlíku a popele. Organické a sulfátové směsi a další prvky jsou sorbované na povrch jádra během koagulace, adsorpce a kondenzace částic.

Oxid siřičitý SO₂

Bezbarvý plyn, štiplavě páchnoucí, poměrně silně napadá sliznice a potlačuje odolnost organismu vůči infekcím. S pomocí vody pak způsobuje tzv. „kyselé deště“, které poškozují

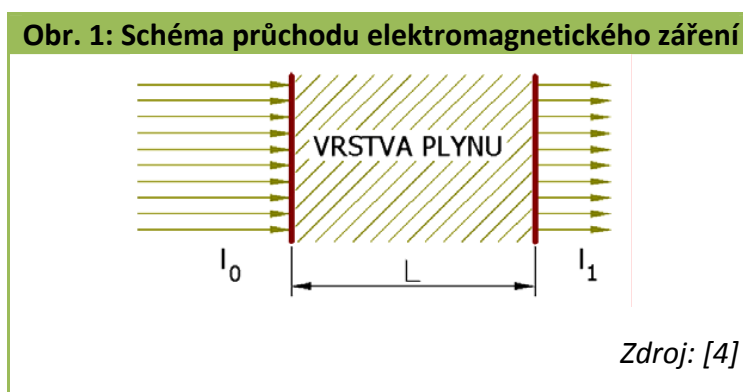
především lesní porosty. V současné době však již jako složka emisí ze spalovacích motorů přestává mít význam, jelikož trend výrobců stále směřuje k výrobě nízko-sirnatých naft.

Olovo Pb

Zatížení olovem silně pokleslo, zejména v důsledku používání bezolovnatých pohonných hmot. Olovo je tzv. těžký kov a z hlediska toxicity patří mezi nejprostudovanější prvky. Dlouhodobé expozice olova na člověka má vliv na nervový systém a krevní tlak. Donedávna se používalo olovo jako aditivum do motorových paliv. Vývoj v této oblasti značně snížilo nebezpečí tímto toxickým kovem.

[1,4,6]

2.2. Absorpce infračerveného záření – NDIRA

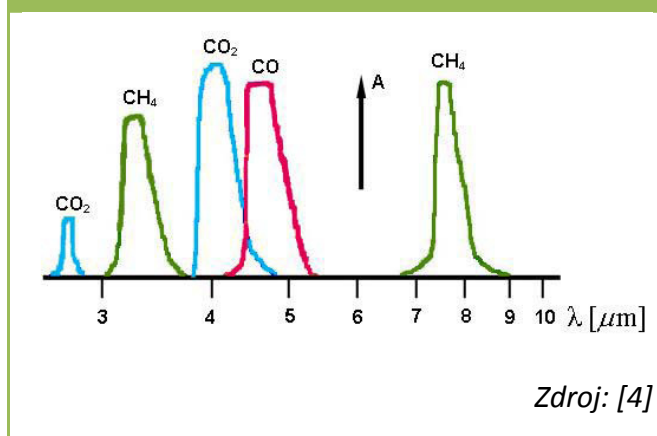


Měření je založeno na principu průchodu elektromagnetického záření vrstvou plynu **obr. 1**, přičemž část procházející energie je pohlcena. Pro každou vlnovou délku platí Λ Lambertův-Beerův absorpční zákon. Při zjišťování přítomnosti jednotlivého plynu v analyzované směsi se využívá vlastnost, že závislost absorpčního koeficientu na vlnové délce záření je individuální vlastností plynů, které obsahují v molekule alespoň dva rozdílné atomy. Absorpci záření konkrétního plynu určuje velikost plochy pod křivkou **obr. 2**. Extrémy vibračních absorpčních spekter leží v rozsahu vlnových délek, pro které se používá označení infračervená oblast.

Přístroj využívá tohoto principu **obr. 2**, infračervené záření vydané zářičem prochází kyvetami s okny z materiálu (kazivec), který propouští dané vlnové délky. Srovnávací kyveta obsahuje plyn, který nepohlcuje infračervené záření (často čistý dusík). Měřicí kyveta je proplachována analyzovaným vzorkem spalin. Rozdíl intenzit pošlého záření je měřítkem

koncentrace aktivních plynu ve zkoušeném vzorku. Selektivnosti přístroje na konkrétní složku spalin dosáhneme umístěním dvoukomorového komparátoru za kyvety. Obě komory komparátoru obsahují plyn, jehož přítomnost ve vzorku analyzujeme. Plyn v komparátoru absorbuje pouze v oblasti svého individuálního absorpčního spektra. Vlivem pohlcení části záření sledovanou složkou v měřící kyvetě dochází k rozdílnému zahřívání komory umístěné za měřící kyvetou a komory za srovnávací kyvetou. Aby se zabránilo asymptotickému blížení se teploty náplně komparátoru stavu rovnováhy, danému přívodem energie a ztrát sdílením tepla do okolí, tok záření se moduluje rotující clonou. Clona zajistí periodický průběh teploty v obou komorách, přičemž amplituda rozdílu teplot (v ustáleném stavu, při neměnném složení vzorku) je úměrná koncentraci sledované složky. V praxi se neměří teplota komor, ale zpracovává se hodnota kapacity deskového kondenzátoru. Kondenzátor je tvořen membránou, která odděluje obě komory, a paralelně nataženou sítíčkou. Membrána si mění svůj průhyb vlivem rozdílného tlaku v obou komorách, který je způsoben různým množstvím přivedeného tepla do jednotlivých komor komparátoru (ohřev plynu v komparátoru lze při zanedbání nepatrné změny objemu, dané různým průhybem membrány, považovat za izochorický). Změna polohy membrány zapříčiní měřitelnou změnu kapacity kondenzátoru, která je vyhodnocována elektronickými obvody pro zpracování signálu.

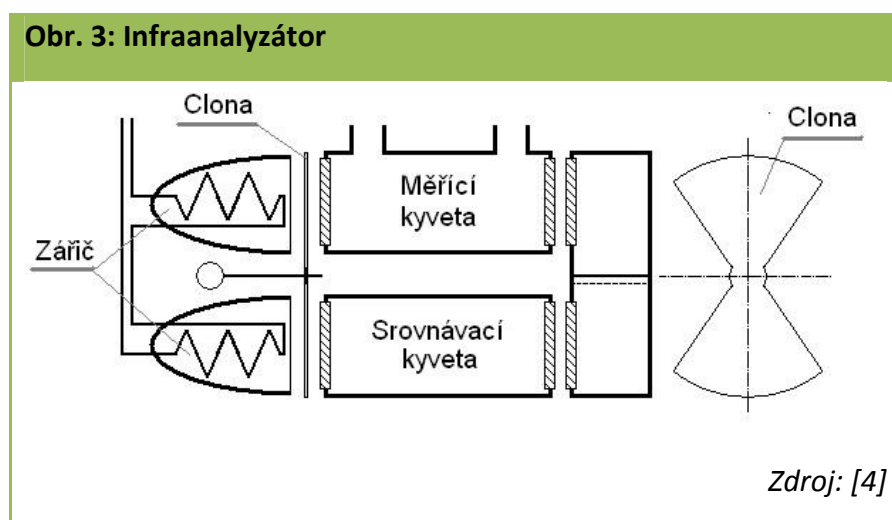
Obr. 2: Absorpční spektra



Výše popsané uspořádání měřícího zařízení neumožňuje korektně se vypořádat s překrýváním absorpčních spekter některých komponent analyzovaného vzorku. Z **obr.2** je patrné, že tento problém nastává při analýze obsahu oxidů uhlíku. Je zřejmé, že ohřev komory komparátoru bude při měření obsahu CO ovlivněn přítomností CO₂ ve vzorku. Vzhledem k tomu, že koncentrace CO₂ ve spalinách je při správném spalování výrazně vyšší než koncentrace CO, nelze tuto chybu zanedbat. Tento problém odstraníme umístěním filtrační

kyvety, naplněné rušivou komponentou, do optické dráhy před měřicí i srovnávací kyvetu, jak je znázorněno na **obr. 3**.

Analyzátorů NDIRA se používá jako standardních měřidel pro zjišťování koncentrace CO a CO₂. Při použití metody NDIRA pro měření celkového obsahu nespálených uhlovodíků narážíme na problémy související s jejich různorodým složením. Z tohoto důvodu je obtížné určit optimální náplň komparátoru a případné filtrační kyvety tak, aby bylo dosaženo správných výsledků. Při volbě náplně komparátoru lze vycházet z podobnosti složení nespálených uhlovodíků při spalování stejného paliva. Dále je nutno vzít v úvahu, že naměřená koncentrace HC nijak nezohledňuje značný rozdíl ve škodlivosti jednotlivých uhlovodíků, ale udává pouze celkový obsah HC ve spalinách. Proto lze metodu NDIRA pro měření obsahu HC použít spíše pro rychlou a jednoduchou kontrolu emise nespálených uhlovodíků motorem (např. pravidelné měření emisí vozidla).



Součástí měřícího zařízení musí být také komponenty sloužící k zajištění požadovaných vlastností vzorku (tlak, rychlost průtoku kyvetou, teplota, vlhkost atd.). Infraanalyzátor narozdíl od některých jiných přístrojů nevyžaduje při vlastním měření dodávku dalších provozních látek. Z toho důvodu patří k nejjednodušším a nejlevějším analyzátorům při dodržení požadované přesnosti měření. [1,4]

2.3. Využití chemické luminiscence CLA

Chemiluminiscenční analyzátor **obr. 4** (CLA – ChemiLuminiscent Analyse)

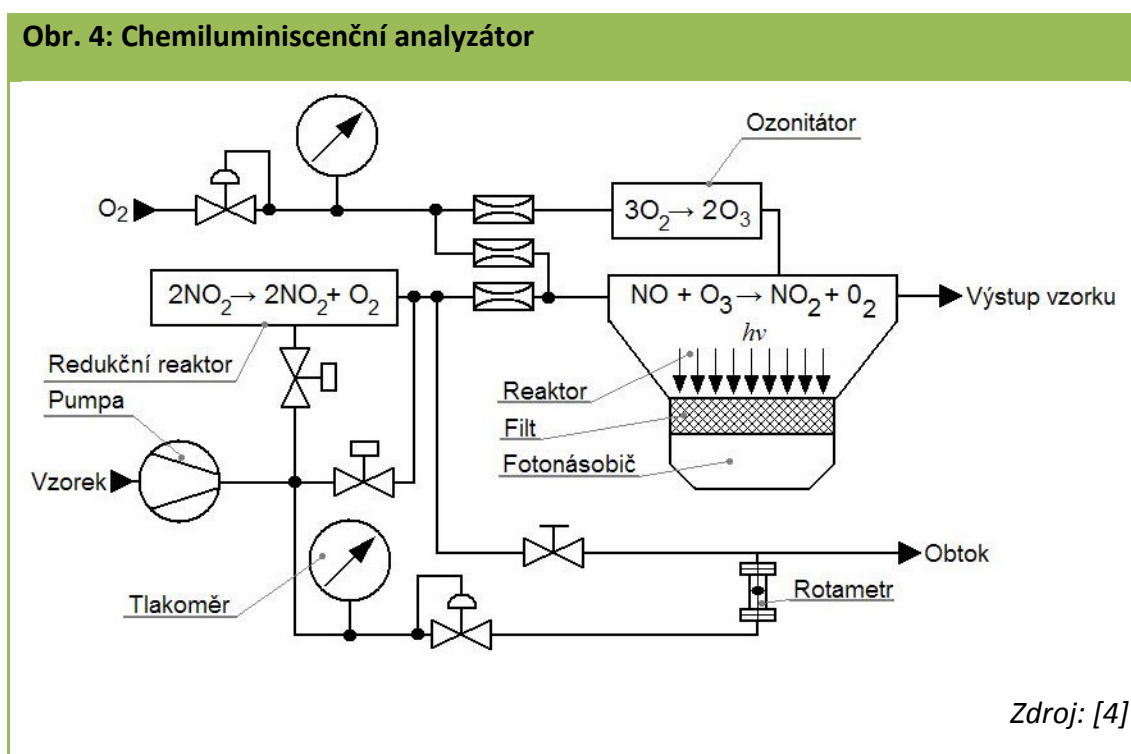
- Velmi citlivý a selektivní
- Prakticky nevykazuje příčnou citlivost na jiné složky ve vzorku
- Značná možnost změny měřícího rozsahu

- V průběhu měření je také nutný trvalý přísun kyslíku do ozonizátoru

Chemická luminiscence je emise specifických energetických kvant (fotonů) provázející některé chemické reakce. Slouží ke stanovení koncentrace oxidů dusíku.

Zápis reakce je:

Ozón (O_3) je potřeba vyrobit pomocí elektrostatického pole o vysokém napětí na molekuly kyslíku. Ozón a zkoumaný vzorek přivádíme do reaktoru. Reaktor obsahuje fotonásobič, jehož výstupní signál je úměrný množství dopadajících kvant. Výstup fotonásobiče se dále zpracovává v elektronice přístroje. Jako vstupní látka reakce figuruje pouze NO. Pro zjištění NO_2 je nutné přepnout elektromagnetické ventily tak, aby vzorek procházel katalyckým reaktorem (vyhříváný). Dochází k redukci NO_2 na NO, dle rovnice $2NO_2 \rightarrow 2NO + O_2$. Koncentrace NO_2 je pak rozdílem hodnot naměřených v obou režimech při analýze stejného vzorku. [4]



2.4. Měření na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene

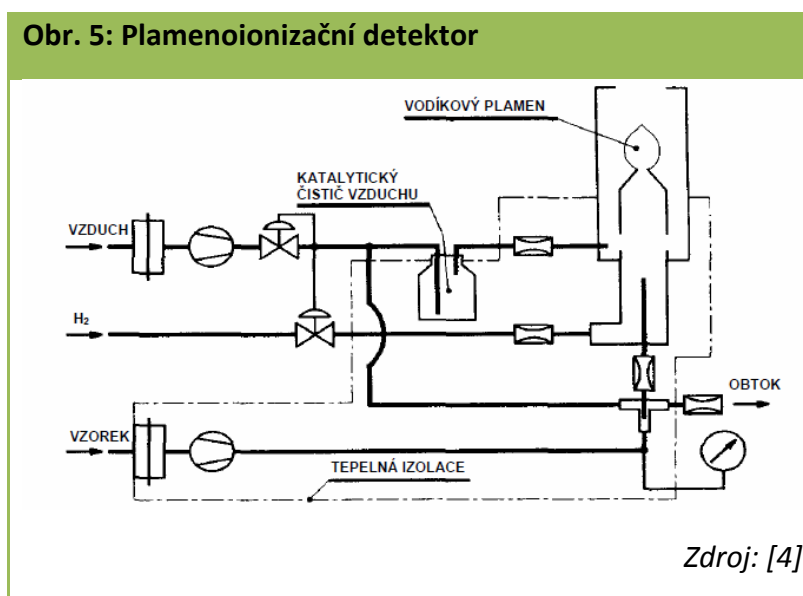
Plamenoionizační detektor (FID – Flame Ionization Detector) pracuje na principu, který byl původně vyvinut jako detektor chromatografu. Metoda využívá skutečnosti, že

přivedením elektrického potenciálu na vodíko-vzduchový plamen vzniká velmi malý proud iontů. Přivedeme-li do tohoto plamene spaliny s organicky vázaným uhlíkem, dojde k nárůstu proudu iontů úměrně množství uhlovodíků ve spalinách.

Schéma přístroje pro měření obsahu HC ve spalinách je uvedeno na **obr. 5**. Difúzní vodíkový plamen je zapálen při spuštění přístroje žhavicí svíčkou. Nasávaný atmosférický vzduch, potřebný k hoření plamene, musí být v katalytickém čističi vzduchu zbaven v něm obsažených organických sloučenin, aby se zabránilo zkreslení měření. Proud iontů je snímán dvojicí elektrod. Jedna elektroda je obvykle tvořena tělesem hořáku, druhá elektroda je vhodně umístěna v plameni.

Koncentrace nespálených uhlovodíků, která je určena analyzátozem FID se značně liší od údaje naměřeného metodou NDIRA. Rozdíl hodnot je závislý na konkrétním složení uhlovodíků a také na použité náplni komparátoru v NDIRA analyzátozu. Proto je vhodné spolu s údajem o obsahu HC ve spalinách uvádět i použitou metodu měření.

Pro zvýšení vypovídací hodnoty měření je vhodné přivádět analyzovaný vzorek přes speciální katalytický reaktor. Funkce katalyzátoru spočívá v dodatečné oxidaci nemetanových uhlovodíků. Přístroj potom ukazuje koncentraci metanu ve spalinách. Odečtením koncentrace metanu od celkové emise uhlovodíků (THC – Total HydroCarbons), naměřené bez katalyzátoru, získáme koncentraci nemetanových uhlovodíků (NMOC – Non Methan Organic Components).

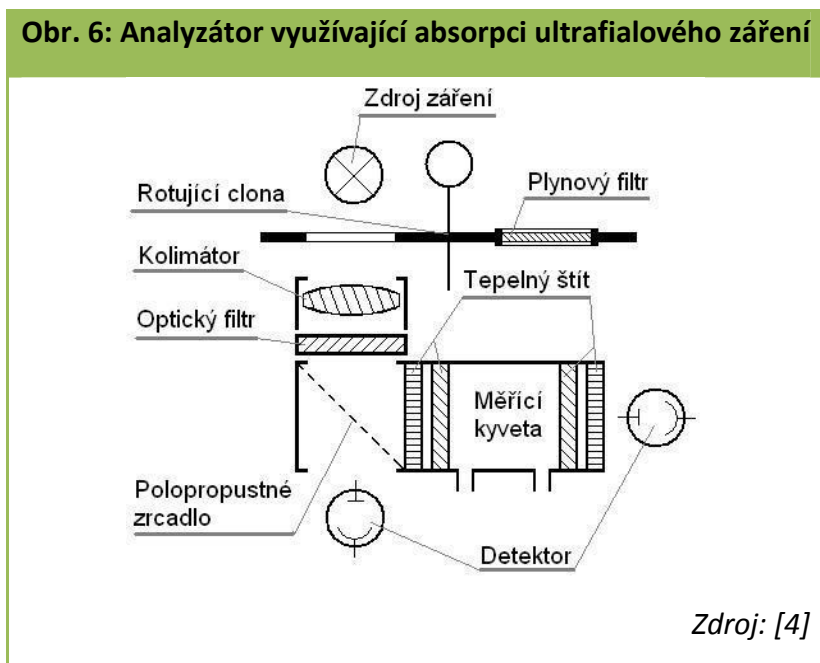


Vzhledem k jisté příčné citlivosti detektoru na koncentraci kyslíku ve vzorku, je nutno pro dosažení správných výsledků dbát na nastavení správného směšovacího poměru. Při

provozu je nutno do přístroje trvale dodávat vodík (případně směs vodíku s heliem nebo dusíkem) a vzduch pro spalování (pro přesná imisní měření je nutno použít syntetický vzduch). [1,4]

2.5. Absorpce ultrafialového záření

Optický analyzátor využívá absorpci UV záření na **obr. 6**. Zářič je realizován plynovou výbojkou s dutou katodou. UV záření je v čase modulováno pomocí rotující clony a místně rozděleno polopropustným zrcadlem. Část záření prochází měřicí kyvetou, v níž dochází k částečnému pohlcení absorpčně aktivních složek přítomných ve zkoumaném plynu, který je kontinuálně přiváděn. Referenční paprsek je veden na korekční detektor (fotonásobič). Symetricky na protilehlé straně clony je otvor. Selektivita přístroje je dána volbou náplně výbojky a plynového filtru. Simultánním zpracováním výstupních signálů z obou detektorů (z nichž každý vykazuje tři charakteristické úrovně, podle okamžité polohy clony) se v elektronických obvodech přístroje generuje napětí, které je lineární funkcí kontrakce sledované složky ve vzorku. Uspořádání s referenčním paprskem liminuje vliv neselektivní absorpce (nánosem na povrchu kyvety). Příčná citlivost je potlačena použitím optického filtru.



Metoda se používá ke zjišťování koncentrace oxidů dusíku (NO_2 , NO). Tento způsob měření je výrazně méně používán, z důvodu omezené životnosti výbojky (náplň se časem provozu spotřebovává).

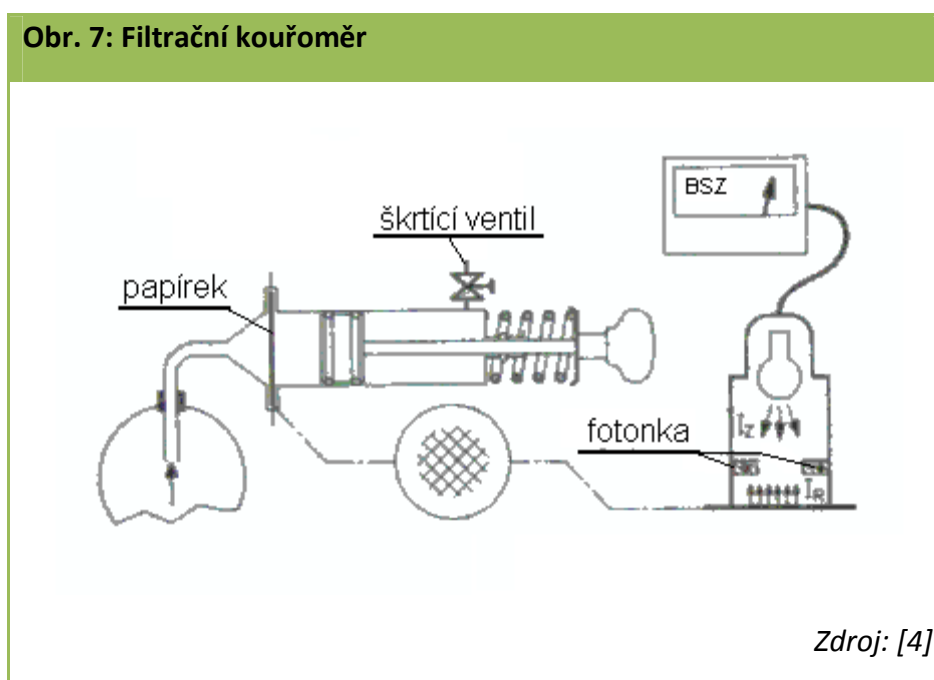
Nejmenší měřicí rozsah obnáší typicky stovky ppm NO, což pro analýzu spalín emitovaných motorem vyhovuje. Pro ostatní koncentrace NO₂ je ovšem nejmenší měřicí rozsah (řádu desetin % = tisíce ppm) příliš hrubý. Elektronicky lze přepínat měřicí rozsahy v poměru cca 1:10. [1,4]

2.6. Měření emise částic vznětových motorů

2.6.1. Filtrační metoda

Princip metody je založen na zachycení částic kouře na filtračním papírku **obr. 7**, přes který se prosává vzorek výfukových plynů definovaného objemu a definovanou rychlostí (nastavena škrticím ventilem). Množství zachycených částic se vyhodnocuje opticky mírou zčernání papírku a to porovnáním množství pohlceného světla, které projde přes zčerněný papírek ve srovnání s množstvím, které projde nepoužitým papírkem.

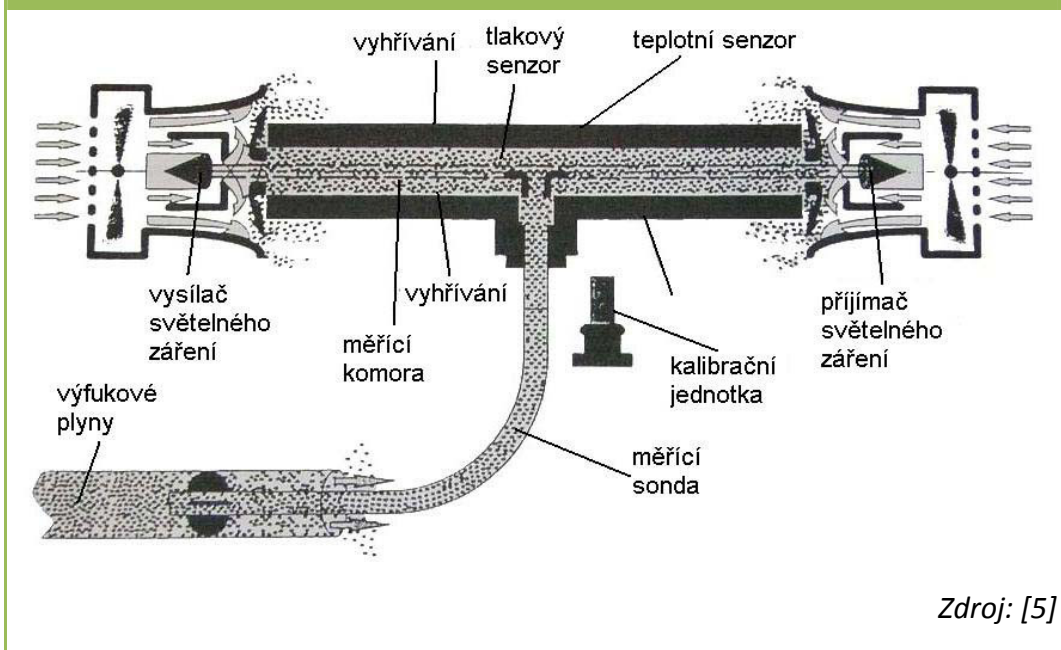
Výsledkem je stupeň zčernání nebo SZ (Schwarzungszahl, někdy též BSZ=Bosch Schwarzungszahl, či Bn=Bosch Number). Filtrační metoda je dvoufázová – v definovaném režimu běhu motoru se uskuteční odběr vzorku, který se dodatečně vyhodnotí v optickém vyhodnocovacím zařízení (neflekční fotometr).



V modernějším provedení pracuje automaticky s kontinuálním páskem papírku, vestavěnou pumpou a přívodní hadicí připojenou trvale k výfukovému traktu. [1,4]

2.6.2. Opacimetrie

Obr. 8: Princip opacimetru



Jedno etapové přímé zjišťování pohltivosti světla sloupcem výfukových plynů definované délky. Měřená veličina se nazývá opacita (= pohltivost světla) spalin a příslušný měřicí přístroj je opacimetr. Pro tuto veličinu se též používá opisné označení emise viditelného kouře. V měřicí komoře opacimetru to vypadá **obr. 8** tak, že na jednom konci komory je lampa a na druhém konci detektor (fotodioda). Ta měří, kolik světla vyzářeného lampou na ni dopadne. Je-li v komoře čistý vzduch, pak světlo není pohlcováno a hodnota opacity je 0 %. Pokud se do komory pustí „tmavý“ výfukový plyn, ten část světla pohltí. Kdyby neprošlo k fotodiodě vůbec žádné světlo, pak by hodnota opacity byla 100 %. Zeslabení intenzity světelného záření v komoře opacimetru s výfukovým plynem nemá na svědomí jen absorpce, ale také rozptyl světla. Pohlcování světelného záření ve výfukových plynech vznětových motorů nezpůsobují jen pevné částice vytvářející černý kouř, ale také mazací olej, který při teplotě pod 180 °C kondenzuje. Jeho jemné kapičky zbarvují kouř do modra. [1,5]

3. Současný stav v měření emisí vozidel za jízdy

3.1. Mobilní systémy měření emisí používané ve světě

V zásadě se touto problematikou zabývá pouze několik společností. Většina je zaměřena na servisní analyzátory, které jsou ovšem pro tuto oblast měření v provozu naprosto neúčelné, jediná alternativa je pak simulovat jízdu na válcové zkušebně. Pokud se zaměříme na mobilní systémy, je ve světě jen pár výrobců, kteří tyto přístroje vyrábějí: HORIBA, SENSOR. Tento stav je díky tomu, že tyto analyzátory nejsou pro provádění emisních zkoušek legislativně předepsány.

Tyto analyzátory vznikly na popud Evropské unie (pilotní program EU-PEMS), která hledá efektivní nástroje k tomu, aby se emise kontrolovaly v průběhu provozu těžkých (heavy-duty) vozidel vzhledem k emisním normám. Z tohoto důvodu byl navrhnout analyzátor a vyvíjen protokol pro provádění kontrol v průběhu provozu pomocí PEMS (přenosného systému měření emisí). Technické a experimentální aktivity začaly v srpnu 2004 studovat proveditelnost PEMS. EU-PEMS projekt byl úspěšně dokončen v červnu 2006 a jeho závěry byly schválené účastníky s investory.

Tato technologie umožňuje reálné testování v čase a poskytuje více dat než konvenční laboratorní zkoušky vozidla (výzkum zaměřený na lepší právní předpisy ukázal, že standardní postupy homologace a zkušebních cykly nemusí odrážet skutečný provoz vozidel a to souvisí i s produkcí emisí). PEMS nabízejí moderní způsob, jak ověřit vliv emisí ze spalovacích motorů na životní prostředí. Integrují přesné analyzátory plynu, výfukové hmotnostní průtokoměry, meteorologické stanice, Global Positioning System (GPS) a připojení k vozidlu sítí. PEMS poskytnout kompletní a velmi přesné sledování znečišťujících látek vypouštěných z motoru (HC, CO, CO₂, NO_x) společně se souvisejícími okolními parametry.

Hlavní výhodou všech těchto on-board přístrojů je jejich mobilita a snadná obsluha. Tyto systémy vám umožňují měřit skutečné emise výfukových plynů v reálných podmínkách a zkoumat vztah mezi emisemi a dalšími parametry, jako je typ vozidel, jejich stáří a technický stav, pohonné hmoty, řidičovo chování (agresivní či ekonomický styl jízdy), silničního provozu a stavu vozovky a povětrnostních podmínek. [7,9]

3.3.1. Popis přístroje HORIBA OBS-2200

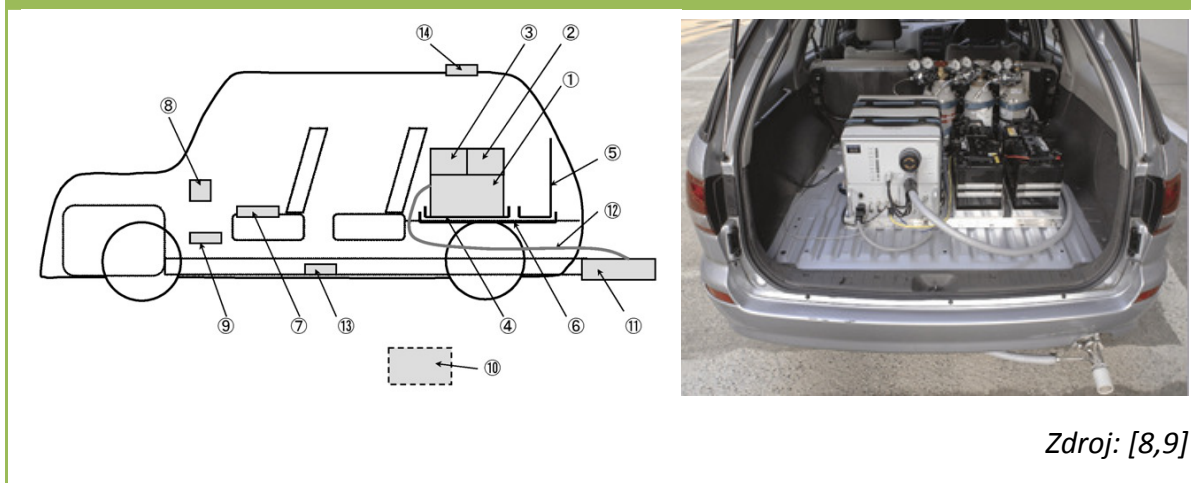
Jedná se o mobilní analyzátor, který dokáže měřit koncentrace CO, CO₂, HC a NO_x z vozidla, také počítá hmotnostní emise těchto plynů a spotřebu paliva. K OBS (On Board System) funkcím patří výfukový průtokoměr, GPS přijímač, senzory pro monitorování parametrů motoru a atmosférických podmínek v reálném čase. Jedná se o kompaktní jednotku, která zaujímá prostor cca 850x850x500 mm a váží cca. 64 kg. Výrobce se zmiňuje o snadné obsluze a montáži do vozidla. Systém je vhodný pro všechny typy vozidel (nákladní, osobní) a druh paliv (zážehový i vznětový motor).

Efektivní sběr dat podporuje oblasti energetiky a životního prostředí. Při měření může významně přispět ke snižování znečištění, studie a zlepšení spotřeby paliva. Vozidlo pro měření emisí se již neomezuje pouze na laboratorní vyšetření. Umožňuje širokou škálu praktických aplikací.

Systém analyzuje níže uvedené emise (uvedena metoda měření):

- CO a CO₂ měřena pomocí NDIR analyzátor
- THC koncentrace je měřena pomocí FID analyzátor
- Koncentrace NO_x se měří pomocí CLD analyzátor

Obr. 9 - Rozmístění jednotky HORIBA OBS-2200



Zdroj: [8,9]

Instalace analyzátoru do vozidla

Postup instalace se provádí v tomto sledu (rozmístění jednotlivých komponentů systému Horiba OBS-2200 je naznačeno na **obr. 9** a pozice jsou objasněny v **tab. 5**).

Tab. 5 – Hlavní části analyzátoru (OBS-2200)

Pozice	Název	Popis	Poznámky
1	OBS hlavní jednotka	Hlavní jednotka s CO, CO ₂ , THC a NO _x analyzátorů	
2	Externí vstupní jednotka (EIU)	Spojovací jednotka pro nahrávání vnějších signálů k ovládní PC	Volitelný
3	Zdroj pro řídicí jednotku (PCU)	Zdroj pomáhá baterii vozidla	Volitelný
4	Stojan baterie	Základní deska pro 24 V DC baterie (pár z 12 V DC baterie)	Volitelný
5	Držák tlakových lahví	Držák pro plynové láhve (40% H ₂ /He)	Volitelný
6	Montážní deska	Ložná deska pro celý systém	Volitelný
7	Kontrolní PC	Slouží k sledování a analyzování dat	
8	Stop tlačítko	Tlačítko pro přerušení práce systému v případě nouze	
9	OBD spojovací modul	Spojovací modul pro komunikaci s ECU zkušební vozidla	DPA 4, volitelný
10	Napájecí zdroj (PSU)	Vnější jednotka pro převádění AC na DC	Volitelný
11	Tail-pipe připojení	Připojit senzory a Vyhřívanou trubku k výfuku	S Pitotovými trubicemi
12	Vyhřívaná vzorkovací trubice	Vyhřívaná trubka pro transport vzorku plynu k analyzátorům	191°C
13	Teplota okolí a snímač vlhkosti	Senzor monitorující teplotu okolí a vlhkost	
14	GPS anténa	Anténa přijímající GPS signál	

Zdroj: [8]

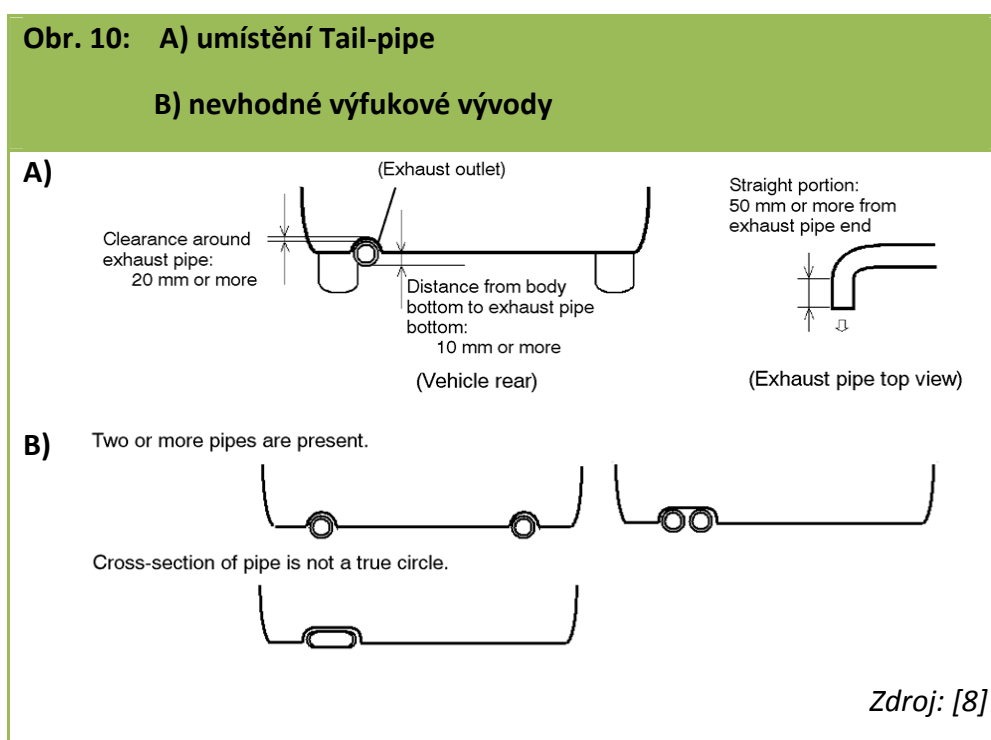
Prvním krokem je umístění kontrolního PC na přední sedadlo spolujezdce. Dále montáž stop tlačítka pro nouzové vypnutí celého systému v blízkosti řidiče či obsluhující osoby (spolujezdce). Instalace montážní desky na zvolené místo (zadní část vozidla) a její zajištění pomocí šroubů a matic (pokud je možnost). Umístění OBS hlavní jednotky, EIU (volitelně) a PCU (volitelně) na desku a zajistit pomocí pásů. Dále baterie a plynové lahve zajistíme proti možnému pohybu.

Další částí je nasadit tail-pipe (výfuková hadice), to je ovšem limitováno. Je možno pouze měřit automobily s jedním výfukem **obr. 10** (nutné odmontovat jakékoliv typy koncovek). Je nutné zvolit jednu z variant redukcí, jež bude pasovat na zkušební vozidlo (každý výrobce má odlišný průměr výfukového potrubí). V nabídce jsou redukce v průměru od 27-170mm. Umístit a zafixovat láhve a baterie. Posledním krokem je veškeré komponenty propojit.

Napájet analyzátor lze těmito způsoby

- Pomocí PSU (zdroj síť) - nezatěžuje baterie analyzátoru ani autobaterii, vhodné pro warm-up (zahřátí) systému
- PCU (zdroj vypomáhá autobaterie či obs baterii)
- OBS baterie (2x 12V baterie)

Nevýhodou tohoto systému je jeho relativní prostorová náročnost. Montážní deska zabírá prostor 820x850x528 mm (šířka x hloubka x výška) a fixace pomocí šroubu. Je otázkou, zda tuto jednotku lze umístit do menších vozidel, ukázka instalovaného analyzátoru je vyobrazena na **obr. 9**.



S celým systémem komunikujeme pomocí kontrolního PC. Ten funguje pod systémem Windows, jenž automaticky spustí program HORIBA.

Po spuštění systému bude vždy provedena Automatické (manuální – volitelná) kalibrační funkce. Doba zahřívání analyzátoru se pohybuje okolo jedné hodiny. Při opakovaném zapnutí/vypnutí je doba zahřevu obvykle delší než 1/2hodiny a je vhodné využít jako zdroj energie síť (PSU), pak přepnout na baterie.

Analyzátor nabízí dva testy „standardní“ a „NTE“ (not-too-exceed) test. U obou je jejich konfigurace jako jsou frekvence zaznamenávání (0,1 – 5s), čas měření (60 – 3600s) po té se systém sám vypne a další.

Obr. 11: Ukázka měření



Zdroj: [8]

Analyzátor pomocí GPS modulu, zaznamenává polohu jednou za sekundu, nabízí grafické zobrazení emisí, velikostí bodu, které byly vypuštěny z měřeného vozidla na dané trase. Ukázka z měření **obr. 12.** [7]

Obr. 12: Grafické znázornění emisí na trase



Zdroj: [8]

Tab. 6: Rozsahy analyzátoru HORIBA OBS-2200

Složka	Měřící rozsah	Přesnost
CO	0-0.5 to 0-10 vol%	±2.5 %
CO ₂	0-5 to 0-20 vol%	
THC	0-100 to 0-10000 ppmC	
NO, NO _x	0-100 to 0-3000 ppm	

Zdroj: [8]

3.3.2. Analyzátor Semtech-D

Americká společnost Sensors-inc vyvinula emisní analyzátor pro benzínové (Semtech-G) a dieselové (Semtech-D) motory, které měří emise v reálném čase. Semtech-D (**obr. 13**). Tato společnost je přesvědčena, že bez ohledu na to, jak sofistikované jsou laboratorní zkoušky, nikdy skutečně nekopírují reálné provozní podmínky.

Analyzátor Semtech-D je primárně určen pro kontrolu vozidel s dieselovým pohonem, zemědělských a stavebních strojů. Analyzátoru lze použít také pro monitorování emisí v dalších mobilních aplikacích, jako jsou vodní a hornictví, ale i stacionární aplikace. Jedná se o emisní analyzátor, jenž poskytuje okamžitou analýzu výfukových plynů s přesností $\pm 3\%$ čtení při vykazování koncentrace pro NO, CO, CO₂, a THC. Měření probíhá v běžném provozu.

Obr. 13: SEMTECH – D, umístění ve vozidle SEMTECH - G



Zdroj: [10,11]

SEMTECH byl navržen tak, aby odpovídal co nejvíce analytickým výsledkům laboratorních přístrojů a přitom splňovat zvláštní požadavky na emisní monitoring aplikací přímo ve vozidle. To vyžaduje snížení velikosti, hmotnost a spotřeby energií v kombinaci se sníženou citlivostí k vibracím a změnám teplot, tlaku a vlhkosti.

Složky jsou zjišťovány danými metodami:

- FID na měření THC
- NDUV pro analýzu oxidu dusnatého (NO) a oxid dusičitý (NO₂).
- NDIR analyzátor pro měření oxid uhelnatý (CO) a oxidu uhličitého (CO₂)
- Elektrochemické čidlo pro kyslík (O₂) měření.

Instalace systému:

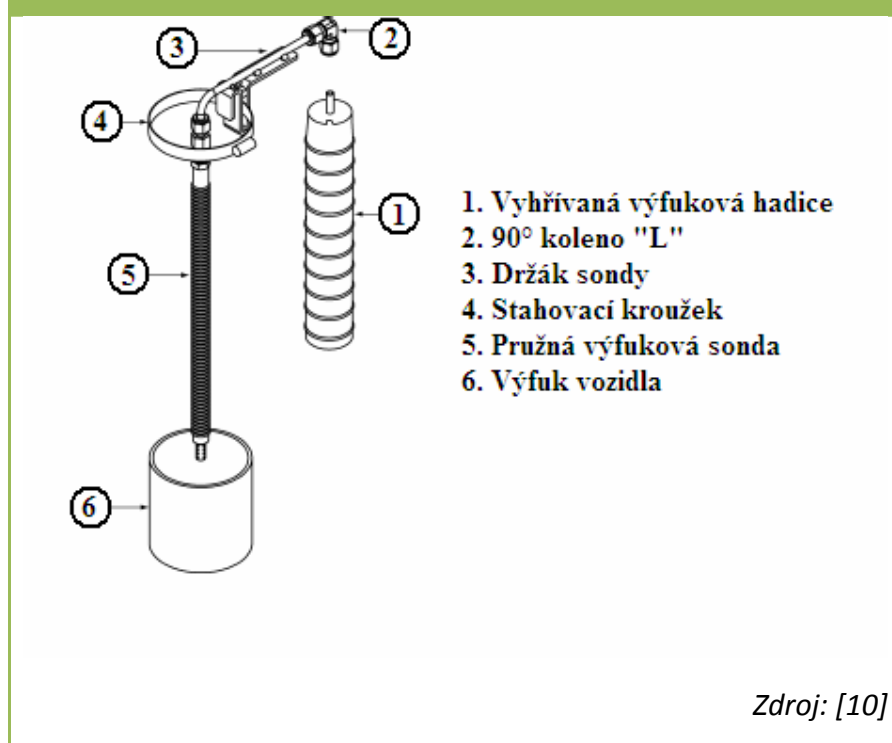
System lze použít i k standardnímu měření (na válčích). Ovšem je nutné přístroj umístit do 19“ police (není standardně dodáváno).

SEMTECH-D musí být připojen ke zdroji energie nominálního stejnosměrného napětí 12 V (musí být menší než 15 V, nebo systém nelze spustit). Analyzátor odebírá 60 A během zahřívání (warm-up) a méně než třicet 30 A po zahřátí. SEMTECH-D se připojuje k baterii vozidla, tedy 12 V. Pro zahřátí systému je vhodné použít externí baterie či adaptér, po zahřátí analyzátoru zdroj odpojíme a připojíme k baterii vozidla (vhodné při spuštěném motoru zkoušeného vozidla). Pokud motor neběží je vhodné analyzátor vypnout a to nejpozději do 30 minut (dle výrobce), hrozí vybití baterie vozidla.

Prvním krokem je instalace výfukové sondy. Sonda **obr. 14 (5)** se vloží do výfuku vozidla a zafixuje se pomocí stahovacího kroužku **obr. 14 (4)**. U některých vozidel je vhodnější vyměnit koleno „L“ za přímé. Výfukovou vyhřívanou hadice je potřeba vhodně vést k analyzátoru (např. zadním oknem vozu). Je třeba dbát na to, aby vyhřívaná hadice **obr. 14 (1)** nepřišla do kontaktu s výfukem vozu (z důvodu jejího propálení). Délka vyhřívané hadice je cca 3,5 m (standardně dodávaná s analyzátozem). Dále instalace FID lahve do zadní části analyzátoru.

Dalším krokem je umístění analyzátoru do vozu. Při vykonávání zkoušky v provozu, musí být analyzátor pevně připevněn k vozidlu. Pro těžká nákladní vozidla, systém může být instalován v kabině nebo za kabinou na desku před točnicí. System by měl být umístěný ve vodorovné poloze a pevně zabezpečený se dvěma západkami. Oproti HOBIBA OBS-2200 tento analyzátor není nutné instalovat na žádnou montážní desku.

Obr. 14 – Instalace výfukové sondy

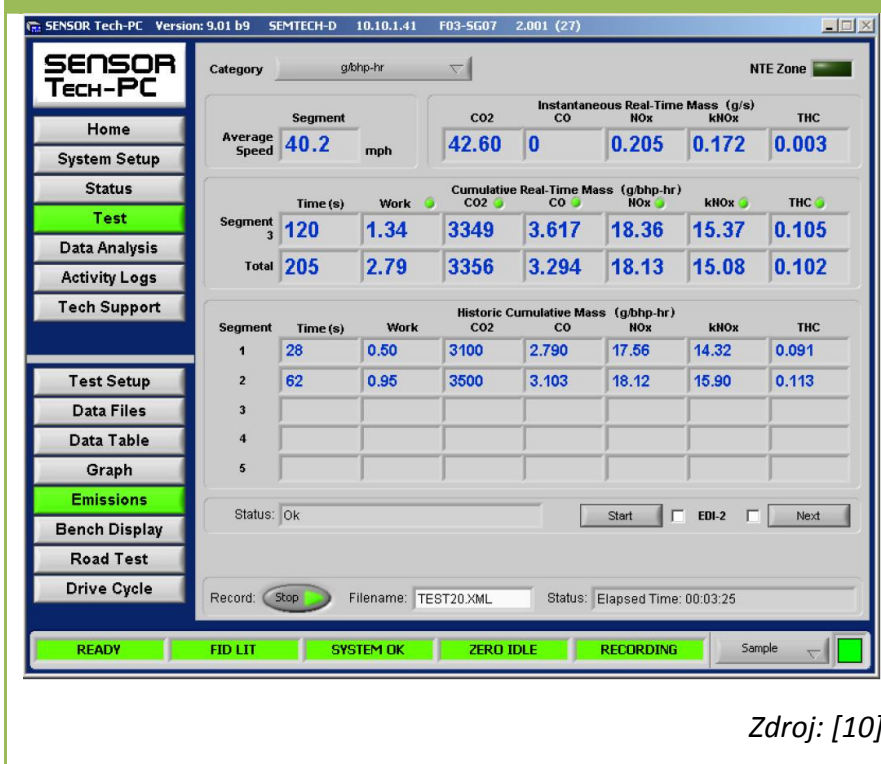


Propojení s řídicí jednotkou motoru (ECU). Při směřování kabelu k analyzátoru, je nutno dbát na to, že kabel nebude zasahovat do běžného provozu vozidla (nebrání k řízení vozidla). Dále propojit přenosný PC s SEMTECH-D pomocí standardního kabelu Ethernet. Případně bezdrátový Ethernet (802.11b WiFi). Připevnit sondu počasí (okolní teploty a relativní vlhkosti). Umístit GPS přijímač na střechu (pomocí integrovaného magnetu), tento krok může být vynechán, pokud GPS data nejsou požadované (např. stacionární zkušební provoz buněk). Vložit CompactFlash kartu do slotu na předním panelu analyzátoru. Pokud CompactFlash karta je prázdná nebo chybí jakékoli z SEMTECH-D konfigurační soubory, systém automaticky nainstaluje standardní soubory na kartě. Tato akce se provádí pouze při spuštění systému. Na 1 GB Compact Flash karu je možné uložit více než 300 hodin dat.

Spuštění systému se provádí po spojení všech komponent, pak může být jednotka zapnuta, stisknutím vypínače na předním panelu. Po inicializaci všech výstupů do power-on stavu se přístroj zahřeje (warm-up) na provozní teplotu (cca 60 min). Zavisí na jednotlivých složkách, pro:

- FID (THC) 60 minut
- Senzor kyslíku 5 minut
- NDUV (NO a NO₂) a NDIR (CO a CO₂) 45 minut

Obr. 15 – Ukázka softwaru



Zdroj: [10]

Jednotlivé kroky jsou viditelné na předním panelu pomocí LED diod. Instalace softwaru je obdobná jako u OBS-2200 s rozdílem, že Semtech nemá kontrolní PC a proto je nutné provést instalaci softwaru z příloženého CD do vašeho osobního (přenosného) PC. Minimální hardwarové požadavky jsou, P5 Pentium CPU, pro komunikaci, pořizování a zpracovávání dat. Aplikací software má velmi jednoduchou instalaci. Jeho ukázka z měření je na **obr. 15**, jež nabízí bezpočet nejrůznějších funkcí a aplikací. Instalační průvodce vede uživatele celým procesem instalace, která trvá jen pár minut. Semtech komunikuje s PC pomocí Wi-Fi (či síťového kabelu). [8]

Tab. 7: Rozsahy analyzátoru SEMTECH – D

	Rozsah	Rozlišení	Přesnost
CO ₂	0 – 20 %	0,01 %	± 0,1 or ± 3 %
CO	0 – 8 %	10 ppm	± 50ppm or ± 3 %
THC	0 – 100 ppm	0,1 ppm	± 5ppm or ± 2 %
NO	0 – 4 ppm	1 ppm	± 15ppm or 3 %
NO ₂	0 – 500 ppm	1 ppm	± 10ppm or 3 %

Zdroj: [10]

3.3.3. Zkušenosti s mobilním analyzátozem Semtech

Společnost MAN (výrobce nákladních vozidel) dne 28.3.2008 prezentoval své zkušenosti s přenosným PEMS zařízením Semtech DS, jedná se o novější verzi analyzátoru Semtech – D. Zařízení bylo instalováno na vozidle s přívěsem vybaveným vznětovým motorem MAN D20 (splňující normu Euro 4 a výkonem 440HP) tento typ motoru se svými variantami D2066LF31/34/36 je nejvíce prodávaných typů motorů, 22% ze všech prodaných motorů, v období od 10/2006 do 10/2007. Použilo se vozidlo, které bylo v provozu 2 roky, s pravidelnými servisními intervaly.

Cílem tohoto měření bylo zjištění dob instalace a porovnání (v textu je uvedena zkušenost s instalací, jelikož dostupné porovnání s laboratorními přístroji bylo v literatuře nekompletní) mobilního analyzátoru (Semtech DS) s laboratorními (Horiba MEXA 7170, ABB Sensyflow).

Obr. 16: Demontáž nádrže a umístění analyzátoru



Zdroj: [12]

Instalace analyzátoru:

Mobilní analyzátor byl umístěn v kabině vozidla. Výfuková sonda byla instalována na místo druhé nádrže, která byla demontována **obr. 16 a 17**. Záložní baterie, pro případ zhasnutí motoru, byly implementovány do vyrobeného držáku, jež byl nad analyzátozem. 10 l FID lahev upevněna za kabinou vozidla. Spuštění analyzátoru bylo dle výrobce, nejdříve bylo

využito napětí 220V po zahřátí analyzátoru bylo přepnuto na zdroj ve vozidle (24 V). To bylo ovšem složitě řešeno, tak že z napětí vozidla (24 V) bylo převedeno na 220 V a pak na 12 V, které odebírá analyzátor.

Obr. 17: Umístění záložní baterie, výfukové sondy, FID lahve



zdroj: [12]

Vyhodnocení:

Z **tab. 8** je patrné, že doba instalace se s počtem instalací snižuje. Avšak je nutné zdůraznit, že v tomto případě byla demontována nádrž, výroba nové palubní klapky pro vyvedení kabelu z kabiny vozu apod. Proto tyto časy nebudou shodné při montáži do OA (osobní automobil), kde nebude nutné tyto kroky činit. Instalace do OA bude několikanásobně rychlejší. [12]

Tab. 8: Doby instalace analyzátoru Semtech DS

Vozidlo	Instalace (hod)	Demontáž (hod)	Ostatní nutné práce
1	140	6	Výroba všech nezbytných adaptérů, držáků, elektroinstalace, vozidla, boční ochrana, palubní klapky, hledání řešení pro napájení problém
2	14	5	Výroba držáku pro baterie, pro montáž mimo kabinu
3	12	5	pouze instalace / odstraněn

Zdroj: [12]

3.3.4. Srovnání analyzátorů

V následující **tab. 9** je porovnání mobilních analyzátorů. Bohužel se jedná pouze o informace získané od výrobce. Proto je nutno věřit těmto poskytnutým datům. Pokud se zaměříme na základní rozdíly pak výhodou HORIBA OBS-2200 je: větší přesnost (0,5%), cena a PC v základní sestavě. Nevýhodou pak: vyšší váha, rozměry a napájení (24 V).

Z těchto poznatků lze usuzovat, že pro použití analyzátoru do OA je vhodnější využít SEMTECH –D. Z důvodu napájení na 12 V a jeho menší prostorové náročnosti. Ovšem na úkor „nižší“ přesnosti.

Tab. 9: Porovnání HORIBA OBS-2200 vs Sensors-inc SEMTECH-D

		HORIBA OBS-2200	Sensor SEMTECH-D
Rozměry		820x850x528 mm	516x622x404 mm
Warm – up		60 min	60 min
Váha		64 kg	35,4 kg
Doba provozu		Až 4 hod	Neuvedeno
Princip měření	CO₂, CO	NDIR	NDIR
	THC	FID	FID
	NO, NO_x	CLD	NDUR
Přesnost		2,5 %	3%
Doba odezvy T90		3,0 s	
Další		Kontrol PC (v základní sestavě)	Vlastní PC (přes WiFi)
Cena (základní závisí na zvolené konfiguraci)		€ 73.100 – 95.000	€ 90.000 – 130.000

Zdroj: [8,10]

3.4. Metoda dálkového měření emisí v provozu

Společnost Environmental Systems Products (ESP), výrobce senzorů pro dálkové měření emisí vozidel. ESP už déle než 25 let vyrábí produkty a poskytuje služby pro technické kontroly a údržbu automobilů. Její nejnovější inovace AccuScan 4600, navržená pomocí aplikace Autodesk Inventor, dokáže změřit výfukové emise vozidla. Celý proces trvá asi 0,7 sekundy, což znamená, že AccuScan 4600 může měřit emise až o 2000 vozidel, každou hodinu.

Obr. 18 – ESP AccuScan 4600



A - snímač SPZ (fotoaparát)

B – analyzátor (zdroj infračerveného a ultrafialového paprsku)

zdroj: [13]

Princip:

Podél silnic jsou umístěna zařízení systému **obr. 18** RSD (Remote Sensing Device), která vysílají infračervené a ultrafialové světelné paprsky. Paprsky zachytí znečištění způsobené výfukovými zplodinami vozidel, které RSD okamžitě analyzuje. Digitální fotoaparát zachytí snímek registračního čísla vozu a software potom registrační informaci spojí s výsledkem měření emisí. Tento rychlý, neobtěžující test emisí umožňuje řidičům nechat si otestovat vozidlo bez návštěvy kontrolní stanice. Hlavním cílem monitorovacího

programu je stanovení procenta „vysoce znečišťujícího“ vozidla, která využívají městské silnice. Tato získaná informace pomůže budoucí strategii řízení kvality ovzduší. Tento proces představuje také příležitost prozkoumat vozidlo a může být doporučeno, aby automobil nechal zkontrolovat v servisu. V některých státech, které zavedly ekologické programy, jako například Colorado, řidiči vozidel, kteří dvakrát během dvou týdnů minou zařízení RSD s „čistým“ výsledkem, obdrží poštou potvrzení, které je zbavuje povinnosti dostavit se k testu emisí do kontrolní stanice.

Accuscan 4600 měří emise oxidu dusnatého (NO), oxidu uhelnatého (CO), oxidu uhličitého (CO₂), uhlovodíky (HC) a opacitu. Systém také zaznamenává rychlost a akceleraci vozidla. Všechny údaje se zaznamenávají k pořízenému snímku s obrazem registrační značky, která byla zajata vysokorychlostní kamerou, což umožňuje identifikaci.

Z těchto údajů řidiči mohou získat rady, jak méně znečišťovat a zároveň úspóřit finance. Zároveň získané údaje mohou sloužit k tomu, jak znečištěné jsou naše silnice. Společnými silami je tak možné pomoci „vyčistit“ ovzduší. [13,14,15]

4. Experimentální část

4.1. Postup měření a popis měřících přístrojů

Cílem měření je demonstrace on-board analyzátoru v běžném provozu. Dále ukázka složitosti instalace a obsluhy apod. Měření bylo provedeno na analyzátoru vlastní výroby pana MSc. M. Vojtíška (Technická univerzita v Liberci). A to především z důvodu, že analyzátory popsané v kap. 1.3.1. a 1.3.2. nejsou v ČR k dispozici. Je to dáno tím, že legislativně nejsou na našem území potřeba.

Měření bylo provedeno na vozu ŠKODA OCTAVIA 2,0 TDI. Vybaveno přeplňovaným čtyřválcovým vznětovým motorem se zdvihovým objemem 1968 cm³. O výkonu 103,0 kW při 4000 min⁻¹ a točivým momentem 320 Nm při 1750 – 2500 min⁻¹. Motor je vybaven vysokotlakým vstřikovacím systémem Pumpe-Düse, přeplňovaný pomocí turbodmychadla s nastavitelnou geometrií rozváděcích lopatek a následným chlazením stlačeného vzduchu. Vozidlo splňuje EURO 4.

Instalace analyzátoru probíhá v několika krocích a trvá cca.30 - 40 min.

Obr. 19: Zapojení analyzátoru ke zdroji napájení



- 1) Předehřátí analyzátoru na provozní teplotu. Minimální čas zahřívání analyzátoru trvá cca 15 - 20 min. Napájení lze provést dvěma způsoby a to:
 - a. Napájet přímo z baterie automobilu (12 V), zde je nutno, aby byl motor stále v chodu (mohlo by dojít k vybití či zničení autobaterie).

- b. Druhá možnost napájení je ze sítě, pomocí zdroje, který převede 220V na 12V (stejnoseměrné napětí) viz **obr. 19**. Zdroj připojíme na svorkovnici analyzátoru.
- 2) Instalace výfukové hadice na měřený vůz. Konec hadice zavedeme do výfuku vozidla a fixujeme k němu pomocí stahovacích pásků **obr. 20**. Hadici vedeme vhodným způsobem do vozidla, kde bude analyzátor umístěn. Doba instalace cca 5-10min.
- 3) Umístění analyzátoru do vozu **obr. 21**. V tomto případě byl analyzátor umístěn v zavazadlovém prostoru měřeného vozidla.

Obr. 20: Instalace výfukové hadice



- 4) Propojení jednotlivých komponent analyzátoru.
- Napojení tail-pipe do analyzátoru
 - Propojení s průmyslovým počítačem (PC)
 - Zapojení externího monitoru s PC
 - Zapojení otáčkoměru s PC
 - GPS s PC
- 5) Kontrola zapojení a napojení analyzátoru do zásuvky zkoušeného vozu (12 V), dále je nutno analyzátor zafixovat proti možnému pohybu.

Základní vlastnosti analyzátoru

Analýzátor hodnotí jednotlivé složky a na těchto principech:

- Oxid dusný (NO) pomocí elektrochemického článku s upravenou odezvou a rozpoznávací přesností 10ppm.

- Oxidy uhlíku (CO₂ a CO) pracují na principu absorpce infračerveného záření, jsou zde dvě paralelně propojené měřicí kyvety z důvodu přesnosti a možnosti porovnání, pracují s přesností pro CO 2% rel. CO₂ 100ppm.
- Pevné částice (PM) – na základě rozptylu laserového paprsku.

Spaliny vycházející z výfuku jsou nasávány do analyzátoru a zde jsou ohřívány. Z důvodu eliminace kondenzace vody, jež je obsažena ve spalinách, v měřicí technice. Dále jsou přes průtokoměr rozváděny do jednotlivých komponent analyzátoru.

Doba odezvy analyzátoru (T90) je cca. 2,5 s. Dalším faktorem je délka výfukového potrubí a hadice, která vede k analyzátoru. Pokud chceme dobrou zkrátit a dostávat hodnoty s kratším zpožděním. Je nutné navrtat výfukové potrubí pokud možno co nejdříve k motoru a umístit zde tail-pipe.

Obr. 21 – Umístění analyzátoru ve voze



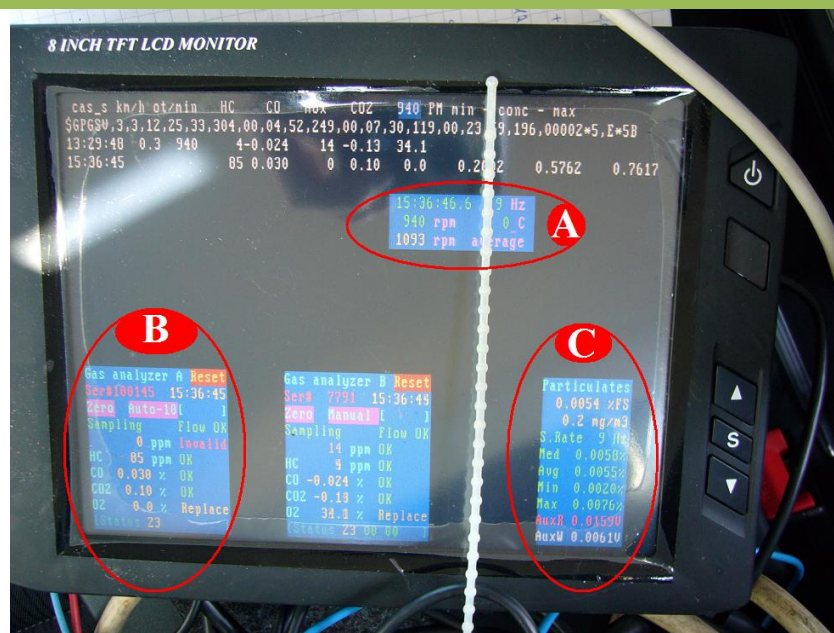
Data se zaznamenávají po 1s. a ukládají se na SD kartu, jež je umístěna v průmyslovém PC **obr. 22**. Při zhasnutí motoru je nebezpečí ztráty dat naměřené za posledních 5min. Proto je nutno vždy před vypnutím motoru data uložit.

Obr. 22: Záznamové médium (SD karta) umístěné v průmyslovém PC



Software funguje pod operačním systémem MS-DOS, a tak jeho hardwarové požadavky jsou malé. Proto je možno použít průmyslový PC. Na obr. 20 je vizuální podoba softwaru, kde se zobrazují aktuální hodnoty jednotlivých emisí a další. Software je navrhnut výrobcem a je možné, že se s časem bude měnit, v této podobě je blíže vysvětlen v **obr. 23**.

Obr. 23 – Vizuální podoba softwaru



A - 15:36:46,6 (čas); 9Hz (frekvence GPS); 940 rpm (otáčky motoru); 1040 rpm (průměrné otáčky motoru)

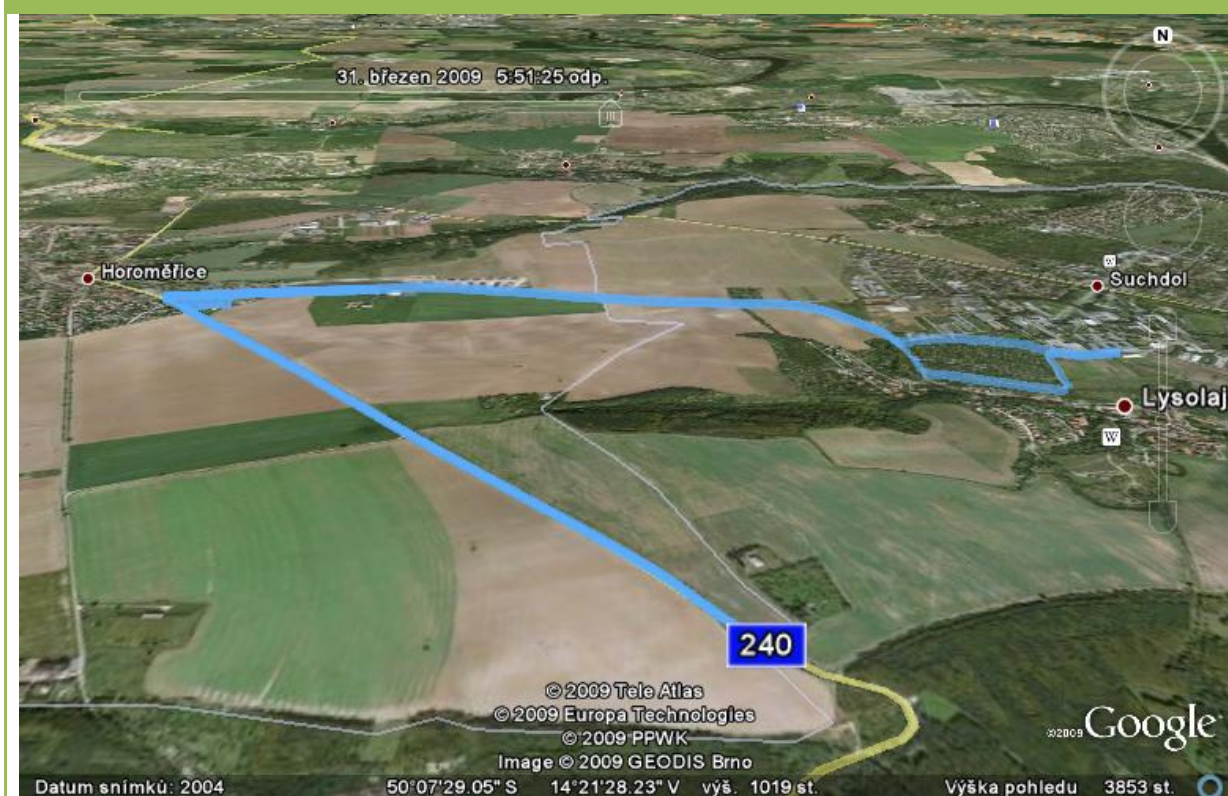
B - HC (ppm), CO (%), CO₂ (%), O₂ (%)
C – částice PM (mg.m⁻³)

Důležitým parametrem je doba použitelnosti (měření) analyzátoru. Ta je na rozdíl od analyzátorů uvedených v kap. 1.3.1. a 1.3.2. prakticky neomezená. Je to dáno principem, kde není zapotřebí dodávat žádný plyn pro funkci analyzátoru. Analyzátor spotřebovává pouze elektrickou energii a to 12 V/5 A.

4.2. Zhodnocení naměřených hodnot

Měření bylo provedeno 31.3.2009 v lokalitě mezi Prahou - Suchdol a Horoměřicemi. A to na rovném úseku na silnici č. 240 z Horoměřic směr na Nebušice a v opačném směru pro korekci lehkého vertikálního převýšení (či povětrnostních podmínek). Projeta trasa je graficky znázorněna na **obr. 24**, pomocí GPS zařízení.

Obr. 24: Trasa měření



Zdroj: [16]

4.2.1. Demonstrace rozdílnosti produkce emisí při různém stylu jízdy

Měření bylo provedeno na vozidle ŠKODA OCTAVIA, zatíženo vahou čtyř dospělých osob a vahou analyzátoru, pomocí on-board analyzátoru (kap. 2.1.). Po celou dobu měření byl v automobilu zařazen třetí rychlostní stupeň.

Pro demonstraci byly zvoleny dva styly jízdy a to:

1. Konstantní rychlostí 50 km.hod⁻¹ za použití tempomatu **obr. 25** a **26**.
2. Dynamické (agresivní) zrychlování z cca 45 – 60 km.hod⁻¹ **obr. 27** a **28**.

Vyhodnocení:

Statická a ustálená jízda při rychlosti pohybující se okolo 50 km.hod⁻¹ má za následek poměrně ustálené úzké pole hodnot pro všechny měřené emise. Na rozdíl od dynamického projetí jízdy, kde je viditelný velký rozptyl hodnot. To je dáno rychlou akcelerací a následným uvolněním plynového pedálu. U dynamické jízdy byl zaznamenán nárůst u všech emisí. Především pak u emisí oxidu dusnatého a pevných částic. V **tab. 10** jsou zprůměrované hodnoty z měření a procentický nárůst/pokles emisí. Snížení došlo pouze u složky CO₂, což je dáno bohatší směsí, která je potřeba pro dynamičtější jízdu.

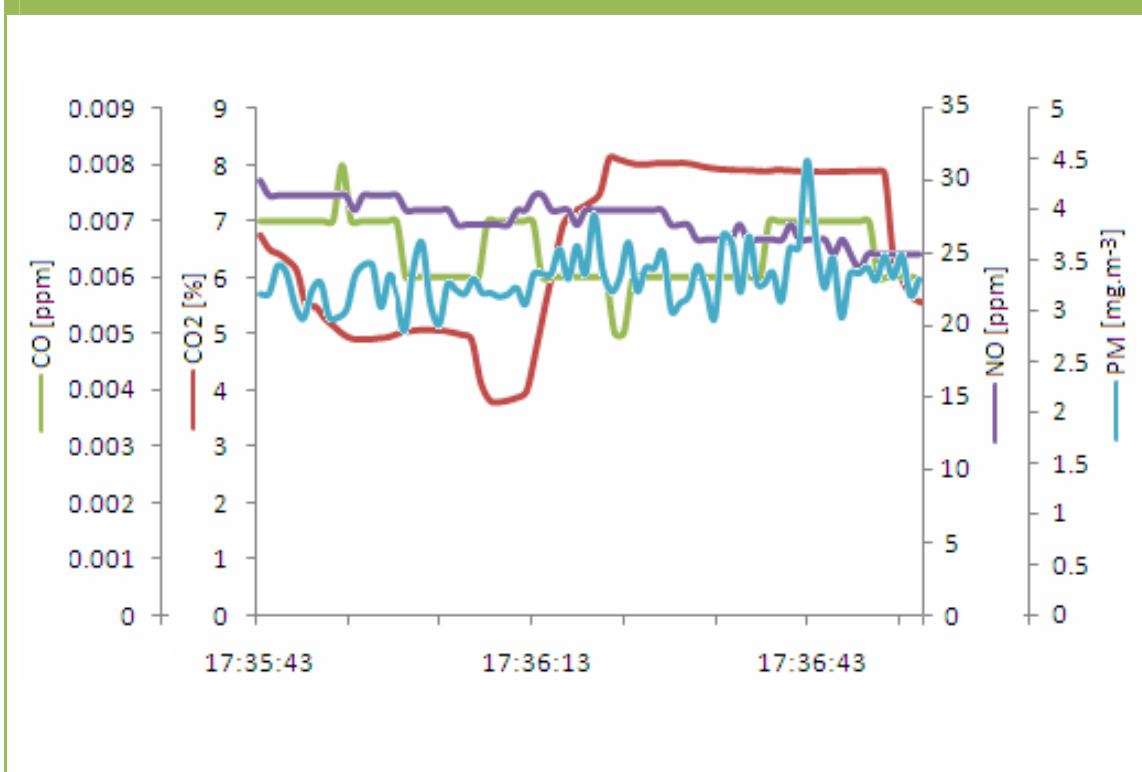
Z tohoto měření je tedy naprosto evidentní, že každá „agresivní“ akcelerace má za následek vyšší spotřebu paliva a s tím spojený nárůst emisí. Proto je nutné eliminovat tento způsob jízdy.

Tab. 10: Porovnání statické a dynamické jízdy

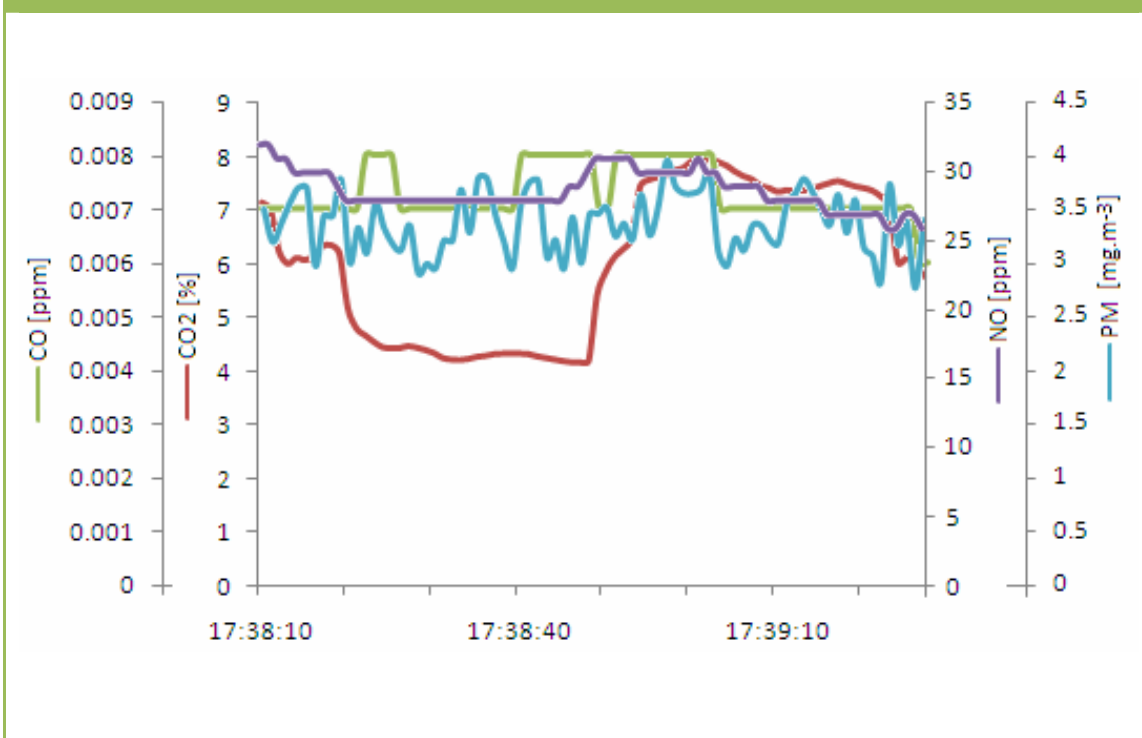
	Statická jízda	Dynamická jízda	Nárůst / pokles
Rychlost	51,4 km,h ⁻¹	53,0 km,h ⁻¹	3,2 %
Otáčky	1967,4 ot,min ⁻¹	2046,0 ot,min ⁻¹	4,0 %
CO	0,007 ppm	0,008 ppm	20,3 %
CO ₂	6,2 %	2,3 %	-63,7 %
NO	28 ppm	154,6 ppm	452,0 %
PM	3,3 mg,m ⁻³	11,7 mg,m ⁻³	251,0 %

Grafické zpracování dat:

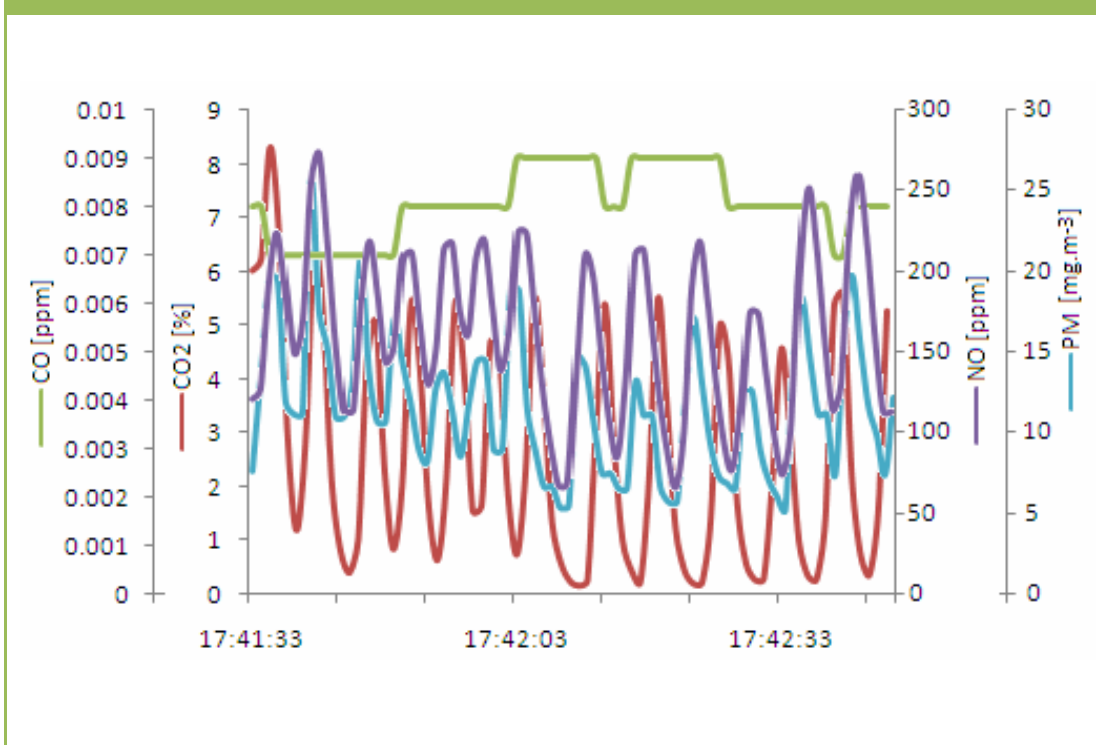
Obr. 25: Trasa projetá konstantní rychlostí (směr z Horoměřic)



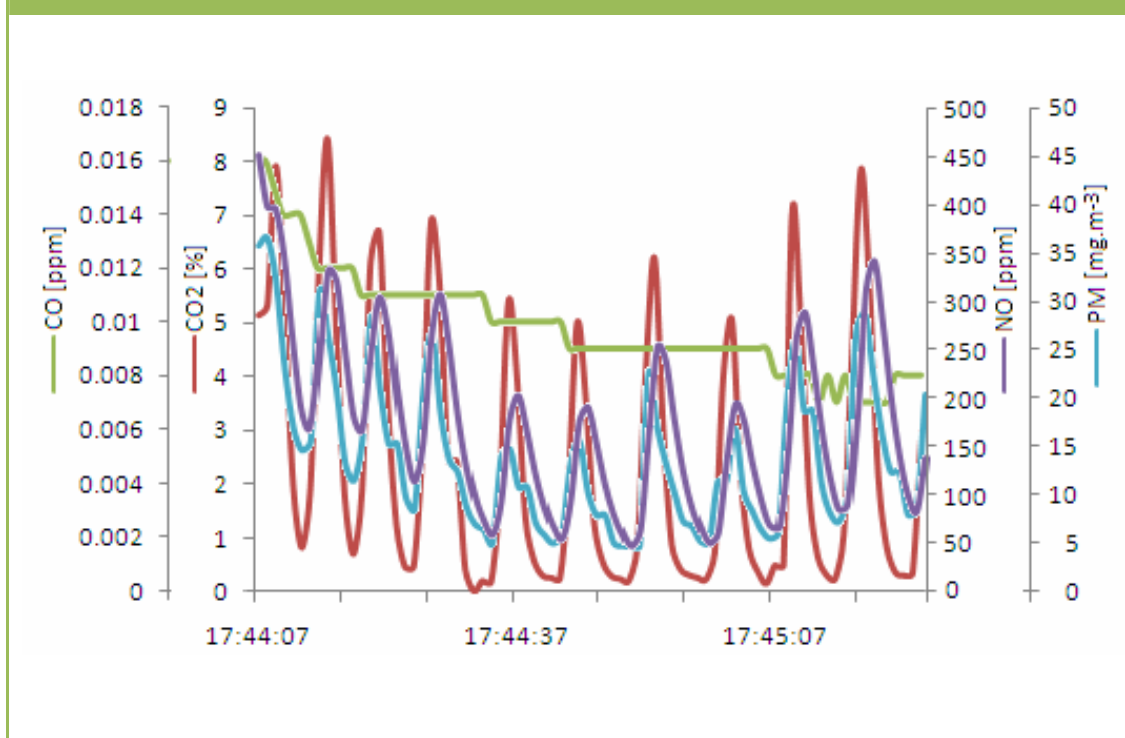
Obr. 26: Trasa projetá konstantní rychlostí (směr do Horoměřic)



Obr. 27: Trasa projetá dynamicky (směr z Horoměřic)

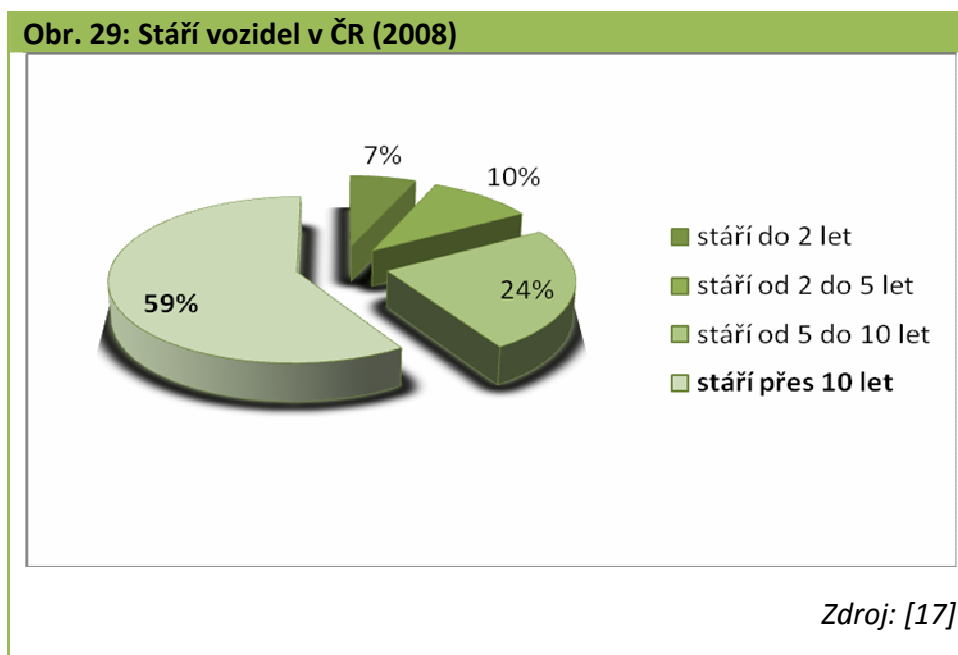


Obr. 28: Trasa projetá dynamicky (směr do Horoměřic)



4.3. Návrh možného řešení měření emisí při provozu vozidel

V České republice je registrováno téměř 4,5 milionů osobních vozidel. Z toho téměř 60% je starších deseti let **obr. 29**. To znamená, že splňují maximálně emisní předpis Euro 2. Z tohoto stavu lze usuzovat, že se stoupajícím stářím vozidla se budou měnit i produkované emise. Proto je nutné zavést takové opatření, které by minimálně zpřísnilo současný nedostačující stav v pravidelném měření emisí. Nejlepší cestou by ovšem bylo zpoplatnění emisí, kontinuální monitorování emisí, jelikož každý řidič si je vědom, zda je jeho jízda agresivní či ekonomická.



V zásadě jsou tyto způsoby možnosti řešení a to:

1. Přímé měření emisí kap.
2. Dálkové měření popsané kap.
3. Nepřímé měření emisí v každém vozidle.
4. Ponechat současný stav (pravidelné prohlídky)

4.3.1. Přímé měření emisí

Analyzátory jsou popsány v předchozím textu

Výhody:

Poskytuje kontinuální hodnoty emisí v provozu. Další možnost využití dat.

Nevýhody:

Je nepraktické a to především z těchto důvodů: nutné ohřátí analyzátoru; spotřeba elektrické energie (FID lahve); obsluha, pro běžného občana složitá; vysoká pořizovací cena; nutná kalibrace; zajištění změřených dat (zaplombování)

4.3.2. Dálkové měření

V této metodě je obrovský potenciál a jeho proveditelnost je velice realistická. Princip je blíže popsán v kap. 3.2. Systém zaznamená aktuální emise v daném místě společně s SPZ vozidla. V nynější podobě slouží pouze jako nástroj k odhalování vozidel ve špatném technickém stavu. Proto může nahrazovat současné emisní kontroly.

Nevýhody tohoto systému spočívají v nutnosti postavení nových snímacích bran či implementace na stávající mýtné brány. Dále je nutné systém umístit do míst, kde bude motor zatížen. Z důvodu eliminace vypínání motorů ze strany řidičů apod.

4.3.3. Nepřímé měření emisí

Pomocí palubního počítače

Pomocí snadno dostupných informací z palubního počítače, které lze např. získat pomocí autodiagnostiky VAG-COMu **obr. 30**, u elektronicky řízeného spalovacího motoru, jako jsou okamžité hodnoty zejména otáček, vstřikovaného množství paliva, úhlu předstihu či předvstříku, nastavení rozvodu, teplotách, součiniteli přebytku vzduchu apod., dávají dostatečnou informaci, z níž lze odvodit okamžitou produkci jednotlivých škodlivých složek výfukových plynů. Stanovení produkce emisí na základě průběžně měřených pracovních režimů motoru s využitím jeho emisních charakteristik, aktualizovaných při periodických technických kontrolách.

Problémem je ovšem způsob získávání těchto informací, který se děje „v režii palubního počítače“ vozidla. Dochází tak ke střetu zájmu výrobce a uživatele vozidla na straně jedné a výběrčího ekologického poplatku na straně druhé. Uživatel vozidla by zde zřejmě mohl poměrně snadno a bez účinné kontroly zasahovat ve svůj prospěch do vyhodnocovacího systému měření. Rovněž tak by bylo v zájmu výrobce implantovat do

vyhodnocovacího programu skryté chyby, které se projeví v nekontrolovatelném období a způsobí příznivější výsledky měření, což je z hlediska prodejnosti vozidel v jeho zájmu. Ani uvedený způsob se tudíž nejvíce pro širokou praktickou aplikaci vhodný.

Obr. 30: Ukázka VAG-COMu



Pomocí charakteristik vozovky

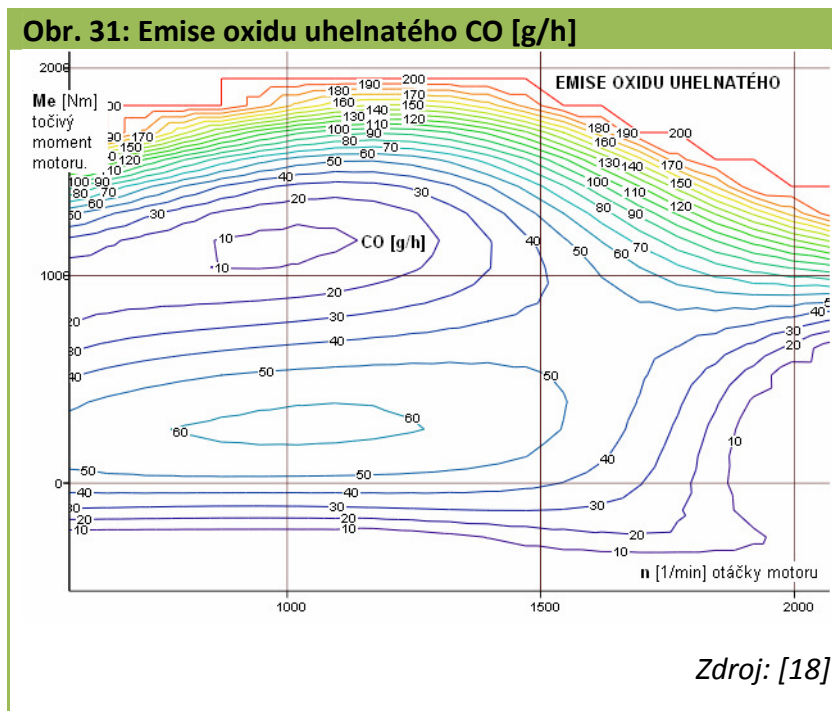
Předpoklad

Řidič projel daný úsek s citlivým ovládáním palivového pedálu při optimálně řazených převodových stupních. Dodržoval dovolenou rychlost v jednotlivých částech vozovky a po celou dobu jízdy bylo bezvětří. Lze poté velice přesně namodelovat požadované hodnoty n [min^{-1}] a M_e [Nm], platné pro každý metr sledovaného úseku vozovky, a z nich již snadno odvodit absolutní produkci jednotlivých škodlivých emisních složek na celém úseku.

Postup:

Vyjděme z předpokladu, že poměrně dokonale známe mechanické vlastnosti vozidla daného typu, jako je součinitel odporu vzduchu, odpory valení kol a účinnost převodovky, dále pak známe trasu, kterou je nutno nejdříve projet s GPS přijímačem. Z geodetických výškových rozdílů se vytvoří model vozovky. Z uvedeného výškového profilu vozovky se odvodí uhel sklonu vozovky, který je v modelu bezprostředně využíván pro stanovení sil působících na vozidlo a vyvozených stoupáním či klesáním vozovky.

Dále, velice stručně, přes parametry vozu a vozovky zjistíme ideální průběhy momentů a otáček. Z těchto hodnot lze určit pomocí emisních map **obr. 31** danou produkce škodlivin.



Výhody:

Realizovatelné pro všechny typy vozidel bez jakýchkoliv zvláštních čidel a k její aplikaci, nutné pouze zjistit čas a místo vjezdu a výjezdu z daného úseku. To znamená, že může spolupracovat s mýtnými branami **obr. 32** a nevyžaduje žádná další přídavná měření. Metoda poskytuje objektivní podklad pro spravedlivý ekologický poplatek a působí stimulačně na udržování vozidel v dobrém technickém stavu a na včasnou jejich obnovu vozidly novými, moderními, s výrazně příznivějším ekologickým dopadem.

Nedostatky:

Nelze se spoléhat na řidičovo citlivé ovládání palivového pedálu. Pokud tak nebude činit, dojde nutně k mírnému zvýšení produkce emisí vůči modelu a výběrčí ekologického poplatku, to znamená stát, tím bude mírně poškozen. Necitlivou jízdou však bude poškozen také řidič, respektive provozovatel vozidla, protože takováto jízda se projeví na vyšší spotřebě paliva a na intenzivnějším opotřebením vozidlových brzd. Je tudíž v zájmu provozovatele vozidla řidiče instruovat a dostupnými technickými prostředky ho kontrolovat, aby v zásadě dodržoval optimální režimy jízdy a aby tudíž také poškození výběrčího bylo minimalizováno.

Jízda dovolenou rychlostí může být v praxi výrazně nedodržován, a sice ze dvou hlavních příčin:

- Náhodná dopravní zácpa. Znevýhodňuje řidiče v podobě vyšších emisí. je otázkou zda by měl následně platit za vyprodukované emise. Jelikož za kvalitu vozovek je odpovědný výběrčí (stát)
- Rychlá jízda řidiče, překračující dovolené hodnoty.

Dále bezvětrí, by v zásadě nebylo nutno vyslovovat jako podmínku modelu. Z důvodu toho, že trasa je statisticky vždy projede tam i zpět, tím se předpoklad vyruší, či minimalizuje.

Obr. 32: Mýtná brána



Zdroj: [6]

5. Závěr

Ochrana životního prostředí je v posledních letech jedno z klíčových témat a stává se i prioritou některých politických stran. Z tohoto důvodu je nutné navrhovat a přijímat taková opatření, která by zlepšovala životního prostředí. Jelikož setrvání v současném stavu, kdy je nárůst automobilové dopravy, by bylo neúnosné.

Předchozí text je koncipován k nastínění možného řešení v měření emisí za jízdy a eventuelního zpoplatnění. Experimentem bylo dokázáno, že pro produkce emisí při dvou odlišných způsobů projetí určité trasy, může znamenat i pětinasobné zvýšení emisí. Tento příklad byl demonstrován pouze při rychlosti 50km.hod⁻¹. Při vyšších rychlostech se opět emise diametrálně zvýší.

Jedním ze způsobů kontinuálního měření emisí za jízdy je možnost využít analyzátorů umístěných přímo v automobilu. Tato cesta je nejpřesnější, ovšem pořizovací cena zařízení předčí několikanásobně cenu vozidla. Otázkou je, zda by sériová výroba snížila cenu analyzátoru. A i přes toto snížení nastává další problém v nutnosti zahřátí analyzátoru. Bylo by nezodpovědné vyžadovat po každém vlastníkovy vozidla, aby systém nechal zahřát a až po té vyjel. Jelikož doby záhřevu se ohybují okolo jedné hodiny. Mohlo by se pak výsledku stávat, že by vlastník vozidla vyprodukoval více emisí, právě z důvodu ohřívání analyzátoru.

Dalším uvedeným způsobem je dálkové měření emisí. To se stalo nástrojem pro odhalování špatného technického stavu vozidla v provozu například ve státě Colorado. Kdy vozidla v dobrém technickém stavu nejsou bezvýznamně nucena se podrobovat pravidelným emisním kontrolám. Na rozdíl od vozidel, která produkují zvýšené emise. Majitel je následně písemně informován o stavu vozidla a je mu doporučena návštěva v autoservisu. Tato metoda může nahradit státní emisní kontroly a je výhodná pouze pro odhalování vozidel ve špatném stavu. Bohužel pro zpoplatnění emisí je nevhodná.

Posledním návrhem je měření emisí nepřímou. A to v prvním případě použitím dat, jež je možné získat z palubního počítače vozidla. Jednalo by se o velice jednoduchou metodu, která je ovšem v současné nemožná z důvodu možného upravování palubní jednotky k získání nižších emisí než jsou skutečně produkována. Druhá metoda je založena pouze na měření doby projetí dané trasy. Nejsou proto potřeba znát data z palubní jednotky. Jsou ovšem zapotřebí emisní mapy daného vozu a jejich následné aktualizace, z důvodu stárnutí vozidla. Dále model vozovky s jeho úhly sklonu a dle toho výpočet hodnot emisí na základě

základních dat vozidla. Jedná se o velice perspektivní metodu, jež jde zahrnout do sítí mýtných bran, jež by právě zaznamenávali časy průjezdů.

Přínosem této práce jsou jednak provedené experimenty přímého měření emisí za jízdy vozidla, které lze označit jako unikátní, z hlediska jejich dosavadní četnosti v ČR a dále provedené analýzy a návrhy na možné řešení problematiky plošného měření emisí v provozu vozidel.

POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] Adamou M.: Emisní parametry spalovacích motorů, Bakalářská práce ČZU 2007
- [2] Produkce emisí [online]. [cit. 1.4.2007] <http://www.dieselnet.com/standards/eu/ld.php>
- [3] Vyhláška 302/2001 Sb. o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů, 7.8.2001
- [4] Takáts, M.: Měření emisí spalovacích motorů. Praha: Vydavatelství ČVUT 1996.
- [5] Vlk, F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. 2.vydání. Brno 2005
- [6] Encyklopedie v elektronické podobě [online], [cit. 1.4.2007], dostupné z: [ww.cs.wikipedia.org](http://www.cs.wikipedia.org)
- [7] PEMS heavy-duty pilot programme [online]. [cit. 1.4.2009] <http://eu-ems.jrc.ec.europa.eu/heavy-duty.html>
- [8] Firemní literatura: HORIBA, OBS-2200 Instruction manual
- [9] OBS 2200 [online]. [cit. 1.4.2009] <http://www.ats.horiba.com/obs2000.html>
- [10] Firemní literatura: Sensors, Semtech – D, User's Manual
- [11] Semtech-D [online]. [cit. 1.4.2009] <http://news.thomasnet.com/fullstory/13800>
- [12] EU-PEMS setkání 18.4.2008 [online]. [cit. 1.4.2009] <http://eu-ems.jrc.ec.europa.eu/heavy-duty.html>
- [13] ESP AccuScan 4600 [online]. [cit. 1.4.2009] www.esp-global.com
- [14] Dálkové měření emisí [online]. [cit. 1.4.2009] www.autodesk.cz
- [15] Dálkové měření emisí [online]. [cit. 1.4.2009] www.et.co.uk
- [16] Google Earth [online]. [cit. 1.4.2009] <http://www.google.cz>
- [17] Stáří vozidel [online]. [cit. 1.4.2009] <http://www.mvcr.cz>
- [18] Pejša L., Kadleček B.: Ekonomické, ekologické a bezpečnostní řešení elektronického mýtného Praha, ČZU 2005

SEZNAM OBRÁZKŮ:

- Obr. 1 : Schéma průchodu elektromagnetického záření
- Obr. 2 : Absorpční spektra
- Obr. 3 : Infraanalyzátor
- Obr. 4 : Chemiluminiscenční analyzátor
- Obr. 5 : Plamenoionizační detektor
- Obr. 6 : Analyzátor využívající absorpci ultrafialového záření
- Obr. 7 : Filtrační kouřoměr
- Obr. 8 : Princip optimetru
- Obr. 9 : Rozmístění jednotky HORIBA OBS-2200
- Obr. 10 : A) umístění Tail-pipe; B) nevhodné výfukové vývody
- Obr. 11 : Ukázka měření
- Obr. 12 : Grafické znázornění emisí na trase
- Obr. 13 : SEMTECH – D, umístění ve vozidle SEMTECH - G
- Obr. 14 : Instalace výfukové sondy
- Obr. 15 : Ukázka softwaru
- Obr. 16 : Demontáž nádrže a umístění analyzátoru
- Obr. 17 : Umístění záložní baterie, výfukové sondy, FID lahve
- Obr. 18 : ESP AccuScan 4600
- Obr. 19 : Zapojení analyzátoru ke zdroji napájení
- Obr. 20 : Instalace výfukové hadice
- Obr. 21 : Umístění analyzátoru ve voze
- Obr. 22 : Záznamové médium (SD karta) umístěné v průmyslovém PC
- Obr. 23 : Vizuální podoba softwaru
- Obr. 24 : Trasa měření
- Obr. 25 : Trasa projetá konstantní rychlostí (směr z Horoměřic)
- Obr. 26 : Trasa projetá konstantní rychlostí (směr do Horoměřic)
- Obr. 27 : Trasa projetá dynamicky (směr z Horoměřic)
- Obr. 28 : Trasa projetá dynamicky (směr do Horměřic)

- Obr. 29 : Stáří vozidel v ČR (2008)
- Obr. 30 : Ukázka VAG-COMu
- Obr. 31 : Emise oxidu uhelnatého CO [g/h]
- Obr. 31 : Mýtná brána

SEZNAM TABULEK:

- Tab. 1 : Emisní normy pro osobní automobily (kategorie M1) g / km
- Tab. 2 : Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu (s neřízeným emisním systémem)
- Tab. 3 : Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu (S řízeným emisním systémem a katalyzátorem)
- Tab. 4 : Přípustné hodnoty CO při otáčkách volnoběhu (s neřízeným emisním systémem)
- Tab. 5 : Hlavní části analyzátoru (OBS-2200)
- Tab. 6 : Rozsahy analyzátoru HORIBA OBS-2200
- Tab. 7 : Rozsahy analyzátoru SEMTECH – D
- Tab. 8 : Doby instalace analyzátoru Semtech DS
- Tab. 9 : Porovnání HORIBA OBS-2200 vs Sensors-inc SEMTECH-D
- Tab. 10 : Porovnání statické a dynamické jízdy