

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

**SROVNÁNÍ PRŮBĚHU OPOTŘEBENÍ MOTOROVÝCH
OLEJŮ VE VOZIDLECH S PLYNOVÝM A S NAFTOVÝM
POHONEM**

František Lžíčar

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **František LŽÍČAŘ**
Osobní číslo: **D08593**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury - Ochrana životního prostředí v dopravě**
Název tématu: **Srovnání průběhu opotřebení motorových olejů ve vozidlech s plynovým a s naftovým pohonem**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Na základě vypracovaného rešeršního přehledu analyzujte současný stav poznatků
- o provozu vozidel s motory na klasická paliva a na plynná alternativní paliva,
- o možnostech sledování procesu opotřebení vybraných součástí vozidel a olejů, jimiž jsou tyto součásti mazány.
2. Seznamte se s principy a metodikou použitých experimentálních metod se zaměřením na FTIR spektrometrii a analytickou ferrografii. Provedte příslušné laboratorní zkoušky.
3. Zabezpečte odběr vzorků a připravte zkušební vzorky pro analýzy.
4. Výsledky provedených prací vyhodnoťte a interpretujte, závěry zpracujte ve formě doporučení pro uživatele v praxi.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. Firemní materiály Nicolet CZ, návod k obsluze přístroje iS 10.
2. Firemní materiály ReoTrade, s. r. o, návod k obsluze ferrografu REO1.
3. STODOLA, J. Provozní spolehlivost a diagnostika. Brno: Jiří Stodola, 2002.
4. BEČKA, J. Tribologie. Praha: ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01621-8.
5. Tribotechnika [online].[cit. 1. února 2011].
Dostupné na WWW:<<http://www.tribotechnika.cz>>.
6. WEARCHECK. Literature [online].[cit. 1. února 2011]. Dostupné na WWW;<<http://www.wearcheck.ca/literature/documents.asp?DocType=techdoc>>
7. Degradace strojních součástí [online].[cit. 1. února 2011]. Dostupné na WWW:<http://degradace.tf.czu.cz/Dgrd_txt/Mngr_ram_txt2.htm>.
8. Infračervená spektroskopie a její techniky. [online].[cit. 2011-02-21].
Dostupné na WWW: <<http://lms.vscht.cz/Zverze/Infrared.htm>>.
9. BARRETT, M., MCMAHON, M. Analytical Ferrography - Make It Work For You. Machinery Lubrication, Noria. [online].
[cit. 1. února 2011]. Dostupné na
WWW:<<http://www.machinerylubrication.com/Read/5/analytical-ferrography>>.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. RNDr. Jaroslava Machalíková, CSc.
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **25. února 2011**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2011**

prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.

Ing. Ivo Šefčík, Ph.D.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 25. února 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a literární prameny jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji práci se vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích, dne 20. 11. 2011

František Lžíčář

Poděkování

Děkuji všem, kteří mě pomáhali při tvorbě bakalářské práce. Za možnost odběru vzorku chci poděkovat Dopravnímu podniku Pardubice a.s. Mé poděkování patří doc. RNDr. Jaroslavě Machalíkové, CSc. za vedení bakalářské práce a odbornou pomoc při jejím zpracování.

Anotace

Pohon spalovacích motorů plynými palivy nabývá stále více na významu v souvislosti zejména s environmentálními a ekonomickými faktory.

Bakalářská práce je věnována problematice vlastností motorových olejů, průběhu jejich opotřebení ve vozidlech na pohon CNG a na naftový pohon s využitím experimentálních metod v tribotechnické diagnostice.

Klíčová slova

motorová nafta, LPG, CNG, motorové oleje, tribotechnika, tribotechnická diagnostika, FTIR spektrometrie, analytická ferrografie

Obsah

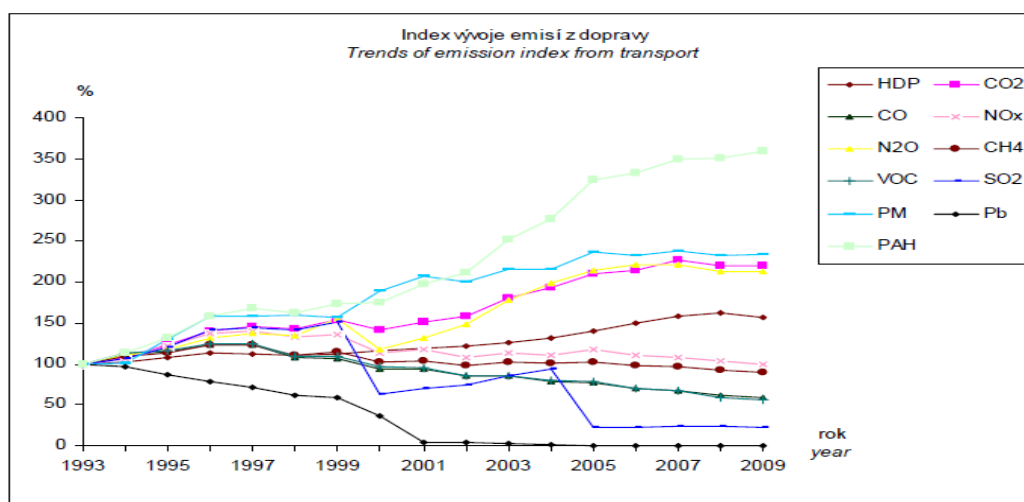
1	Úvod.....	- 8 -
2	Teoretická část.....	- 11 -
2.1	Paliva pro vznětové motory.....	- 11 -
2.1.1	Motorová nafta.....	- 11 -
2.1.2	Plynná paliva.....	- 14 -
2.2	Motorové oleje pro vznětové motory a jejich vlastnosti.....	- 33 -
2.2.1	Vlastnosti motorových olejů.....	- 34 -
2.3	Tribotechnika a tribotechnická diagnostika.....	- 35 -
2.3.1	Tření a opotřebení součástí.....	- 36 -
2.3.2	Kontaminace a degradace olejových náplní.....	- 38 -
2.4	Teoretické základy použitých experimentálních metod.....	- 40 -
2.4.1	FTIR spektrometrie.....	- 40 -
2.4.2	Analytická ferrografie.....	- 41 -
3	Experimentální část.....	- 42 -
3.1	Sledovaná vozidla a použité oleje.....	- 42 -
3.2	Podmínky odběru vzorků.....	- 43 -
3.3	Experimentální výsledky a jejich diskuse.....	- 44 -
3.3.1	FTIR spektrometrie.....	- 44 -
3.3.2	Analytická ferrografie.....	- 56 -
3.4	Doporučení dopravním podnikům.....	- 70 -
4	Závěr.....	- 71 -
	Použitá literatura.....	- 73 -

1 Úvod

Doprava je v každé společnosti považována za jednu ze základních služeb, která umožňuje přepravu osob i zboží. Výrazně se podílí na tvorbě přidané hodnoty domácí ekonomiky a má dopad i na zaměstnanost obyvatel. Tak jak narůstají dopravní výkony, objevují se i negativní dopady dopravy na společnost a životní prostředí.

Jedním z mnoha problémů současné doby je stále rostoucí znečišťování životního prostředí. Doprava je jedním z významných faktorů, které ovlivňují životní prostředí člověka, a to především produkcí emisí, vyšší hladinou hluku, záborem půdy k výstavbě silniční sítě apod. Zejména motorová vozidla se spalovacími motory se významně podílí na nepříznivém vývoji celkových emisí skleníkových plynů, znečištění ovzduší přízemním ozónem, hlavně ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy. Výfukové plyny obsahují mnoho chemických látek s různými účinky na zdraví člověka. Do ovzduší se dostávají především oxidy dusíku, oxid uhelnatý a tuhé částice. Další sloučeniny, které přispívají ke skleníkovému efektu a vznikají z dopravy, jsou oxid uhličitý (CO_2), oxid dusný (N_2O) a metan (CH_4) a pevné částice (karbon), jak je uvedeno na obrázku č. 1. V roce 2001 byl zastaven prodej olovnatého benzínu a tedy emise olova (Pb) lze v současné době považovat za bezvýznamné. Česká legislativa stanovuje maximální přípustné hodnoty emisí NO_x , CO, sumy uhlovodíků (C_xH_y) a pevných částic (dehet, saze) [1]. Tyto emisní limity jsou dány mezinárodními předpisy Evropské hospodářské komise OSN [1] a jsou v souladu s limity Evropské unie [1]. Ostatní výše zmíněné chemické látky nejsou nijak legislativně omezeny. Nelimitované složky se měří jen zřídka, a to pro účely výzkumu.

Stále se zpřísnují normy pro emise z motorových vozidel a pro kvalitu pohonných hmot, což přináší snížení emisí znečišťujících látek, ale vzhledem k rostoucí intenzitě dopravy to není dostačující.



Obrázek č. 1: Vývoj emisí z dopravy v letech 1993 - 2009 (rok 1993 = 100 %) [2]

Omezit škodliviny z provozu motorových vozidel nelze pouze technickým a technologickým vývojem motorů a nových systémů, ale je třeba hledat alternativní zdroje energie.

V současné době všechny země hledají náhrady ke kapalným pohonným hmotám, a to jinými alternativními a pro životní prostředí příznivějšími zdroji energie. Pojem alternativní pohonné hmoty znamená veškerá paliva nahrazující benzín a naftu. V poslední době se často uplatňuje náhrada klasických kapalných paliv palivy plynými, a to zkapalněnými uhlovodíkovými plyny a stlačeným zemním plynem. V tabulce č. 1 jsou porovnány vybrané vlastnosti klasických a alternativních paliv. Významnou předností zemního plynu pro pohon alternativních paliv jsou ekologické vlastnosti, neboť vozidla na zemní plyn produkují méně škodlivin a mají také menší vliv na tvorbu skleníkového efektu [3]. Je zde také předpoklad delší životnosti ložisek zemního plynu ve srovnání s ropnými ložisky.

Jedním z cílů dopravní politiky České republiky (dále jen „ČR“) je minimalizace množství emisí skleníkových plynů a rozvoj vozidel s alternativními pohony (LPG, CNG, biopaliva, vodík).

Tabulka č. 1: Vlastnosti vybraných klasických a alternativních pohonných hmot [4]

znak jakosti	jednotka	benzín	nafta	LPG	zemní plyn
oktanové číslo, rozsah	-	91 – 98	-	100 až 110	128
cetanové číslo, rozsah	-	-	51 - 55	-	-
teplota vzplanutí	°C	-20	55	-	-
teplota hoření	°C	-20	80	-	-
teplota vznícení	°C	260	250	-	-
teplota varu	°C	30 až 210	150 až 370	-42 až 0	-162
teplota tuhnutí	°C	-40	0	-40	-182
hustota při 15 °C	kg/m ³	725 až 775	820 až 845	502 až 579	0,678
výhřevnost kapalné fáze, min. výhřevnost plynné fáze, min.	MJ/kg MJ/M ³	43,5	41,8	46,5 94	34
Meze výbušnosti (směs se vzduchem)	%	0,6 až 8	0,5 až 0,6	1,5 až 11	4,4 až 15
třída nebezpečnosti	-	I.	III.	I.	IV.

Dalším důležitým prvkem, který ovlivňuje životní prostředí, je technický stav dopravních prostředků. V současné době je kladen velký důraz na provozní spolehlivost a hospodárnost provozu automobilů. Tyto úkoly pomáhá řešit tribotechnická diagnostika, která využívá maziva ke sledování změn v mechanických systémech, v nichž jsou maziva aplikována. Tribotechnika v současné době nabývá velké důležitosti, neboť umožňuje dosáhnout řady úspor, např. zvýšení životnosti strojů, snížení nákladů na údržbu a opravu, snížení investičních nákladů apod. Nedochozí tedy k případům, že je měněn olej, který mohl ještě plnit svoji funkci, nebo naopak, při dodržení lhůty pro výměnu oleje vyměňován olej nadměrně opotřeбенý.

Tato práce je zaměřena na problematiku vlastností motorových olejů a rozdílnost průběhu opotřeбенí součástí u motorů s plynnými palivy a u naftových motorů.

2 Teoretická část

2.1 Paliva pro vznětové motory

2.1.1 Motorová nafta

Motorová nafta je směs kapalných uhlovodíků, která se získává destilací a rafinací z ropy v rozmezí 150 až 370 °C [5]. Nafta je čirá nažloutlá až žlutá hořlavá kapalina III. třídy nebezpečnosti. Slouží jako palivo pro vznětové motory.

Výkon vznětového motoru je ovlivněn vlastnostmi nafty, kterými jsou schopnost vznícení, těkavost, hustota a viskozita. Kvalita nafty je stanovena národními a mezinárodními standardy, např. ČSN EN 590. Vznětový motor spaluje hustší naftu, vykazuje vyšší výkon, ale také kouřivost a produkuje více škodlivin ve výfukových plynech.

Kvalita motorové nafty se udává cetanovým číslem, který je značen zkratkou CČ nebo CN a vyjadřuje kvalitu nafty z pohledu vznětové charakteristiky. Udává množství n-hexadekanu (cetanu) v objemových procentech ve směsi s 1-metylnaftalenem, která má stejnou vznětovou charakteristiku jako srovnávaný vzorek skutečné pohonné látky (nafty) [6]. Motor s vyšším cetanovým číslem (do cca 65) lépe startuje, má tišší a měkký chod, výfukové plyny obsahují menší množství zplodin hoření, má lepší výkon, čímž klesá spotřeba pohonných látek. To vše má pozitivní vliv na životní prostředí.

Důležitou vlastností nafty je její chování za nízkých teplot. Proto jsou na trhu k dispozici tři druhy motorové nafty, které se liší nízkoteplotními vlastnostmi v závislosti na ročním období:

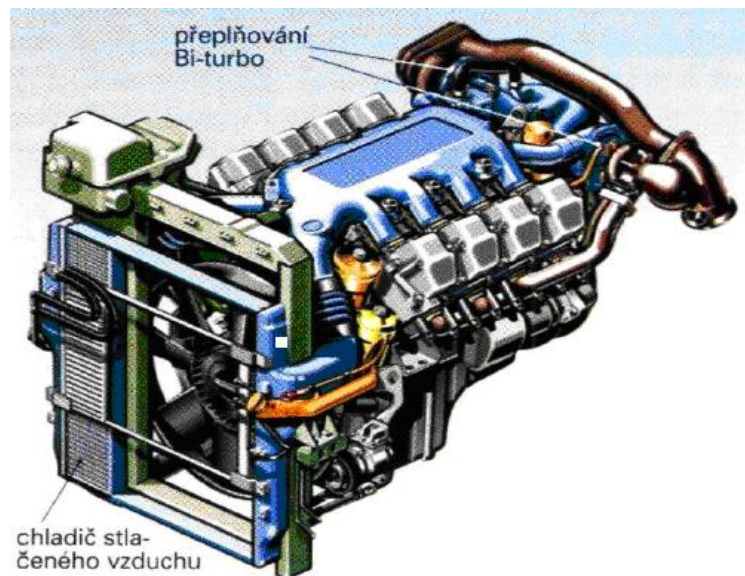
- letní motorová nafta pro mírné klima třídy B je prodáváno v období od 15. 4. do 30. 9. s filtrovatelností nižší než 0 °C;
- přechodová motorová nafta pro mírné klima třídy D je prodáváno v období od 1. 3. do 14. 4. a od 1. 10. do 15. 11. s filtrovatelností nižší než -10 °C;
- zimní motorová nafta pro mírné klima třídy F, která se prodává v období od 16. 11. do 28. 2. s filtrovatelností nižší než -20 °C [5].

Palivová soustava vznětového motoru

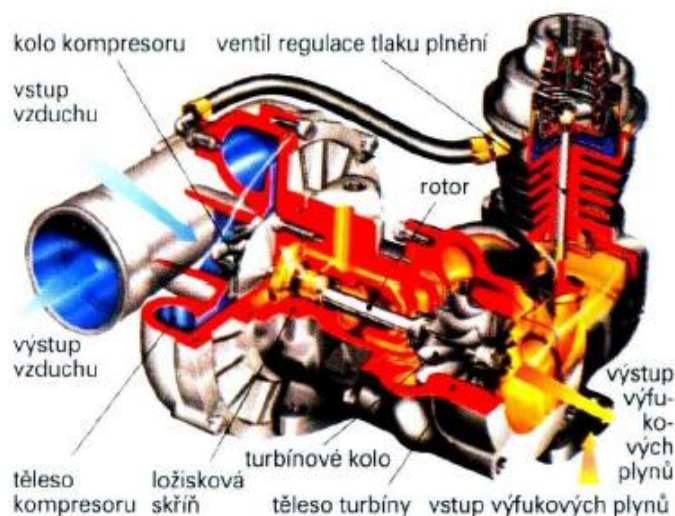
Vznětový neboli naftový či diesellový motor pracuje jako čtyřdobý nebo dvoudobý spalovací motor. Palivo je do motoru dopravováno odděleně od vzduchu speciálním vysokotlakým čerpadlem a vysokotlakým potrubím. Vznětové motory mohou být vybaveny kompresorem, nejčastěji turbodmychadlem, jak ukazuje obrázek č. 2, a označují se jako přeplňované. Lépe využívají spalovací prostor a při stejném objemu zvýší výkon motoru o 30 a více procent.

Využívá se energie plynů, které by jinak unikly výfukem. Konstrukce turbodmyhadla na obrázku č. 3 ukazuje odtok spalin z motoru. Vyšší výkon motoru vzniká jen ve vyšších otáčkách, kdy je rychlost spalin dostatečně vysoká. Při nízkých otáčkách má podobný efekt mechanický kompresor, poháněný mechanicky – převodem od klikové hřídele, ovšem na úkor výkonu. Nachází se především u starších dvoudobých motorů.

Staré diesellové motory nemají katalyzátor, což způsobuje nedokonalé spalování nafty a vznik malých pevných částic a jsou tedy zdrojem znečištění ovzduší. Katalyzátory, které jsou již součástí diesellových motorů, musí splňovat minimálně emisní normu Euro IV, u norem vyšších je již potřeba filtr pevných částic.



Obrázek č. 2: Motor pro těžký užitkový automobil [7]



Obrázek č. 3: Konstrukce turbodmychadla poháněného výfukovými plyny [7]

Základní rozdělení palivových soustav

Účelem palivových soustav je dopravit palivo do spalovacího prostoru a rovnoměrně ho rozdělit. Člení se do několika skupin:

a) podle druhu vstřikovacího čerpadla

- řadová vstřikovací čerpadla, která mají stejný počet válců jako motor;
- jednoválcová vstřikovací čerpadla, která dopravují palivo do všech válců nebo jen do některé jejich skupiny;
- sdružené vstřikovací jednotky, kde vstřikovací jednotka a tryska tvoří jeden celek, který je upevněn do hlavy motoru;
- dvoulistová čerpadla, kde vstřikovací soustava má dva písty o různém průměru. Používá se u těžkých naftových motorů a motorů na dvojí palivo.

b) podle způsobu regulace

- s mechanickou regulací;
- s elektronickou regulací, která se používá pro zvýšení výkonu motoru, lepší průběh krouticího momentu a nižší emise:
 - palivová soustava PLD – systém „čerpadlo-potrubí-tryska“;
 - palivová soustava se sdruženými vstřikovacími jednotkami PDE;
 - zásobníkový systém Common – Rail.

2.1.2 Plynná paliva

2.1.2.1 Propan-butan (LPG)

LPG (Liquefied Petroleum Gas) zkapalněný ropný plyn patří mezi nejrozšířenější alternativní paliva současnosti. Složení LPG je uvedeno v tabulce č. 2. Směsné poměry se mohou navzájem měnit nejenom v jednotlivých zemích, ale mění se i v závislosti na ročním období.

Tabulka č. 2: Složení propan – butanové směsi [8].

složka	propan	i-butan	n-butan	propylen	i-buten	2-buten	1-buten	cis-2-buten	i-pentan
složení (%hm.)	25,7	31,1	39,0	0,2	1,0	1,0	1,2	0,7	0,1

LPG je bezbarvou, silně těkavou kapalinou charakteristického zápachu, která vzniká důsledkem odorizace sirnými látkami [9]. Je to hořlavá a výbušná kapalina s bodem vzplanutí pod 0 °C [9]. Není jedovatá, ale může dráždit oči, dýchací cesty a způsobovat bolesti hlavy. Za normálních atmosférických podmínek se propan butan vyskytuje v plynné formě [3]. Poměrně snadno, ochlazením nebo stlačením, ho lze převést do kapalného stavu [3]. Další důležitá vlastnost je snadné odpařování a jeho možnost spalování také v plynném stavu, kdy má 3x větší výhřevnost než zemní plyn.

Používání LPG je ekologicky přínosné, neboť zážehový motor na LPG produkuje méně škodlivých emisí než na benzín [10]. Důvodem je dokonalé spálení propanu, resp. butanu. LPG má nižší emise hlavně u oxidu uhelnatého a také emise u nespálených uhlovodíků. Použití LPG zajistí nízkou produkci škodlivých emisí jen v případě dobrého technického stavu a správného seřízení motoru. Motor ve špatném technickém stavu může produkovat i větší množství škodlivin. Dalším přínosem pro životní prostředí, zvláště ve městech, je znatelně nižší hlučnost motoru. Na druhou stranu se jedná o produkt rafinerií, proto mnozí LPG nepovažují za alternativní pohonnou hmotu. Tato skutečnost limituje jeho rozšíření jako náhrady.

Výroba LPG

LPG vzniká při rafinaci ropy anebo jako kapalná frakce separovaná od metanu v průběhu těžby zemního plynu [3]. Pro použití LPG jako pohonné hmoty je třeba zajistit vyšší čistotu

plynu než je obvyklé pro použití LPG jako topného plynu. Technologie výroby LPG musí tedy zajistit co nejmenší množství odpařitelných složek, sirných sloučenin a elementární síry.

Při výrobě LPG ze zemního plynu má význam jeho složení, které se liší dle naleziště. Zemní plyn kromě metanu obsahuje vyšší alkany, vodní páru, oxid uhličitý, sulfan, dusík, vodík, helium a neon. Před použitím zemního plynu jako suroviny je důležité odstranit z vytěženého zemního plynu vodu, sulfan, oxid uhličitý, rtuť, uhlovodíky C_{2+} a další nečistoty. Rafinace zemního plynu je vícestupňová (filtrace, odvodnění, vypírka H_2S a CO_2 a odstranění dalších sirných sloučenin, oddělení kapalného kondenzátu, výroba etanové frakce, oddělení dusíku, výroba propanu, n-butanu a izobutanu a další technologické stupně). Rafinaci se od sebe jednotlivé plyny oddělí [11].

Při výrobě LPG z ropy se smísí a následně stlačí všechny plyny, které vznikly v průběhu jednotlivých fází zpracování ropy. Podle původu ropy a způsobu jejího zpracování je výtěžek v rafinérii cca 2 až 3 % z hmotnosti zpracované ropy, z toho zhruba 2/3 připadají na butan a 1/3 na propan [12]. Potenciál ropného LPG je limitován světovými zásobami ropy, proto se očekává zvýšení produkce LPG ze zemního plynu.

V České republice je LPG vyráběn v rafinériích Česká rafinérská, a.s. v Kralupech nad Vltavou a v Litvínově a dále PARAMO, a.s. a petrochemickém kombinátu CHEMOPETROL, a.s. Litvínov. Část vyrobeného LPG se spotřebuje v petrochemických výrobcích, část je exportována (Polsko, Rakousko) a na trh v ČR se dostává jenom malá část produkce LPG. Rozhodujícím zdrojem LPG je tedy dovoz ze zahraničí (Německo, Kazachstán a další).

Požadavky na kvalitu LPG

V ČR je povoleno pro pohon motorových vozidel používat plynné palivo, které odpovídá normě ČSN EN 589 : 2004 (tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: Kvalitativní parametry LPG stanovené normou ČSN EN 589 : 2004 [12]

kvalitativní parametr	limitní hodnoty		metodika zkoušení
	min.	max.	
oktanové číslo OČMN	89		příloha B normy
obsah dienuů (% mol)		0,5	EN 27941
celkový obsah síry (pro odorizaci) (mg/kg)		50	EN 24260, ASTM D6667
sulfan	negativní		ASTM D3246-96
korozie na měďi (1 h při 40 °C) (stupeň korozie)			EN ISO 8819
olejovitý zbytek (mg/kg)	třída 1		EN ISO 6251
tlak par při 40 °C (manometrický) (kPa)		100	EN ISO 13757
tlak par min. 150 kPa (manometrický) při teplotě (°C):			EN ISO 4256, EN ISO 8973,
třída A		1550	příloha C normy
třída B		-10	
třída C		-5	EN ISO 8973, příloha C a D
třída D		0	(vnitřní kontrola) normy
třída E		10	
obsah vody	při 0 °C žádná voda		článek normy 6.2
zápach	nepříjemný a typický při 20% spodní meze výbušnosti		článek 6.3 normy
			příloha A normy

Důležitým parametrem kvality je oktanové číslo, které je stanoveno výpočtem ze složení LPG a vypovídá o kvalitě motorového paliva při zatížení motoru v dynamických režimech (akcelerace, decelerace). Dalším ukazatelem kvality je tlak par. Pro bezproblémové použití LPG, zejména v zimních měsících, je důležité, aby v plynové soustavě vozidla byl dostatečný přetlak pro zajištění plynulé dodávky paliva z nádrže do regulačního a dávkovacího člunu v motorovém prostoru [12]. Pro zajištění dostatečného tlaku LPG v nádrži se proto může složení LPG měnit v závislosti na ročním období. V zimních měsících je nutný větší poměr

propanu z důvodu atmosférického tlaku, kdy propan zkapalňuje při $-42\text{ }^{\circ}\text{C}$ a butan při $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Přebytek butanu v zimě může způsobit problémy s odpařováním, vyšší podíl propanu vyšší spotřebu.

Přestavba vozu na LPG pohon

Přestavbu na LPG lze realizovat pouze na určitých typech automobilů, a to po předchozím schválení státní zkušebnou. Většinou se přestavují vozy se zážehovým motorem, ale lze přestavovat i vozy se vznětovým motorem. Přestavbu vozidla na LPG lze provádět pouze s komponenty s platnou homologací podle předpisu EHK 67 R 01 [8]. Dodatečnou přestavbu vozidla na pohon LPG lze provádět v rámci tří druhů přestaveb:

- Hromadné typové přestavby vozidel – schvaluje Ministerstvo dopravy České republiky (dále jen „MD ČR“) na základě výsledků kontroly z pověřené zkušebny MD ČR.
- Individuální přestavby pro jednotlivé vozidlo – schvaluje příslušný úřad (obec s rozšířenou působností nebo magistrát), který stanoví podmínky pro přestavbu a po kladných výsledcích z pověřené zkušebny, provádí zápis do technického průkazu.
- Malé série hromadné přestavby – jde o hromadnou přestavbu, kdy celkový počet přestavěných vozidel v průběhu jednoho roku nepřesáhne 50 kusů. Osvědčení o schválení technické způsobilosti plynového zařízení vydává MD ČR.

Přestavba vozidla vyžaduje odbornou zdatnost a praxi. Po montáži je nutno zařízení podrobit tlakové, těsnostní a funkční zkoušce odborně způsobilou osobou (revizním technikem). O provedení přestavby je nutno provést záznam do technického průkazu vozidla. Vozidla přestavěna na LPG musí být trvale označena kruhovým žlutým označením s nápisem LPG. Je zde však riziko negativního přístupu ze strany výrobce k zachování záruky u přestavovaného vozu, neboť přestavbou může přijít o všechny záruky na automobil.

Emise škodlivin ve výfukových plynech u vozidel na LPG nesmí překročit hodnoty původního paliva. U dvoupalcových systémů musí limity splňovat každé z paliv. Dále emise škodlivin nesmí překročit hodnoty stanovené vyhláškou MD ČR č. 341/2002 Sb.

Podmínky provozu motorových vozidel s plynovou zástavbou jsou v ČR upraveny zákonem č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, a prováděcími vyhláškami Ministerstva dopravy č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti

a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, a č. 302/2001 Sb., o technických prohlídkách a měření emisí vozidel [13].

Systémy LPG u osobních automobilů

Systém s centrálním směšovačem

Pro vozy s karburátorem lze použít plynové zařízení, které nepotřebuje pro svou funkci elektronickou řídicí jednotku [13]. Řidič si sám volí přepnutí vozu na LPG nebo benzín.

Do vozidel se vstřikováním benzínu a řízeným katalyzátorem se používá zařízení s programovatelnou řídicí jednotkou a jedním centrálním směšovačem [13]. Programovatelná řídicí jednotka si stanovuje pomocí elektroniky řízeného dávkování množství plynu, které je dodáváno do motoru. Přepínání provozu LPG/ benzín probíhá automaticky dle otáček motoru. Řidič však může přepnout i ručně. U systému se směšovačem je možné na LPG i startovat. Obecně se to však nedoporučuje, neboť nedojde ke spálení veškerého nasátého plynu a ten je nahromaděn ve výfukovém potrubí a hrozí nebezpečí výbuchu.

Tento systém je cenově nejdostupnější, cena začíná zhruba na 12 000 Kč. Negativem tohoto systému je vyšší spotřeba paliva (o 10 až 20 %).

Systém vícebodového vstřikování

Tento systém se používá u novějších typů aut. Přisun paliva je řešen individuálně pro každý válec. Výsledkem je dosažení lepších hodnot emisí, spotřeby a výkonu. Množství vstřikovaného plynu je pro všechny válce společné. Přepínání na LPG probíhá automaticky po dosažení optimální teploty pro provoz vozidla na LPG. Cena zařízení a montáže se pohybuje nad 30 000 Kč [13].

Systém sekvenčního vstřikování

Tento systém se využívá u nových automobilů, pro které platí vysoké nároky na přesnost a dávkování vstřikovaného paliva. Je zde nutno dodržet nejpřísnější emisní limity. Přisun paliva je řešen pro každý válec zvlášť. Jednotlivé vstřikovací trysky jsou řízeny elektronicky. Parametry spotřeby a výkonu se neliší od provozu na benzín. Toto zařízení má vynikající jízdní vlastnosti a vysokou pružnost motoru. Přepínač provozu LPG/benzín funguje u tohoto systému následovně: studený motor – vůz nastartuje automaticky na benzín (LPG zvolit nelze), po ohřátí motoru dojde k automatickému přepnutí na LPG. Cena montáže LPG se pohybuje okolo 40 000 Kč [13].

Systém LPG se vstřikováním plynu v kapalném stavu

Nepoužívá se zde předeheřevu LPG, ale palivo je dopraveno do motoru pomocí čerpadla umístěného v plynové nádrži. Toto vylepšení sebou přináší snížení spotřeby a optimální emise. Cena se pohybuje v rozmezí 60 000 až 80 000 Kč.

Ke všem systémům lze vybrat nádrž, která se liší velikostí, tvarem a způsobem uchycení. Válcové nádrže jsou určeny pro montáž do kufru za zadní sedadla a nádrže toroidní pro montáž místo rezervy. Plynová nádrž je při výrobě kontrolována tlakovou zkouškou, vybavena ventilem s tepelnou a tlakovou pojistkou a umístěna v plynotěsné schránce [14]. V případě nárazu dojde k uzavření přívodu plynu víceúčelovým ventilem.

Systémy LPG u nákladních vozidel a autobusů

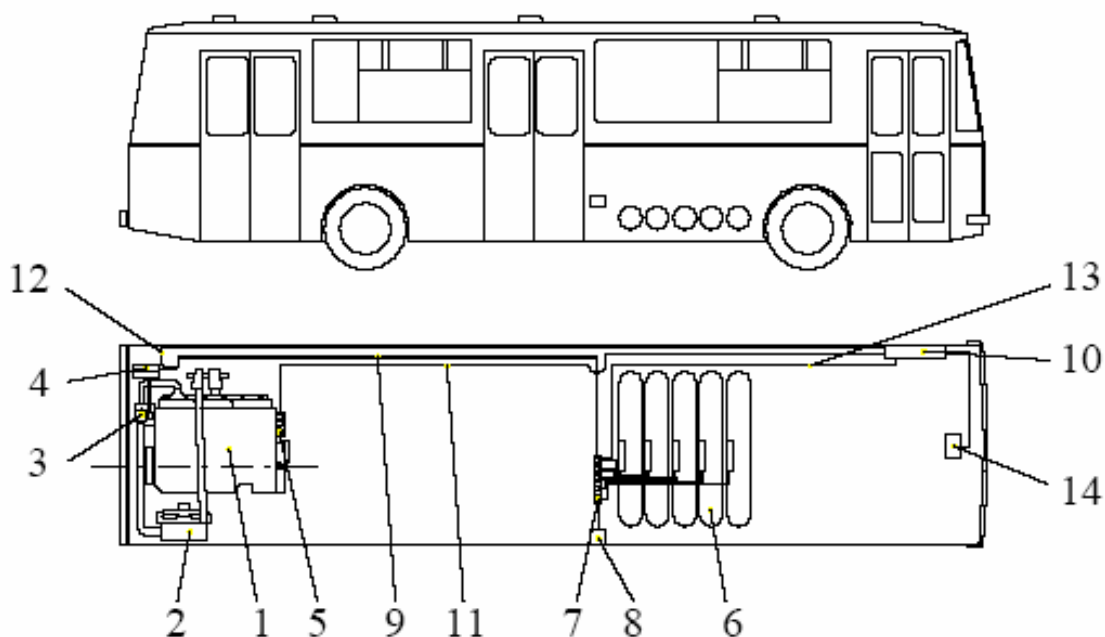
Při přestavbě naftových vozidel s přímým vstřikem paliva na palivo LPG lze využít tato řešení:

Přestavba na jednopalivový plynový zážehový motor – škrticí klapka ovládá množství nasávané palivové směsi. Motor je vybaven elektrickou zapalovací soustavou, vstřikovače jsou nahrazeny zapalovacími svíčkami [12].

Přestavba na motor plynový se zapalovacím vstřikem nafty – kladen důraz na vstřikovací zařízení a na regulační systém, který odměřuje velikost zapalovací dávky nafty a množství plynného paliva.

Přestavba na motor dvoupalivový – motor má větší dávku zapalovací nafty a plynné palivo pouze doplňuje vyšší energetickou potřebu.

Při přestavbě vznětového motoru na LPG se celý motor doslova upraví na zážehový motor včetně zapalování atd. [15]. Je nutné snížit kompresní poměr na hodnoty zážehového motoru, upravit tvar spalovacího prostoru a pístů, místo vstřikovačů zavést zapalovací svíčky, doplnit sání motoru tělesem škrticí klapky. Kladem přestavby je snížení hlučnosti motoru, prodloužení jeho životnosti, záporem je vysoká náročnost přestavby.



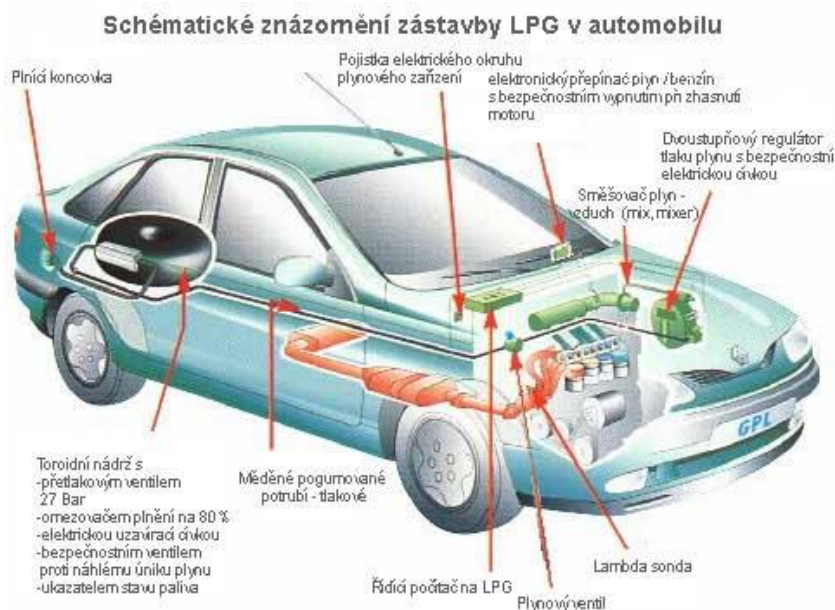
- 1- Plynový zážehový přepřlňovaný motor typu ML 636 PB
- 2 - Mezichladič plnicího vzduchu
- 3 - Směšovač s ovládáním a regulací motoru
- 4 - Odpařovač s regulátorem tlaku plynu
- 5 - Elektronický zapalovací systém motoru
- 6 - Tlakové nádrže na LPG (5x120 dm³ objem, plnění 5x90 dm³)
- 7 - Spojovací blok s elektromagnetickými ventily pro odběr LPG
- 8 - Plnicí ventil LPG
- 9 - Přívod LPG k odpařovači
- 10 - Elektronická řídicí jednotka (EŘJ)
- 11 - Elektrický obvod zapalování a EŘJ
- 12, 13 - Elektrické obvody EŘJ - palivový systém
- 14 - Kontrolní a ovládací panel

Obrázek č. 4: Schéma LPG plynové zástavby v autobusu MHD [12]

Popis pohonu přestavěného vozidla na LPG

Na obrázku č. 5 je znázorněna zástavba LPG, kdy do nádrže je plyn z čerpací stanice LPG dopravován přes přípojku plnění, pomocí plynového rozvodu. Používají se vysokotlaké homologované hadice. Nádrž ve vozidle smí být plněna na max. množství 80 % objemu [9]. K tlakové nádrži je připevněn víceúčelový ventil (multiventil), který plní funkce provozní (uzavírá nádrž při vypnutém zapalování, odebírá pohonné hmoty z nádrže, ukazuje stav paliva

v nádrži) a bezpečnostní (plnění nádrže do max. 80 % obsahu, zastavení toku paliva při poruše potrubí, vypuštění plynu při přetlaku nad 27 MPa, ruční uzavření přívodu plynu do nádrže a k přípojce dálkového plnění, tepelná pojistka odpustí v případě požáru plyn z nádrže) [9]. Z nádrže je kapalná fáze LPG vedena potrubím přes elektromagnetický ventil plynu do regulátoru – směšovače [8]. Nejdříve zde dochází k jeho zplynění a poté k regulaci na cca 3 kPa neboli provozní hodnotu. Energie potřebná na jeho zplynění je dodávána teplou vodou, která přichází z chladicího systému motoru [8]. Odpařovaný LPG je nasáván spojovacím potrubím do směšovače. Zde se mísí se vzduchem v potřebném poměru a je dávkován podle potřeby do motoru [7]. K zabránění současného nasávání benzínového paliva je zde instalován elektrický benzínový ventil, jenž je zapojen oproti plynovému reverzně. Většinou je na palubní desce instalován přepínač. Pro karburátorová vozidla bez vstřikování má tři polohy. V mezipoloze jsou oba ventily uzavřeny, v obou krajních polohách jsou střídavě zapojeny, buď plynový, nebo benzínový ventil. U vozidel se vstřikovacím systémem a s řízeným katalyzátorem se používají elektronicky řízené regulátory s vyhodnocovací řídicí jednotkou a kyslíkovou sondou [8].



Obrázek č. 5: Znázornění zástavby LPG [6]

U přestavovaných vozidel ovlivňuje LPG motor a následující komponenty vozidla:

- Zapalovací soustava – životnost svíček je maximálně 15 000 km [12].
- Výfuková soustava – výfuk dříve koroduje, neboť výfukové plyny neobsahují pevné částice, které by se usazovaly ve výfuku a částečně tak chrání-li před korozi.
- Chladicí soustava - je již při provozu na klasická paliva v horším stavu; může docházet k přehřívání motoru vzhledem k vyšší teplotě spalování.
- Nápravy vozidel - v případě použití větší plynové nádrže dochází k vyššímu zatížení zadní nápravy.
- Klikový mechanismus motoru – chod motoru je měkčí a tišší, což se pozitivně projeví na nižším namáhání mechanických dílů motoru.
- Stěny válců, písty a pístní kroužky – LPG nekondenzuje na stěnách válce a nenarušuje mazací olejový film.
- Další třecí plochy motoru – motorový olej je méně znečišťován karbonovými částicemi, a tím se prodlužuje mazací schopnost oleje.

Bezpečnost systémů LPG

Bezpečnosti je věnována vysoká pozornost, a proto jsou tyto vozidla při nárazu bezpečnější než vozidla s konvenčním pohonem. Bezpečnostní prvky se týkají především palivové nádrže, která je realizována jako tlaková nádoba válcového nebo toroidního provedení s přetlakovým ventilem. Každá nádrž je certifikována s platností 10 let. Nádrže jsou vybaveny víceúčelovým ventilem, který zajistí naplnění nádrže do max. 80 % obsahu. Multiventil je vybaven elektroventilem, který uzavírá palivo přímo v nádrži při nečinnosti v motorovém prostoru nebo reduktoru tlaku. Těsnost soustavy je kontrolována předepsanými pravidelnými revizemi plynového zařízení.

Ekonomika systému LPG

LPG z ekonomického pohledu přináší úsporu nákladů na palivo, jehož cena se pohybuje v rozmezí 16 – 18 Kč, tedy zhruba o polovinu nižší v porovnání s benzínem a naftou.

Mezi další pozitiva patří i šetrnost paliva k motoru, tišší chod motoru a mazací olej se méně poškozuje. Cena přestavby se pohybuje v rozmezí 30 až 60 tisíc korun v závislosti na typu vozidla a dalších podmínkách.

Z ekonomického hlediska je problémem tohoto paliva rozdílné zdanění topného oleje a autoplynu. Dále je nutné počítat s každoročními náklady na revize plynového zařízení (cca 250 Kč) a spotřeba plynu se zvýší o několik procent oproti benzínu.

V současné době je v ČR provozováno cca 900 čerpacích stanic na LPG a cca 200 000 vozidel na pohon LPG [16].

Legislativa

LPG je znevýhodněn oproti CNG, neboť CNG je jako palivo osvobozeno do konce roku 2011 od spotřební daně (do roku 2018 bude sazba spotřební daně každoročně růst k současné výši pro LPG). LPG je jako palivo zatíženo spotřební daní, a to 3 950 Kč na 1 tunu, tedy cca 2,14 Kč na 1 litr LPG [17]. V jiných evropských zemích, jako např. Slovensko, Itálie, je LPG i CNG podporován shodně jak spotřební daní, tak dotací na přestavbu. V ČR poskytuje dotaci na LPG přestavbu pouze LPG klub, o. s., a to 10 % z ceny přestavby. Majitelé LPG vozidel podporuje stát pouze osvobozením od platby silniční daně, jiná podpora státu LPG není.

2.1.2.2 Stlačený zemní plyn (CNG)

CNG (Compressed Natural Gas) je zemní plyn stlačený pod tlakem 20 a více (22, 25) MPa. V současné době se v ČR využívá nejvíce v autobusech, jeho rozšíření u automobilů ale neustále roste. Může být využíván jako motorové palivo v klasických spalovacích motorech, benzínových nebo přímo plynových. Pro využívání zemního plynu ve vozidlech je nezbytný speciální zásobník plynu a vstřikovací systém.

Delší životnost zásob zemního plynu oproti ropě a rovnoměrnější rozložení nalezišť zemního plynu je důležitou skutečností pro budoucí rozvoj využití zemního plynu v dopravě. Zemní plyn je přepravován již vybudovanými plynovody.

Zemní plyn je čisté palivo, které splňuje emisní limity, je levné a má vysoké oktanové číslo (130). Výhřevnost 1 m³ zemního plynu za normálních podmínek odpovídá výhřevnosti 1 litru benzínu.

Zemní plyn obsahuje v suchém stavu 95 % až 98 % metanu (CH₄), v ČR se blíží horní hranici. Podle původu ložiska a příp. zpracování může zemní plyn obsahovat i vyšší hořlavé plyny ethan, propan a butan (max. jednotky procent) a v menším množství jsou zastoupeny většinou dusík N₂ a oxid uhličitý CO₂, tedy nehořlavé látky. Zemní plyn je lehčí než vzduch a při úniku se ihned rozptýluje.

Jakostní standardy zemního plynu stanovuje ČSN 38 6110.

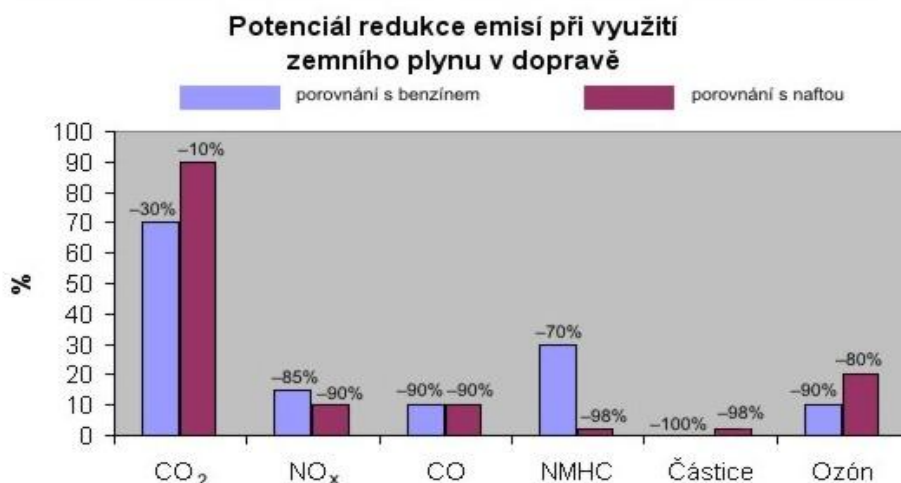
Ekologický pohled na CNG

Zemní plyn je neekologičtější neobnovitelné palivo. Je to dáno tím, že se skládá převážně z metanu, jehož molekula obsahuje pouze jeden atom uhlíku a čtyři atomy vodíku, zatímco u benzínu i motorové nafty je tento poměr cca 1 : 2. Spalováním metanu vzniká více vody a méně oxidu uhličitého než při spalování běžných tekutých uhlovodíkových paliv [18]. Zkušenosti z praktického použití vozidel s pohonem na CNG ukázaly, že provoz vozidel se vyznačuje následujícími výhodami:

- Výrazné snížení emisí pevných částic, jak je uvedeno v tabulce č. 4.
- Kouřivost vznětových motorů je u plynových pohonů prakticky eliminována [3].
- Snížení emisí oxidu dusíku NO_x a oxidu uhelnatého CO.
- Snížení emisí oxidu uhličitého (skleníkového plynu) cca o 10 až 15 % [3].
- Výrazné snížení nemetanových, aromatických a polyaromatických uhlovodíků (PAU), aldehydů [3].
- Snížení tvorby ozónu v atmosféře nad zemí, který způsobuje tzv. „letní smog“ [3].
- Spaliny z motorů na zemní plyn neobsahují oxid siřičitý (SO_2) [3].
- Do zemního plynu se nepřidávají aditiva a karcinogenní přísady [3].
- Plynové motory mají tišší chod, úroveň hluku plynových autobusů oproti naftovým je díky způsobu spalování nižší o 50% vně vozidel, o 60 až 70 % uvnitř vozidel [3].
- Při tankování nevznikají žádné ztráty paliva [3].
- Nemožnost kontaminace půdy v důsledku úniku na silnici, v garáži [3].

Tabulka č. 4: Srovnání emisí produkovaných naftovými motory a motory na zemní plyn [19]

Emise	Stav	Vyčíslení
pevné částice	snížení o	85 – 90 %
No_x – oxid dusíku	snížení o	50 – 60 %
HC – reaktivní uhlovodíky	srovnatelné, resp. zvýšení nedosahující limitu	
CO – oxid uhelnatý	snížení o	75 – 90 %
CO_2 – oxid uhličitý	snížení o	15 – 30 %



Obrázek č. 6: Potenciál snížení emisí při využití zemního plynu v dopravě [19]

Ekologické vlastnosti zemního plynu jsou využity v osobních, dodávkových automobilech a především v autobusech městské hromadné dopravy, průmyslových aglomeracích, v lázeňských a rekreačních oblastech.

CNG autobusy nejenže splňují normu Euro V, jak je uvedeno v tabulce č. 5, ale i připravovanou Euro VI, a to jen na základě vlastností a složení paliva. Mohou tedy splňovat ještě přísnější evropské normy bez nutnosti přidávání ekologizačních prvků do vozidla.

Tabulka č. 5: Srovnání CNG autobusů ve vztahu k Euro V [20]

Norma EURO V (v g/kWh)	Ekobus ¹⁾	Iveco CNG ¹⁾	TEDOM TG 210 ²⁾	TEDOM NG 210 ²⁾
CO = 1,5	0,012	0,54	0,08	1,16
HC = 0,46	0,25	0,16	0,45	0,09
NO _x = 2	2,08	1,18	1,81	0,89
PM = 0,02	0,005	0,01	0,001	0,001

1) Studie proveditelnosti Podpora veřejné hromadné dopravy ve středočeském kraji s cílem její postupné ekologizace přechodem na alternativní druh paliva resp. pohonu od Centra dopravního výzkumu.

2) Společnost Tedom.

Vozidla na pohon CNG

Zemní plyn může být využíván v benzínových i vznětových motorech. Vozidla lze přestavovat nebo již zakoupit s malo- či velkoobjemovými motory speciálně vyráběná

s pohonem na zemní plyn. Palivo je ve vozidle uskladněno v zásobnících a dále je zapotřebí vstříkovací systém plynu. Zážehový motor se nepřestavuje, přidá se pouze palivový systém pro CNG.

CNG lze použít do motorů karburátorových i vstříkovaných. Většinou jsou palivové soustavy na CNG koncipovány jako duální (benzín/CNG). Motor konstruovaný přímo na zemní plyn dosahuje o něco lepší parametry než motor přestavěný. U přestavěných vozidel dochází ke snížení výkonu motoru (o cca 5 až 10 %) a ke zvýšení celkové hmotnosti automobilu a snížení povolené užité hmotnosti v důsledku instalace tlakové nádrže na plyn [3].

Základní prvky plynové soustavy CNG:

- Plnicí ventil slouží k plnění tlakové nádoby u plnicích stanic CNG. Plnicí ventil může být umístěn v motorovém prostoru, u čerpacího otvoru klasických paliv nebo samostatně.
- Bezpečnostní ventil je umístěn na palivové nádrži a plní funkci provozní a bezpečnostní. Uzavírá tlakovou nádrž při vypnutém zapalování a řídí odebírání plynu z nádoby. Bezpečnostní funkci plní ventil přerušením průtoku plynu v případě poruchy potrubí, vypuštěním plynu při přetlaku a v případě požáru teplená pojistka odpustí zemní plyn z nádoby.
- Tlakové nádoby jsou buď z ušlechtilé ocele, nebo jsou odlehčené z lehkých hliníkových nebo kompozitních materiálů. U přestavovaných automobilů jsou tlakové nádoby umístěny v zavazadlovém prostoru u sériově vyráběných automobilů pod vozidlem nebo v jiných vhodných prostorech. U autobusů v zavazadlovém prostoru a u nízkopodlažních autobusů na střeše. Tlakové nádoby procházejí řadou zkoušek, především se zkouší odolnost proti nárazu, požáru a zvýšení tlaku.
- Propojovací vysokotlaké plynové potrubí přivádí zemní plyn z plnicího ventilu do tlakové nádoby, při provozu přivádí zemní plyn z nádoby do regulátoru.
- Manometr ukazuje hodnotu tlaku ve vysokotlaké části plynové zásoby.
- Regulátor tlaku plynu, který slouží k regulaci tlaku plynu a je umístěn v motorovém prostoru a napojen na vnitřní chladicí okruh motoru.

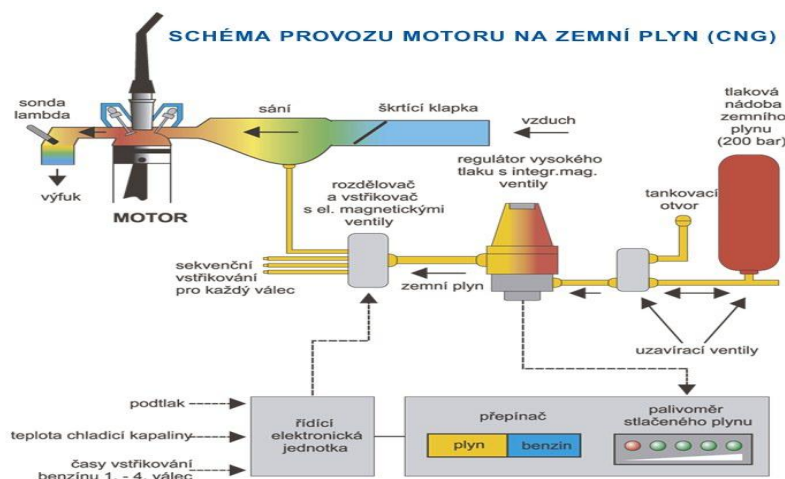
Obrázek č. 7 popisuje provoz motoru na zemní plyn. Každý zásobník plynu má vlastní elektromagnetický solenoidový ventil, který zabezpečuje dodávku zemního plynu do motoru pouze v době jeho chodu [7]. Také má nadprůtokový ventil, který přeruší dodávku paliva

k motoru v případě snížení tlaku v přívodní trubce např. z důvodu nehody [7]. Pro případ požáru jsou zásobníky plynu vybaveny ochrannou pojistkou. Ta zaručí odpouštění expandujícího plynu v okamžiku, kdy teplota přesáhne hranici 110 °C. Od nádrže vede vysokotlaké vedení až do motorového prostoru. Odtud pokračuje do regulátoru tlaku. V regulátoru tlaku probíhá ve dvou až třech stupních snížení tlaku na požadované nižší hodnoty (z hodnoty 22 MPa na 200 kPa). Při snižování tlaku dochází k odběru tepla, a aby nedošlo k zamrznutí, je regulátor vyhříván okruhem chladicí kapaliny motoru [7]. Regulátor tlaku navíc obsahuje další elektromagnetický uzavírací ventil a bezpečnostní ventil [7].

U vozidel s centrálním směšovačem se plyn přivede do směšovače, kde se vytvoří palivová směs se vzduchem. Množství plynu přivedeného do směšovače je regulováno krokovým motorkem. Řídící jednotka a emulátor přerušuje vstřikování benzínu a řídí dávkování plynu. Přepínač plyn-benzín je umístěn u přístrojové desky. Součástí této soustavy je i lambda sonda, která analyzuje složení výfukových plynů, podle kterého elektronická jednotka řídí dávkování plynu.

U vozidel s přímým vstřikováním se plyn z regulátoru přivede palivovou lištou k elektronickým vstřikovačům. Odtud je plyn vstřikován do sacího potrubí jednotlivých válců, pracuje sekvenčně, tzn., vstřikuje zemní plyn pro každý válec zvlášť.

Tlaková nádrž se u osobních automobilů umísťuje v zavazadlovém prostoru. Je-li automobil vyroben přímo na pohon CNG, je tlaková láhev připevněna pod vozidlo. U nízkopodlažních autobusů mohou být nádrže umístěny na střeše. Tyto nádrže musí být každoročně zkontrolovány detektorem úniku plynu a jednou za pět let je nutná velká revize (kontrola mechanického poškození, koroze, úniku plynu).



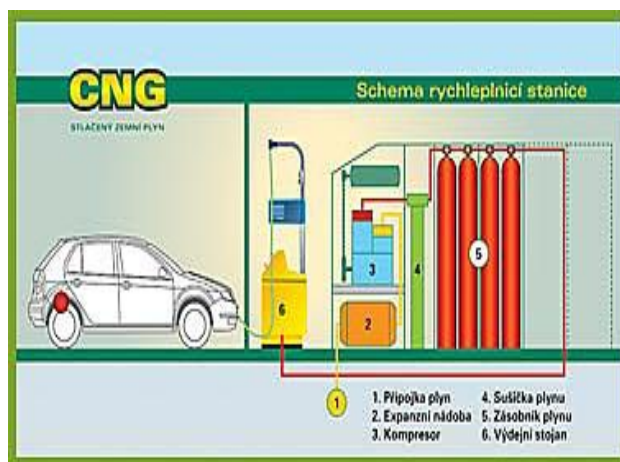
Obrázek č. 7: Provoz motoru na CNG [7]

Plnicí stanice CNG

Problematika CNG stanic (podmínky pro umístování, provedení, zkoušení a provoz) je řešena v Technickém doporučení GAS - TDG 304 02 – „Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla“ [3]. Legislativu CNG plnicích zařízení určuje Technické doporučení GAS TDG 982 03.

CNG stanice pro rychlé plnění

Rychlé plnění, obrázek č. 8, trvá maximálně 4 min., kdy se plnicí konektor hadice výdejního stojanu připojí na plnicí ventil a CNG je přepouštěn do plynových tlakových nádob. Moderní výdajové stojany jsou vybaveny hmotnostním měřením průtoku plynu, měřením teploty a tlaku a elektronickým zařízením, které zajišťuje plnění na stanovený provozní tlak 20 až 22 MPa.



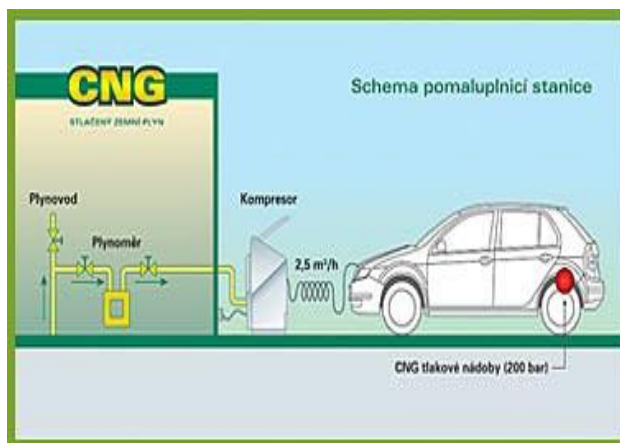
Obrázek č. 8: CNG stanice pro rychlé plnění [3]

Pomaluplnicí stanice = sekvenční plnění

Hlavní součástí pomaluplnicího zařízení je kompresor zemního plynu, který nezahrnuje zásobník plynu. Plnění se provádí přímo kompresorem několik hodin, a to v době, kdy vozidlo není v provozu, viz obrázek č. 9. Zařízení je limitováno max. výkonem 20 m³/hod., max. plnicím tlakem 26 MPa a max. skladovací kapacitou plynu 0,5 m³ [3]. V ČR se tato plnicí stanice nazývá „domácí plnička plynu“ z anglického názvu VRA – Vehicle Refuelling Appliance.

Sekvenční plnění u CNG autobusů probíhá přímo z kompresoru a probíhá několik hodin. Plnicí terminál se nachází v areálu dopravního podniku a je zde možnost plnit více autobusů najednou (např. Dopravní podnik města Pardubic, a.s.). Plynárenská společnost v daném

regionu dopravci, který se rozhodne postupně převádět svůj vozový park či jeho část na CNG a v prvním roce této obměny zakoupí a bude provozovat min. 4 autobusy, vybuduje plnicí stanici CNG v souladu s potřebami dopravce (ve většině větších měst již stanice CNG existuje). Tento postup je zakotven v tzv. Dobrovolné dohodě mezi vládou ČR a plynárenskými společnostmi o podpoře užití zemního plynu jako pohonné hmoty z roku 2006 [3].



Obrázek č. 9: Pomaluplnicí stanice [3]

Bezpečnost CNG

Z hlediska bezpečnosti (uskladnění a vlastnosti) je CNG nejbezpečnějším palivem pro pohon automobilů.

Zemní plyn se volně rozptyluje, je lehčí než vzduch, má úzký interval zápalnosti a vysokou zápalnou teplotu (nad 540 °C) a meze výbušnosti ve směsi se vzduchem (4,4 až 15 %) jsou vyšší než pro kapalné pohonné hmoty. Zemní plyn je skladován pod vysokým tlakem (20 MPa) v silnostěnných tlakových nádržích, které odolávají nárazu při havárii. V případě přerušení plynového potrubí jsou nádrže vybaveny bezpečnostními ventily, které brání případnému unikání zemního plynu a vytváření výbušného prostředí. V případě požáru vozidla je zde tavná pojistka, která zajistí postupné vypouštění a vyhoření plynu tak, aby nedošlo k explozi nádrže.

Zajištění bezpečnosti je zajišťováno řadou předepsaných periodických kontrol a revizí plynového zařízení.

Vozidla mohou parkovat v zajištěných podzemních garážích.

Ekonomika provozu CNG

Porovnání jednotlivých pohonných hmot:

1 litr benzínu = 1,0 m³ CNG,

1 litr nafty = 1,2 m³ CNG,

1 litr LPG = 0,8 m³ CNG [11],

Vozidla s pohonem CNG mají náklady ve srovnání s tradičními pohonnými palivy nižší.

Auta s pohonem na CNG lze častěji koupit přímo od výrobce, kdy se cena těchto vozů pohybuje na úrovni aut s naftovým pohonem. Lze však také CNG kombinovat s benzínem či naftou a přestavba se pohybuje v rozmezí 20 až 60 tis. Kč.

Cena CNG se mění pouze mírně, lze konstatovat, že je velmi stabilní oproti klasickým motorovým palivům, které jsou závislé na světové ceně ropy a ropných produktů. Průměrná cena CNG je přibližně 22 Kč/kg.

Návratnost finančních prostředků vynaložených na vyšší pořizovací cenu vozidla na pohon CNG je závislá na mnoha faktorech, z nichž nejdůležitější jsou [3]:

- počet ujetých kilometrů,
- vzájemný poměr prodejních cen zemního plynu, benzínu, nafty,
- vyšší náklady na pořízení plynového vozidla (cca 60 až 80 tis. Kč).

Při současných cenách CNG vychází 1 km jízdy na cca 1,00 až 1,10 Kč.

Tabulka č. 6: Srovnání u autobusu pro provoz MHD Irisbus Citelis, TEDOM [3]

	nafta	zemní plyn
cena nového vozu	4,8 mil. Kč	5,6 mil. Kč
spotřeba na 100 km	45 l	54 m ³
ročně najeto kilometrů	60 000 km	60 000 km
cena pohonných hmot	30 Kč/l	17 Kč/m ³
provozní náklady na 1km	9,90 Kč	7,43 Kč
vedlejší náklady		15 000 Kč
celkové roční provozní náklady	594 000 Kč	446 000 Kč
roční úspora na provozu		148 000 Kč
dotace plynárenských společností		200 000 Kč/vůz
úspora za 12 let (životnost)		2 mil. Kč

Jak je uvedeno v tabulce č. 6, palivové náklady na CNG jsou ve výši cca 50 % proti naftě, spotřební a silniční daň na CNG je nulová. Při ročním projezdu autobusu ve výši 60 tisíc km to znamená roční úsporu 148 000 Kč. Je zde možnost získat státní dotaci a možnost marketingové podpory (dotace měst, krajů, příjmy z reklam, apod.).

U autobusu na naftu nejsou započítány ztráty, které mohou vzniknout jejím odcizením a dále náklady na dosažení stejné úrovně emisí Euro V, která je u CNG autobusů standardem.

Na začátku roku 2010 bylo v ČR provozováno cca 1 800 vozidel na CNG, z toho bylo 270 autobusů, 1 500 osobních a dodávkových vozů, 20 svozových a čistících vozidel a 40 kusů vysokozdvížných vozíků, roleb a nákladních vozidel, počet stanic na CNG byl 25 [3]. Začátkem roku 2011 to již bylo 2 900 vozidel na CNG a 33 veřejných plnicích stanic [3].

Legislativa

Provoz CNG vozidel je upraven vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů č. 341/2002 Sb. O schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [16].

Evropský parlament přijal 12. 9. 2001 Bílou knihu evropské dopravní politiky a Evropská komise schválila 7. 11. 2001 program pro využití alternativních pohonných hmot v dopravě. Program předpokládá, že do roku 2020 by mělo být nahrazeno 20 až 23 % motorových paliv alternativními palivy. Toto nahrazování bude postupné, např. pro zemní plyn se počítá do roku 2010 s 2 %, do roku 2015 s 5 % a v roce 2020 s 10 %. V ČR to do roku 2020 znamená následující: 350 000 vozidel na zemní plyn, spotřeba zemního plynu cca 1 mld. m³, cca 350 plnicích stanic [20] (stav v roce 2020). Proto dne 11. 5. 2005 vláda přijala Usnesení vlády ČR č. 563 a následně uzavřela dne 16. 3. 2006 Dobrovolnou dohodu mezi státem a plynárenskými společnostmi k podpoře CNG. Stát se zavázal poskytnout dotace na CNG autobusy, stabilizovat spotřební daně na CNG. Plynárenské společnosti se zavázaly do roku 2020 vybudovat 100 plnicích stanic CNG v celkové hodnotě cca 1 mld. Kč.

Stát své závazky plní následujícím způsobem:

- Dotace na plynové autobusy 200 tis. Kč/bus – max. 10 mil Kč/rok. (Za rok 2007 podpora 26 autobusů (5,2mil. Kč), za rok 2008 podpora 25 autobusů (5 mil. Kč) [21], za rok 2009 podpora 37 autobusů).

- Česká republika od 1. 1. 2007 do r. 2020 stabilizovala spotřební daň, a to tak, že do roku 2020 by měla dosáhnout úrovně min. sazby EU.
 - do 31. 12. 2011 sazba 0 Kč/MWh spalného tepla
 - do 31. 12. 2014 sazba 32,40 Kč/MWh spalného tj. cca 0,36 Kč/m³
 - do 31. 12. 2017 sazba 68,40 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 0,72 Kč/ m³
 - do 31. 12. 2019 sazba 136,80 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 1,44 Kč/ m³
 - od 1. 1. 2020 sazba 264,80 Kč/MWh spalného tepla tj. cca 2,80 Kč/ m³ [3].
- V červnu 2007 vláda schválila Národní program snižování emisí. Jedním z úkolů byla i novela zákona o silniční dani. Od 1. 1. 2009 vozidla pro dopravu osob a dopravu nákladů s největší povolenou hmotností do 12 tun jsou osvobozeny od placení silniční daně. Úspora u autobusů dosahuje cca 20 až 40 000 Kč/rok podle hmotnosti, úspora u osobního automobilu činí 1 200 až 4 200 Kč dle zdvihového objemu motoru v cm³, úspora u nákladního vozidla je až 12 000 Kč za rok [20]. Dalším úkolem, který vyplývá z programu, je plynofikace vozidel státní správy. Vláda ČR Usnesením vlády č. 1592 ze dne 16. 12. 2008 přijala Program obměny vozového parku veřejné správy za „čistá“ vozidla. Cílem je dosáhnout do roku 2014 25 % podílu „čistých“ vozidel na celkovém vozovém parku využívaném orgány státní správy.

Evropská komise v dubnu 2008 schválila podporu, kterou mohou v ČR získat společnosti na investice do autobusů šetrných k životnímu prostředí, které budou využity pro účely veřejné služby. Ministerstvo dopravy určilo časový úsek na tento Program obnovy vozidel veřejné autobusové dopravy na roky 2008 až 2013. Výše dotace Ministerstva dopravy na nové nízkopodlažní CNG autobusy činí až 1,8 mil. Kč dle délky pro veřejnou linkovou dopravu a až 2,6 mil. Kč dle délky pro MHD. Základní podmínky pro získání dotace, výše a forma dotace je blíže stanovena v Pravidlech pro poskytování dotací ze státního rozpočtu v rámci Programu obnovy vozidel veřejné autobusové dopravy v příslušném roce.

ČR také může čerpat finanční prostředky z Evropského fondu regionálního rozvoje (dále jen „ERDF“) prostřednictvím sektorového operačního programu Infrastruktura. Program podporuje čtyři priority. Cílem Priority č. 2 je podpora zlepšení dopravní infrastruktury a souvisejících problémů pro vytvoření kvalitního životního prostředí. V rámci této Priority se realizují čtyři opatření. Cílem Opatření 2.3 Podpora zavádění alternativních paliv je zvýšení podílu alternativních paliv na celkové spotřebě paliv v dopravě. Podporovány jsou projekty,

kteří se zabývají novými technologiemi v dopravě. Kritériem podpory je snížení ekologické zátěže, především v oblasti emisí skleníkových plynů.

Soubor normativních dokumentů související s provozem CNG autobusů a platná v ČR [3]:

- České technické normy: ČSN 73 0804, ČSN 73 60 58, ČSN 65 6517, ČSN EN 60079
- Technická doporučení TDG 304 02 „Plnicí stanice stlačeného zemního plynu pro motorová vozidla“, TDG 982 01 „Vybavení garáží a jiných prostorů pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG“, TDG 982 02 „Podmínky provozu, oprav, údržby a kontroly motorových vozidel s pohonným systémem CNG“, TDG 982 03 „Plnicí zařízení pro motorová vozidla s pohonným systémem CNG“.

2.2 Motorové oleje pro vznětové motory a jejich vlastnosti

Motorové oleje se rozdělují na minerální, syntetické a polosyntetické. Minerální oleje jsou vyráběny z ropy, syntetické oleje jsou uměle vyráběné kapaliny. Motorový olej je produkt, který slouží k promazávání třecích komponent v motoru vozidla, odvodu tepla z motoru, eliminace nečistot, dotěsnění pístů a pístních kroužků. Oleje musí být používány podle klimatických podmínek a způsobu jízdy a hodnotí se podle viskozity nebo podle výkonu motoru. U výkonového hodnocení se posuzuje, jaký výkon vyprodukuje motor v přepočtu na jeden válec. Tento systém hodnocení je nestejnorodý, proto existuje řada označení takovýchto olejů, většinou dle států (CA ...CI-4 – normy pro vznětové motory, druhé písmeno vzestupně označuje jakost; ACEA A, ACEA B, ACEA C, ACEA E – příklady normovaných značení olejů evropské výkonové klasifikace). Hodnocení z hlediska viskozity je klasifikací SAE, rozlišuje 11 viskozitních tříd, které popisují vlastnosti oleje při teplotě 100 °C [22].

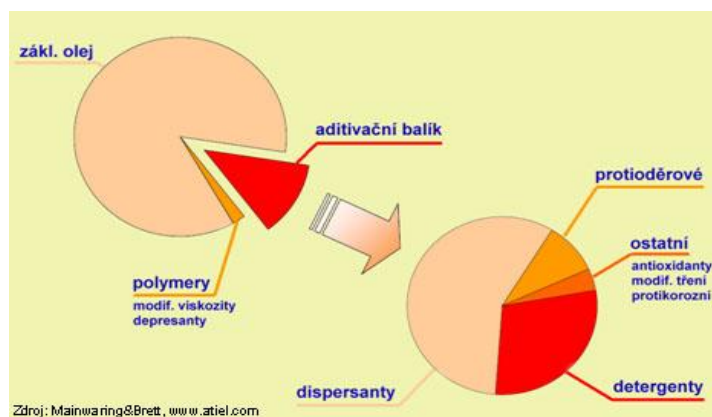
Motorové oleje musí splňovat řadu norem a požadavků výrobců automobilů. Jedním z problémů jakosti paliv a maziv jsou nečistoty, které se jak do paliva, tak do oleje dostávají v průběhu provozu nebo údržby. Je to především prach, saze, voda, karbonizační zbytky, částice kovů z otěru, vlákna z filtrů apod. Proto je nutné zajistit čistotu pomocí jakostních filtrů – filtr paliva, filtr oleje, filtr nasávaného vzduchu do motoru.

Paliva prodávaná u čerpacích stanic musí splňovat následující podmínky, které jsou stanoveny normami (motorová nafta ČSN EN 590):

Obsah nečistot se pohybuje v rozmezí 5 až 15 mg/kg. Norma pro naftu určuje maximální množství nečistot 24 mg/kg.

Podobné je to s obsahem vody. U nafty je obsah vody cca 50 až 120 mg/kg, norma určuje maximálně 200 mg/kg.

Výměnný interval motorového oleje u vznětového motoru je až 50 tis. km u osobních automobilů a u nákladních je to mezi 40 až 150 tis. km [23].



Obrázek č. 10: Složení motorových olejů [24]

Obrázek č. 10 znázorňuje složení motorového oleje a složení aditívniho balíku – více než polovinu celkového množství aditiv je zastoupeno disperzanty, čtvrtinu detergenty a zbytek připadá na další druhy přísad.

Detergenty čistí kovové povrchy motoru a uvolňují různé usazeniny, kaly, karbonové povlaky z povrchu mazaných dílů. Disperzanty zabraňují tomu, aby se částice nečistot opět vzájemně nespojily a neusadily. Takto zajištěné nečistoty nepůsobí žádné podstatné problémy v oleji. Je důležité dodržovat lhůty pro výměnu motorového oleje, neboť detergentní a disperzní schopnosti oleje jsou omezené a dodávají oleji potřebné výkonové vlastnosti.

2.2.1 Vlastnosti motorových olejů

Motorový olej má mít po celou dobu provozu tyto vlastnosti: dostatečná únosnost mazacího filmu, tekutost za nízkých teplot, dostatečná viskozita v celém rozsahu pracovních teplot, termooxidační stálost, schopnost odvádět teplo, schopnost neutralizovat kyselé produkty, schopnost udržovat motor čistý, malou odparnost, kompatibilitu s materiály těsnění, ochranu proti korozi [25]. Tyto vlastnosti oleje jsou plněny pomocí balíčku přísad, jehož podíl může být až 20 %. Během provozu tyto přísady degradují a olej ztrácí některé své důležité vlastnosti.

Viskozita

Viskozita je hlavní vlastností olejů, která zajišťuje ochranu před opotřebením, minimalizaci tření a odvod tepla z třecích kontaktů. Viskozita je měřítkem tekutosti kapalin. Údaje o viskozitě jsou u průmyslových olejů uváděny obvykle při 40 °C a jsou doplněny také citlivostí viskozity na teplotu. Tato citlivost je vyjádřena viskozitním indexem (VI), spočítaným z viskozit při teplotě 40 °C a 100 °C [25]. Je-li viskozita nízká, nevytvoří se mazací film. Je-li naopak vysoká, dochází ke ztrátám energie a odvod tepla není efektivní. Motorové oleje se podle viskozity zařazují do viskozitních tříd podle klasifikace SAE.

HTS viskozita

HTHS viskozita (High Temperature High Shear) je definována při 150 °C. Jedná se o dynamickou viskozitu, která ovlivňuje spotřebu paliva. Čím je HTHS viskozita vyšší, tím olej tvoří silnější mazací film. V případě nízké HTHS viskozity může dojít mezi dvěma třecími plochami k přetržení olejového filmu a tedy k nedostatečnému mazání. Většina motorových olejů musí mít HTHS viskozitu 3,5 mPa.s. Motorové oleje s normální HTHS nad 3,5 mPa.s lze použít kdykoliv a nemohou uškodit žádnému motoru, oleje se sníženou HTHS viskozitou lze použít pouze u motorů, kde to výrobce povoluje [24]. Snížené hodnoty HTHS viskozity způsobují vyšší spotřebu motorového oleje, ale také nižší spotřebu paliva.

Oxidace a nitrace oleje

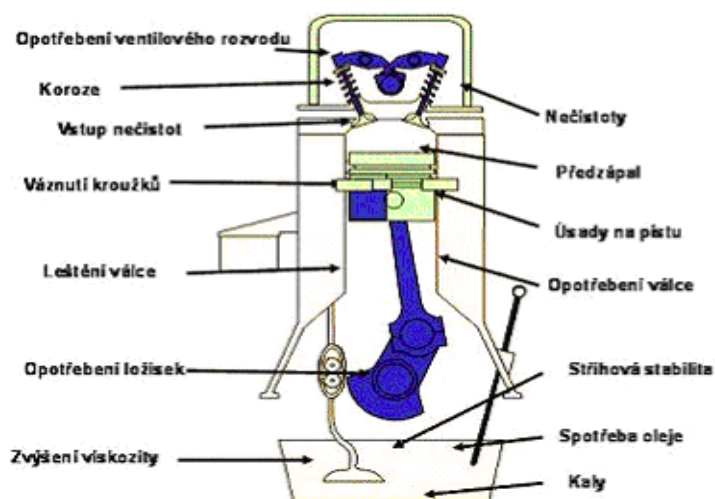
Oxidace je reakce mezi kyslíkem ze vzduchu a molekulami motorového oleje. Oxidace oleje je ovlivněna teplotou. Čím je teplota oleje vyšší, tím se olej rychleji oxiduje. Oxidaci většinou doprovází nitrace oleje. Nitrace je důsledkem působením oxidů dusíku na olej. Pro zpomalení oxidačních a nitračních procesů se do motorového oleje přidávají aditiva, tzv. antioxidanty [24].

2.3 Tribotechnika a tribotechnická diagnostika

Tribotechnika je disciplína, která se zabývá řešením otázek týkajících se tření, opotřebením a mazání. Pomocí této disciplíny lze dosáhnout významných ekonomických úspor v různých oblastech, jako např. zvýšení životnosti strojů, zařízení, snížení nákladů na údržbu a opravy apod.

Tribotechnická diagnostika posuzuje stupeň degradace oleje v daném motoru, a to na základě analýzy oleje.

Analýzy olejů se využívají nejen k vyhodnocení stavu samotného oleje, ale i ke zjišťování stavu strojů. Lze poté detekovat poruchy stroje v raném stádiu a zabránit tak haváriím a poškozením. U každého stroje by neměla chybět analýza otěrových kovů a prvků přísad a infračervená analýza oleje, u níž můžeme sledovat i stav obsahu přísad, degradaci oleje a kontaminaci dalšími látkami (např. voda, glykol, palivo, saze, apod.). Analýzy důležité pro hodnocení životnosti oleje jsou např. analýzy TAN, TBN, viskozita. Otěrové částice z oleje lze izolovat a následně prozkoumat pod mikroskopem pomocí ferrografie.



Obrázek č. 11: Naftový motor – pravidelně prováděné analýzy motorového oleje [25]

2.3.1 Tření a opotřebení součástí

Všechny třecí plochy jsou vyrobeny z kovových materiálů (zušlechtěné železo, hliníkové či měděné součástky, apod.), které nejsou zcela hladké, ale mají určitou morfologii a strukturu. Pokud na třecí plochy působí přitlačná síla a vrstvička oleje je vytlačena, mohou se dva povrchy dostat do kontaktu. Dochází k tzv. meznému tření, kdy oba povrchy nejsou mazány vrstvou oleje, ale pouze jeho mazivostními aditivami, která na povrchu kovu ulpěla [24]. Dochází k vzájemnému odírání jejich nerovností a tyto částičky pak přecházejí do oleje. Přehled otěrových kovů je uveden v tabulce č. 7.

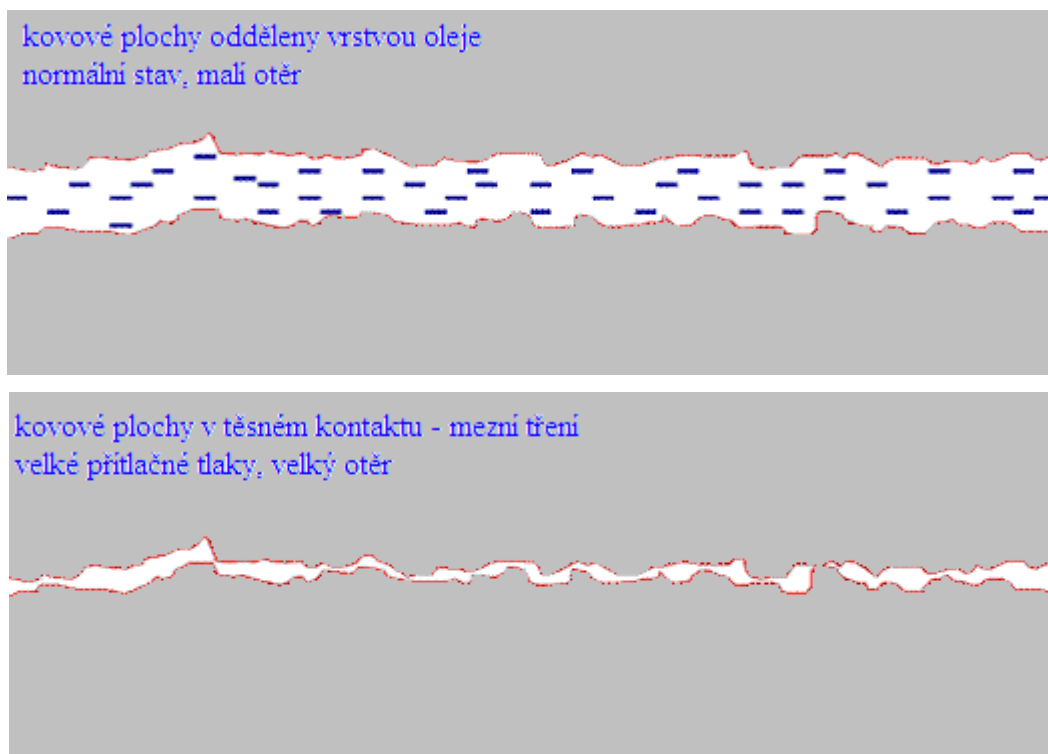
Tabulka č. 7: Otěrové kovy v motorovém oleji a jejich zdroje [24].

otěrový kov	původ – motorový díl
železo	vyskytuje se téměř vždy jako hlavní konstrukční kov, jeho koncentrace je až na výjimky vždy nejvyšší
měď	ložiska, ventilová skupina - zdvihátka, pouzdro pístního čepu, bronzové díly
chrom	chromované díly – těsnicí kroužky, vložky apod.
nikl	součást konstrukční oceli ložisek, hřídelí, ventilů
hliník	písty, válečková ložiska, určité typy pouzder
olovo	valivá ložiska, u starých zážehových motorů kontaminace z benzínu
cín	ložiska, bronzové díly
stříbro	postříbřená ložiska
křemík	indikátor prachu, špatný stav vzduchového filtru

Z důvodu existence několika typů namáhání třecích dílů, existuje i několik mechanismů opotřebení: únavové opotřebení - podpovrchové trhlinky způsobené cyklickým zatížením (trojrozměrné částice s ostrými hranami), abrazivní opotřebení - otěr prachem nebo jinými tvrdými částicemi v oleji (dlouhé a tenké, často zkroucené do spirály (špony), apod.). Takto vzniklé částice mají různý tvar a charakteristiku povrchu, což dokládá obrázek č. 12.

Velikost částic z normálního opotřebení se pohybuje v řádu několika mikrometrů. Čím jsou otěrové částice větší (většinou desítky, někdy až více než sto mikrometrů) a čím je jejich četnost vyšší, tím je opotřebení motoru větší [24]. Výskyt větších otěrových částic v oleji může způsobit zadření motoru, a mělo by dojít k okamžitému zastavení stroje a demontáži motoru. Velké vznětové a zážehové motory mají stanoveny limitní hodnoty koncentrace kovů v motorovém oleji (normální, zvýšené, nebezpečné) a jsou specifické pro každou značku automobilu.

Otěrové částice z oleje lze izolovat analytickou technikou – ferrografií. Jde o metodu, kde pomocí silného magnetu se ze vzorku protékajícího oleje oddělí ferromagnetické částice (železo) [24]. Současně se izolují i jiné částičky (prachové, oxidické, apod.), jejichž výskyt v oleji signalizuje nutnou demontáž motoru.



Obrázek č. 12: Mechanismus vzniku otěrových částic [24]

2.3.2 Kontaminace a degradace olejových náplní

Nečistoty a saze v motorovém oleji

Nadměrný obsah nečistot v oleji vede ke zvýšenému opotřebení třecích povrchů, k tvorbě úsad a kalů hromadících se v klikové skříně a celém olejovém systému a v konečném důsledku i k ucpání olejového filtru a k poruchám dodávky oleje do systému [24]. Rozlišujeme mechanické zdroje nečistot (prachové částice), ke kterým patří nasávaný vzduch a palivo. Dalšími nečistotami v oleji jsou otěrové částice kovů, které vznikají při tření dvou kovových povrchů.

Saze vznikají nedokonalým spalováním nafty v samotném spalovacím prostoru. Velká část sazí odchází s výfukovými plyny, část však proniká do klikové skříně a saze končí v motorovém oleji a způsobují ztmavnutí oleje. Limitní koncentrace sazí je přibližně 3 hmotnostní procenta, u moderních motorů může být i vyšší. Moderní motorové oleje pro prodloužené výměnné intervaly velkoobjemových vznětových motorů (150 tis. km) jsou proto vyráběny z hydrokrakových základových olejů skupiny II nebo III a jsou zařazeny do viskozitních tříd SAE 10W-40 nebo SAE 5W-30 [23]. Tyto hydrokrakové oleje snesou vyšší zatížení sazemi bez podstatnějšího vlivu na motorový olej. Velký obsah sazí v motorovém oleji také ovlivňuje růst viskozity oleje [24].

Jedním ze způsobů zjištění nečistot v oleji je filtrace oleje přes mikroporézní filtr. Olej je nejdříve rozpuštěn v rozpouštědle z důvodu snížení viskozity. Při rozpouštění může dojít i k vysrážení polárních oxidačních produktů, které potom přispívají k celkovému množství nečistot. V některých případech je možno mechanické nečistoty na filtru zvážit a zjistit hmotnostní procenta nečistot v oleji.

Další metodou stanovení nečistot v oleji, je odstředování. Při ní se po přidání směsi rozpouštědel mechanické nečistoty shromažďují na dně nádoby, a poté se množství nečistot odečte na ryskách kalibrované nádoby. Tyto metody lze použít při stanovení poměrně velkých částic nečistot.

Pro stanovení nečistot v motorových olejích se také používá infračervená spektroskopie. Protože saze a další mechanické nečistoty jsou tmavé a nepropouštějí světlo, způsobují při měření infračerveného spektra zvýšení tzv. základní linie, která se měří při 2000 cm^{-1} [24].

Palivo v oleji

Palivo do oleje může proniknout, buď spolu se spalinami z prostoru válce kolem pístních kroužků do klikové skříně, anebo při závadě na motoru. Obsah paliva v oleji se nejčastěji stanovuje dle bodu vzplanutí oleje. Pokles bodu vzplanutí pod 180 až $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ u vznětových motorů znamená, že v oleji je již maximální přípustná koncentrace nafty [24]. Jestliže je tento proces zaznamenán v době, kdy se blíží interval výměny oleje, stačí olej pouze vyměnit. Pokud se poklesu dosáhne, např. v polovině výměnného intervalu, je nutný servisní zásah. Maximální přípustná hranice paliva v oleji je, dle většiny výrobců motorů, kolem 4% .

Zvýšený obsah paliva v oleji má také důsledek na snížení viskozity motorového oleje. Čím nižší je viskozita a čím vyšší je obsah paliva v oleji tím se zvyšuje opotřebení motoru.

Voda a glykol v oleji

Voda je běžným produktem spalování paliva. V zimě po nastartování se objevuje jako bílý kouř nebo kapky vody z výfuku. Většina vody odchází ve formě páry do výfuku, část se ale dostává do klikové skříně. Zde potom dochází ke styku horké vodní páry ve spalinách s motorovým olejem. Pokud je motor studený, dochází ke kondenzaci vodní páry, která se pak hromadí v oleji a vytváří se emulze vody v oleji. V případě delší cesty, při níž motor bude pracovat alespoň hodinu, se voda z oleje většinou sama odpaří. Kvalita oleje a jeho životnost se zkracuje, jestliže je vystaven častým účinkům vody při častých studených startech motoru.

Přítomnost vody v oleji zanechá i po odpaření stopy. Především může dojít k reakcím, které změní aditivaci oleje např. vysrážení aditiv ve formě úsad či kalu.

Glykol je součástí všech nemrznoucích kapalin. Nemrznoucí kapaliny jsou aditivovány látkami, které chrání chladicí systém před korozi. Do motorového oleje se glykol může dostat při závadě na hlavě válců nebo drobnými průniky nemrznoucí kapaliny do oleje. Olej ztmavne, ztratí tekutost, objevují se v něm nerozpustné úsady a kaly, jak znázorňuje obrázek č. 13. V případě, že je i nadále používán, dochází k zadření motoru. Zadření motoru předchází potíže s nastartováním, které je způsobeno hustým a později i ztuhlým olejem.

Nejjednodušší a nejrychlejší test na přítomnost vody v oleji je test na horké destičce. Při kápnutí oleje na rozpálenou plochu je možné slyšet prasknutí, což je signál, že se z oleje odpařila voda. Glykol se nejlépe prokazuje pomocí infračervené spektroskopie, kde má velmi specifické a prokazatelné dva signály kolem $1\ 040\ \text{cm}^{-1}$ a $1\ 080\ \text{cm}^{-1}$ [24].



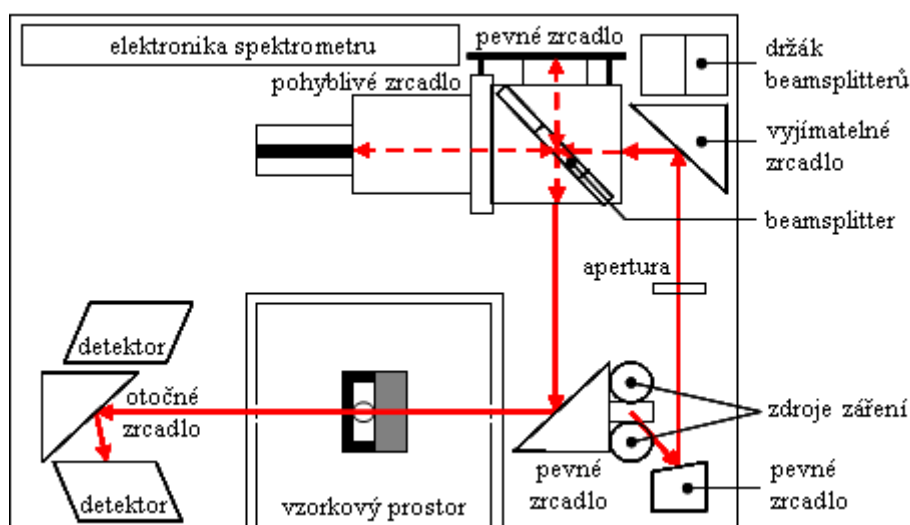
Obrázek č. 13: Glykol v motorovém oleji [24]

2.4 Teoretické základy použitých experimentálních metod

2.4.1 FTIR spektrometrie

Infračervená spektrometrie (FTIR – Fourier Transform Infrared Spectroscopy) umožňuje sledovat mechanismus změn při degradaci oleje v motoru, zejména průběh oxidace složek oleje a degradaci aditivů. Výhodou této metody je, že může být provedena nezávisle na přístroji. Ke sledování degradace oleje lze využít změn hodnot absorpance, které se objevují jako změny ve spektrech. Nejdříve nastanou úbytky základních protiotěrových a antioxidačních přísad (v oblasti 1050 až $950\ \text{cm}^{-1}$), následuje oxidační degradace, která se projeví jako přírůstek absorpance (v oblasti kolem $1710\ \text{cm}^{-1}$). Znečištění oleje průnikem spalin, které obsahují saze, se projeví také přírůstkem absorpance (v oblasti kolem $1900\ \text{cm}^{-1}$).

Vlastní analýzy jsou prováděny na FTIR spektrometru, jehož vnitřní uspořádání je znázorněno na obrázku č. 14. Zdrojem záření je keramická tyčinka. Když se tato tyčinka zahřeje nad 1 000 °C, vyvolá záření v infračervené oblasti. Nejprve se měří jednopaprskové spektrum pozadí, poté se vloží vzorek a změří se jeho jednopaprskové spektrum. Následuje softwarové zpracování spektra vzorků v požadované veličině (transmitance, absorbance, apod.). Základní součástí FTIR spektrometru je interferometr, který se skládá z děliče paprsků (beamsplitter), pohybového a pevného zrcadla (fixed mirror, moving mirror).



Obrázek č. 14: Schéma vnitřního uspořádání FTIR spektrometru Nicolet 6700 [26]

2.4.2 Analytická ferrografie

Ferrografie je tribodiagnostická metoda, založená na oddělení cizorodých částic obsažených v olejové náplni mazacích soustav strojů od vlastního oleje [27]. Popisuje zachycené částice obíhající s olejem a přiřazuje je jednotlivým mechanismům opotřebení [27]. Na základě částicové analýzy je umožněno určit režim opotřebení mazaného stroje. Na základě analýzy morfologie a počtu otěrových částic umožňuje stanovit blížící se poruchu stroje. Někdy lze stanovit i místo vzniku otěrových částic, což má význam pro opotřebení stroje.

Analytickou ferrografií lze zjistit skutečný technický stav mazací soustavy a mazaných dílů. Pomocí analytické ferrografie lze hodnotit průběh a intenzitu opotřebení součástí, a to na základě izolace částic např. tvořených kovovým otěrem, vláknů z filtračních materiálů. Po tomto hodnocení je možno popsat i jejich vlastnosti jako např. celkové plochy částic v obrazu, morfologie částic a řadu dalších vlastností. Analytickou ferrografií lze kombinovat s obrazovou analýzou. Ta usnadní ferrografické hodnocení a rozšíří počet a druh hodnocených parametrů.

3 Experimentální část

Experimentální část práce se zabývala srovnáním průběhu degradace vlastností motorových olejů a průběhu opotřebení součástí u motorů autobusů městské hromadné dopravy s plynným palivem CNG a s naftovým palivem. Motorové oleje byly použity z Dopravního podniku Pardubice a.s., a to ze 4 autobusů Iveco Irisbus Citelis CNG a 3 autobusů Irisbus Iveco Citelis. Hodnocení opotřebení motorových olejů bylo provedeno metodou infračervené spektrometrie s Fourierovou transformací. Pro analýzu otěrových částic v oleji byla použita metoda ferrografie.

3.1 Sledovaná vozidla a použité oleje

Dopravní podnik Pardubice a.s. pořídil v letech 2009 až 2010 14 kusů autobusů Citelis s motory poháněnými CNG. Autobusy vyrobila společnost Iveco Czech Republic, a. s. Dvanáctimetrová verze autobusu IRISBUS IVECO Citelis CNG je vybavena 8 tlakovými láhvemi z lehčených kompozitních materiálů o celkovém objemu 1 240 litrů, které jsou umístěny na střeše. Při naplnění tlakových lahví je dojezd autobusu až 600 km. Je vybaven motorem Cursor 8 CNG, který využívá stechiometrickou technologii. Ta umožňuje snížit množství emisí pod limity stanovené normou EEV, což je přísnější než norma Euro 5. Dále tato technologie zaručuje optimální poměr mezi jízdním výkonem a spotřebou paliva. Technický list IRISBUSU IVECO Citelis 12m CNG je přílohou č. 2.

Autobusy s naftovým pohonem IRISBUS IVECO Citelis jsou vybaveny motorem Cursor 8, který je spolehlivý, hospodárny a výkonný. Motor má SCR (selektivní katalická redukce) technologii, která umožňuje snížit produkci oxidu dusíku ve výfukových plynech a přispívá k redukci pevných částic bez nutnosti používat filtr pevných částic. Napomáhá tedy ke snížení provozních nákladů, prodlužuje interval výměny oleje a umožňuje delší ekonomickou životnost autobusu. Technický list IRISBUSU IVECO Citelis 12m je připojen v příloze č. 3.

Tabulka č. 8: Přehled sledovaných autobusů městské hromadné dopravy

evidenční číslo vozu Dopravního podniku	typ	palivo	vyroben v roce	ujeté km
200	Citelis CNG	CNG	2009	2 978
206	Citelis CNG	CNG	2009	24 182
207	Citelis CNG	CNG	2009	10 960
209	Citelis CNG	CNG	2010	12 021
183	Citelis	nafta	2008	11 908
185	Citelis	nafta	2008	32 500
186	Citelis	nafta	2008	32 600

Motorové oleje z výše uvedených autobusů odebral příslušný pracovník Dopravního podniku Pardubice a.s. U autobusů na CNG pohon byl odebrán motorový olej Urania Ecosynth SAE 10W-40 a u autobusů s naftovým pohonem motorový olej Mogul Optimal SAE 10W-40.

Urania Ecosynth SAE 10W-40

Je to olej plně syntetický, výhradně vyvinut pro vozy Iveco s pohonem na plyn. Chemické vlastnosti tohoto oleje umožňují dlouhé intervaly výměn (při 40 000 km) a snižují náklady na údržbu v městském provozu při zachování celkového bezpečí.

Mogul Optimal SAE 10W-40

Je to polysyntetický olej pro čtyřdobé vznětové i zážehové motory automobilů vybavené katalyzátory. Má dobré vlastnosti startovatelnosti při nízkých teplotách a snižuje spotřebu paliva. Je určen pro mazání vysoce přeplňovaných naftových motorů.

3.2 Podmínky odběru vzorků

Vzorky motorových olejů byly odebrány za tepla podle stanovených postupů z autobusů městské hromadné dopravy s pohonem na CNG a naftu příslušným pracovníkem Dopravního podniku Pardubice a.s. Vzorky olejů odebral do skleněné, hermeticky uzavřené nádoby a náležitě popsal důležitými údaji – evidenční číslo vozu, palivo, počet ujetých km, datum odběru, typ oleje.

3.3 Experimentální výsledky a jejich diskuse

3.3.1 FTIR spektrometrie

3.3.1.1 Přístrojové vybavení

Při analýze motorových olejů metodou FTIR spektrometrie byl použit spektrometr Nicolet is10 (obrázek č. 15) od společnosti Nicolet CZ s.r.o., která je výhradním dodavatelem výrobků americké společnosti Thermo Scientific v České republice. Spektrometr využívá řídicí počítač pomocí softwaru OMNIC. Činnost přístroje je díky USB komunikaci řízena buď standardním PC nebo notebookem (Microsoft Windows XP, Vista, Windows 7). Systém měření vzorků je založen na širokém spektru různých SMART příslušenství dle aplikace. SMART příslušenství je po vložení do vzorkového prostoru přístroje automaticky detekováno, okamžitě jsou nastaveny optimální parametry měření. Základní měřicí úkony lze také provádět pomocí tlačítek na přístroji.

Parametry spektrometru Nicolet is10: určen pro střední infračervenou oblast $7800 - 350 \text{ cm}^{-1}$, spektrální rozlišení $0,4 \text{ cm}^{-1}$, rychlost scanu 1 scan/s , počet scanů 64, ZnSe krystal, ATR (zeslabená totální reflektance) nástavec pro měření vzorků silně absorbujících infračervené záření,



Obrázek č. 15: Spektrometr Nicolet is10 (vlastní foto)



Obrázek č. 16: Pracoviště FTIR spektrometrie (vlastní foto)

3.3.1.2 Pracovní postup měření FTIR spekter

Měření bylo provedeno v areálu univerzitního centra Doubravice, na pracovišti FTIR spektrometrie (obr. 16).

Zdroj spektrometru byl aktivován spuštěním softwaru OMNIC řídicího počítače. Po cca 10 minutách bylo dosaženo stabilizovaného stavu. V programu OPUS byla nastavena požadovaná měřicí metoda a byl vytvořen název souboru (spektra měřeného vzorku).

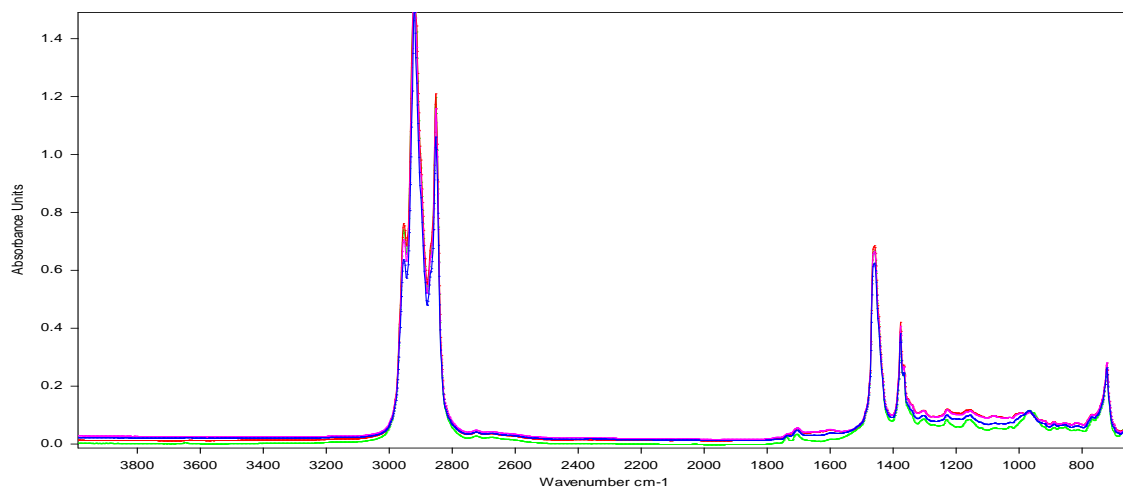
Před vlastním měřením je nutno vyčistit ZnSe krystal látkou n-hecan C_6H_{14} . Poté se nástavec horizontální ATR jednotky s krystalem vloží do spektrometru. Příkazem *Collect* → *Collect background* se zaznamená pozadí, které se softwarově odečte od změřeného spektra. Tímto postupem se vyloučí vliv nečistot povrchu krystalu na měření spektra vzorku. Teflonovou špachtlí se na krystal nanese vrstva měřeného vzorku. Měření spektra se provede příkazem *Collect* → *Collect Sample*. Po provedení nastaveného počtu skenů je měření dokončeno a na monitoru je zobrazeno naměřené spektrum. Před dalším měřením byl krystal vyčištěn vatovými tampony a papírovými kapesníky a povrch krystalu omyt n-hexanem.

Tímto způsobem byly analyzovány vzorky jak použitých olejů, tak nových olejů z pohonů na CNG a naftu.

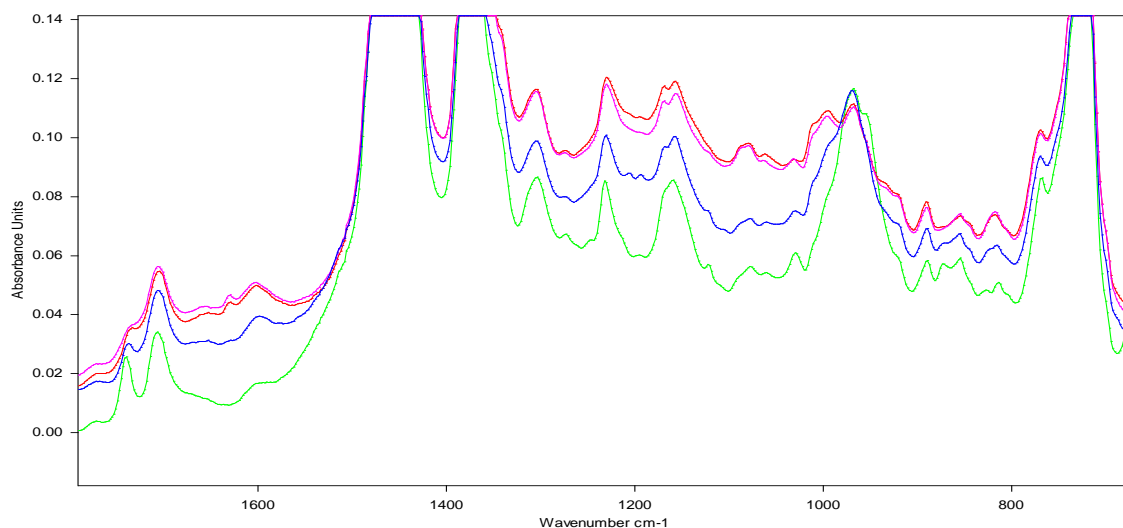
3.3.1.3 Vyhodnocení a interpretace výsledků

Olej Mogul Optimal SAE 10W-40 (naftový pohon)

V této části práce byla proměřena infračervená spektra olejů Mogul Optimal SAE 10W-40 z autobusu IRISBUS IVECO Citelis s dieslovým pohonem ev.č. 183, 185, 186.

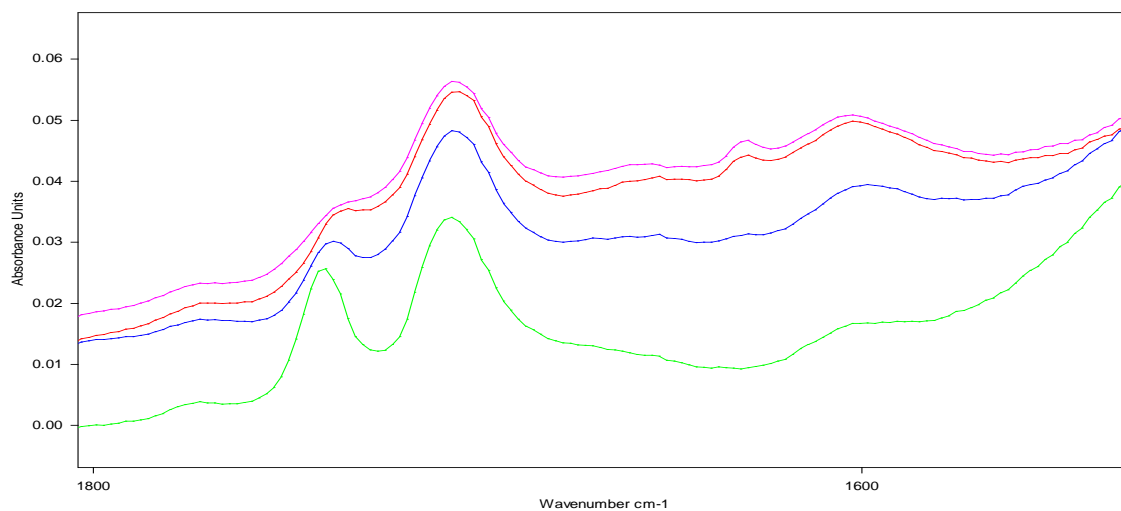


Obrázek č. 17a: Infračervené spektrum olejů Mogul Optimal SAE 10W-40 (celý měřený rozsah)

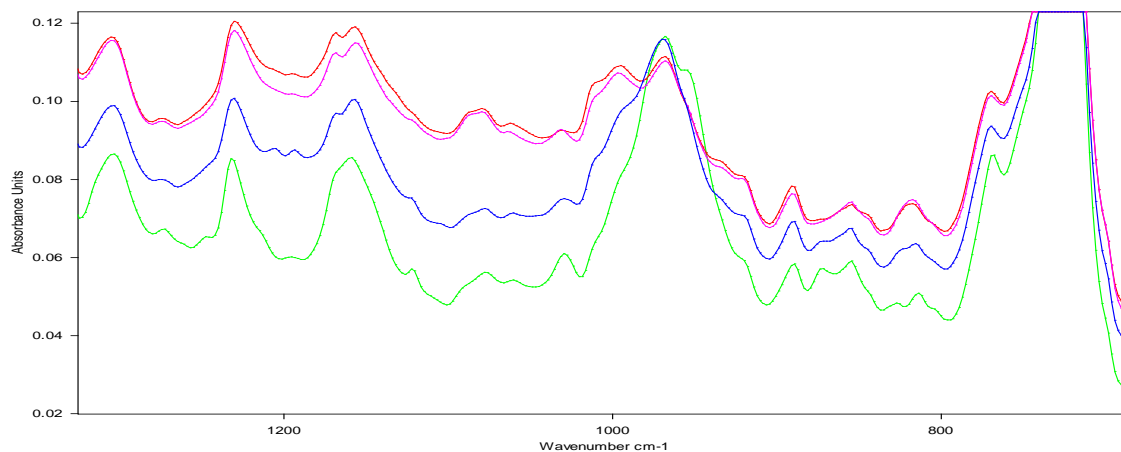


Obrázek č. 17b: Infračervené spektrum olejů Mogul Optimal SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1600 až 800 cm⁻¹)

Označení vzorku	
 AE	optimal new nafta
 AE	optimal nafta 183-11908 km
 AE	optimal nafta 185-32500 km
 AE	optimal nafta 186-32600 km



Obrázek č. 17c: Infračervené spektrum olejů Mogul Optimal SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1800 až 1600 cm^{-1})

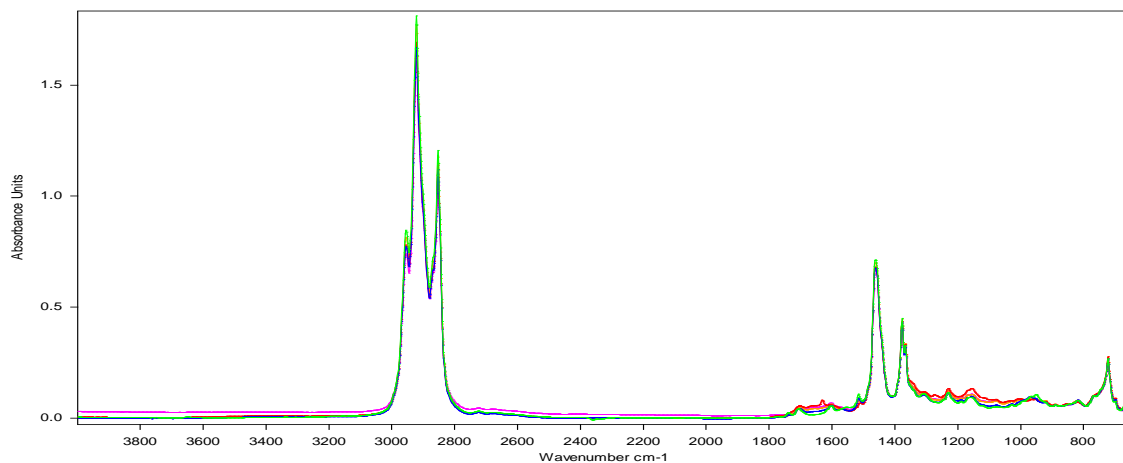


Obrázek č. 17d: Infračervené spektrum olejů Mogul Optimal SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1200 až 800 cm^{-1})

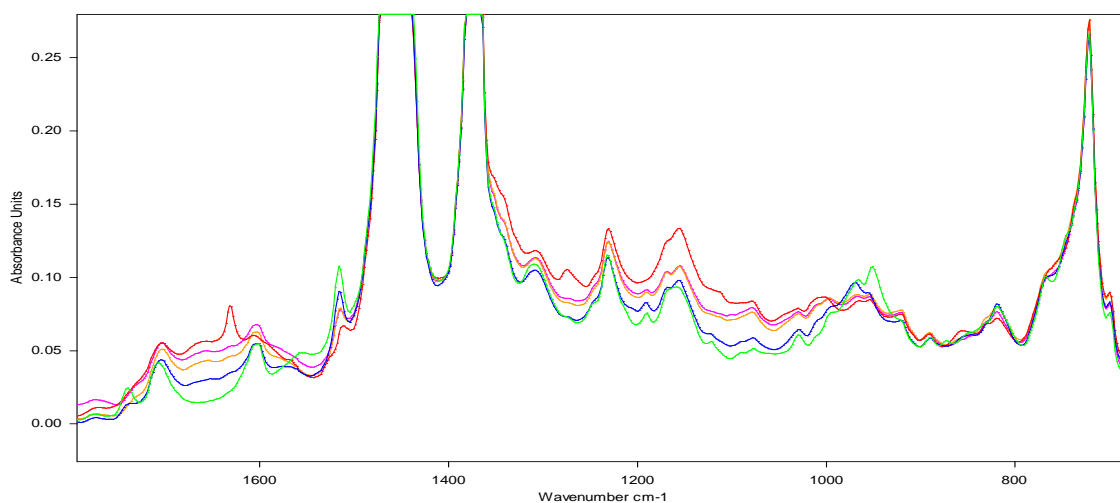
Označení vzorku	
	optimal new nafta
	optimal nafta 183-11908 km
	optimal nafta 185-32500 km
	optimal nafta 186-32600 km

Olej Urania Ecosynth SAE 10W-40 (CNG pohon)




V této části práce byla proměřena infračervená spektra olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 z autobusu IRISBUS IVECO Citelis CNG ev.č. 200, 206, 207, 209.

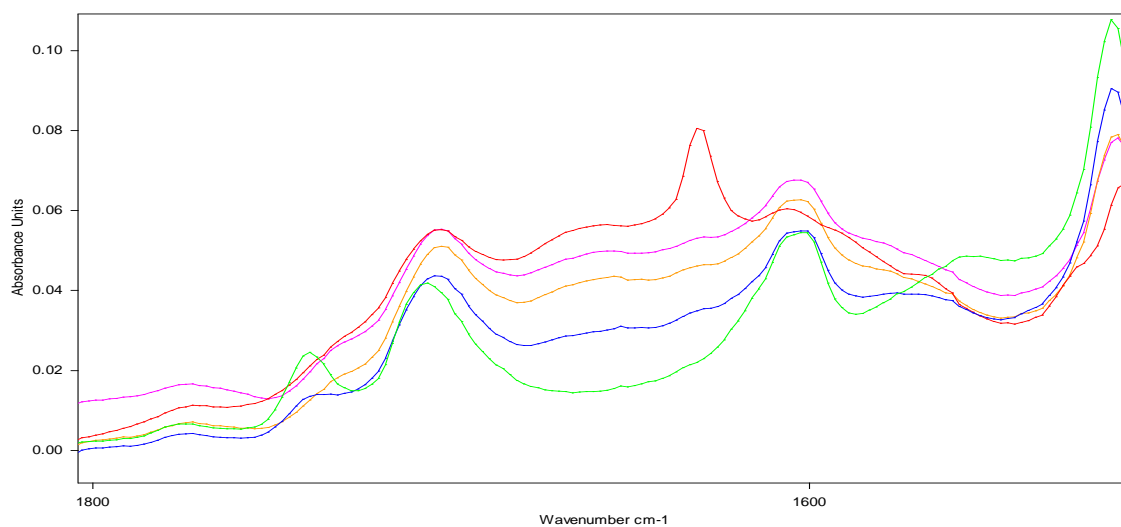


Obrázek č. 18a: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (celý měřený rozsah)

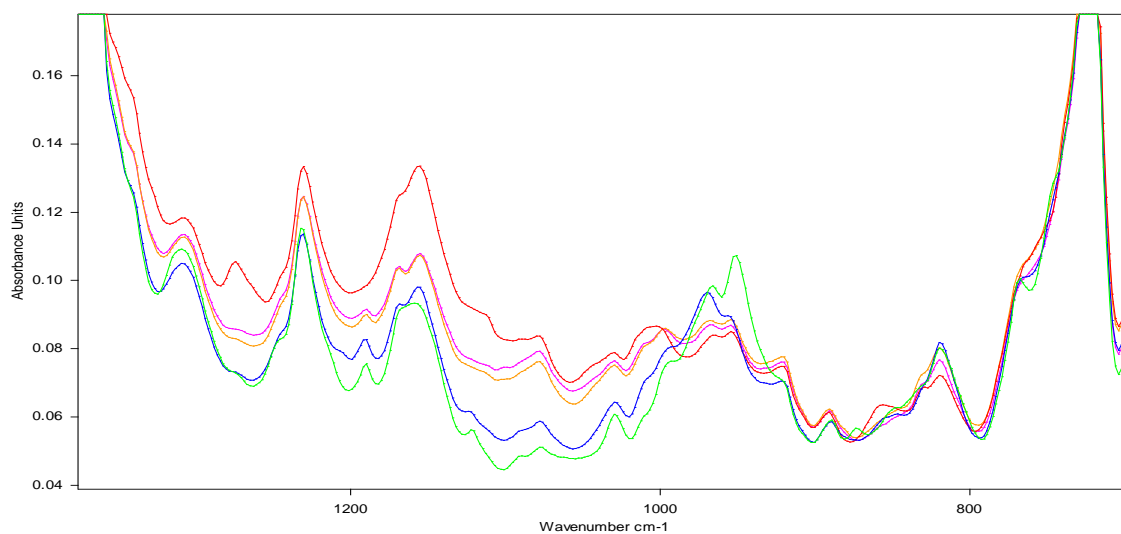


Obrázek č. 18b: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1600 až 800 cm⁻¹)






Označení vzorku	
 AB	urania new plyn
 AB	urania plyn 200-2978 km
 AB	urania plyn 207-10960 km
 AB	urannia plyn 209-12021 km
 AB	urania plyn 206-24182 km

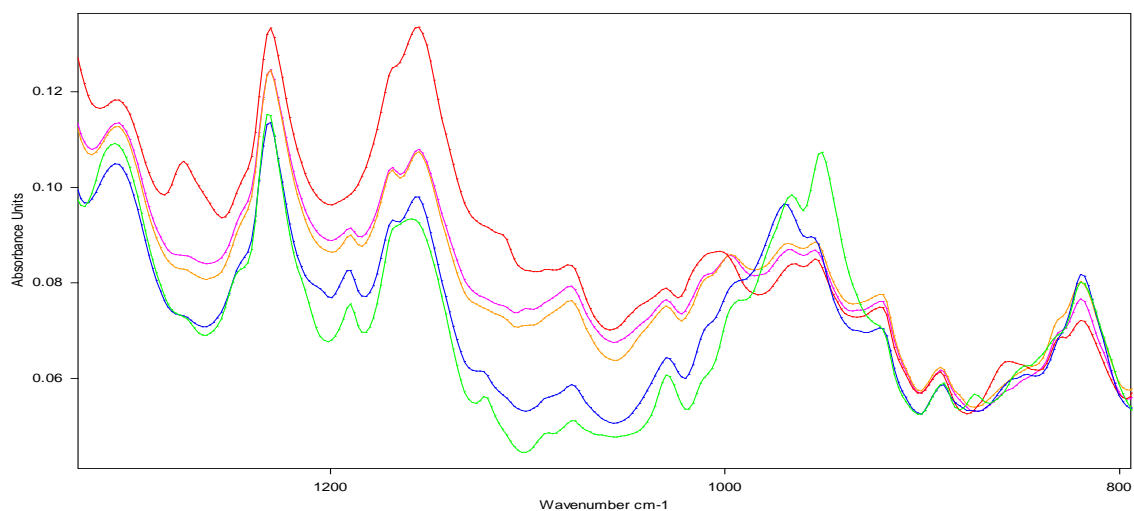


Obrázek č. 18c: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1800 až 1600 cm^{-1})

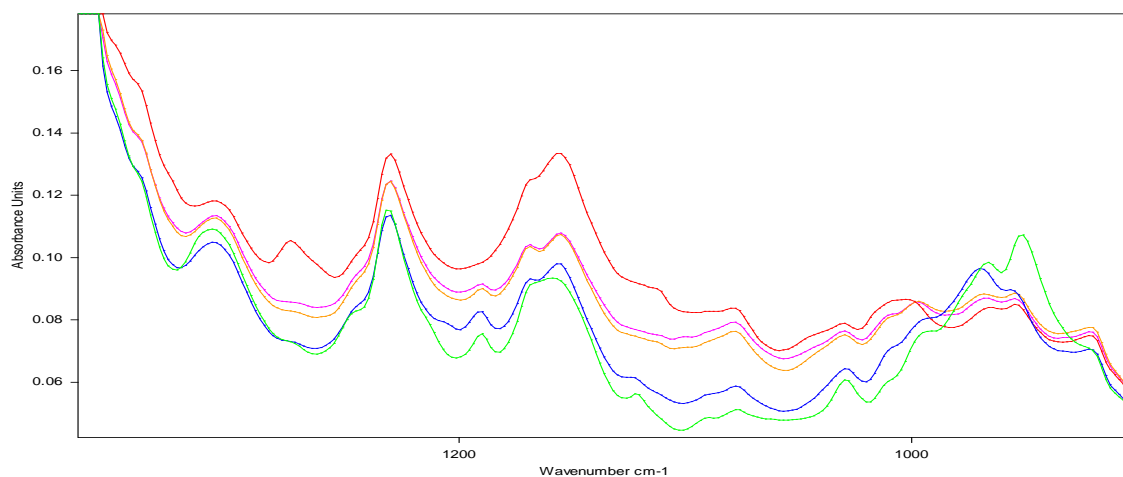


Obrázek č. 18d: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1300 až 800 cm^{-1})




Označení vzorku	
 AB	urania new plyn
 AB	urania plyn 200-2978 km
 AB	urania plyn 207-10960 km
 AB	urannia plyn 209-12021 km
 AB	urania plyn 206-24182 km

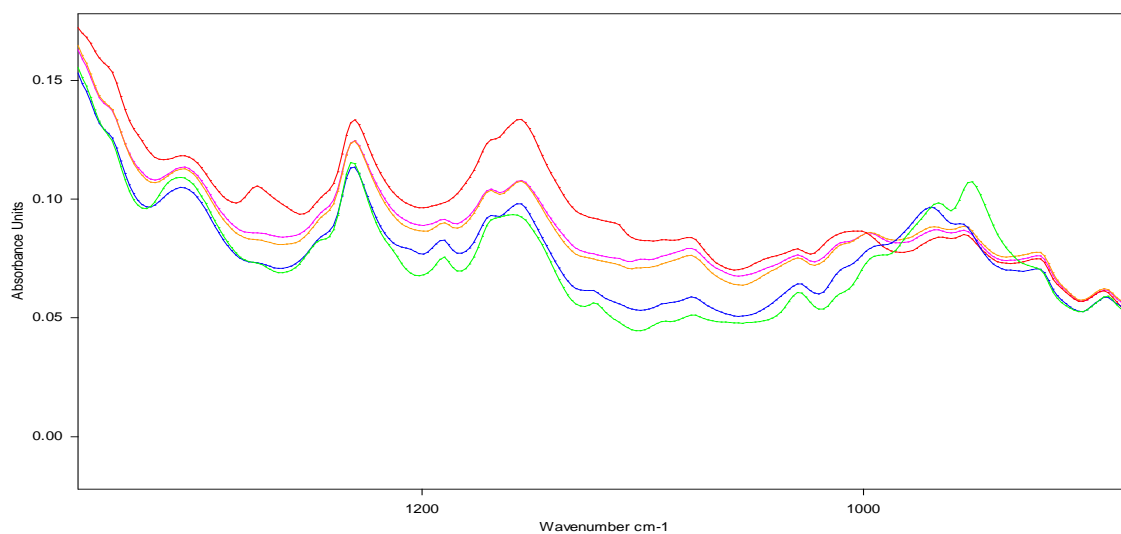


Obrázek č. 18e: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1200 až 800 cm^{-1})






Obrázek č. 18f: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1300 až 1000 cm^{-1})

Označení vzorku	
 AB	urania new plyn
 AB	urania plyn 200-2978 km
 AB	urania plyn 207-10960 km
 AB	urannia plyn 209-12021 km
 AB	urania plyn 206-24182 km



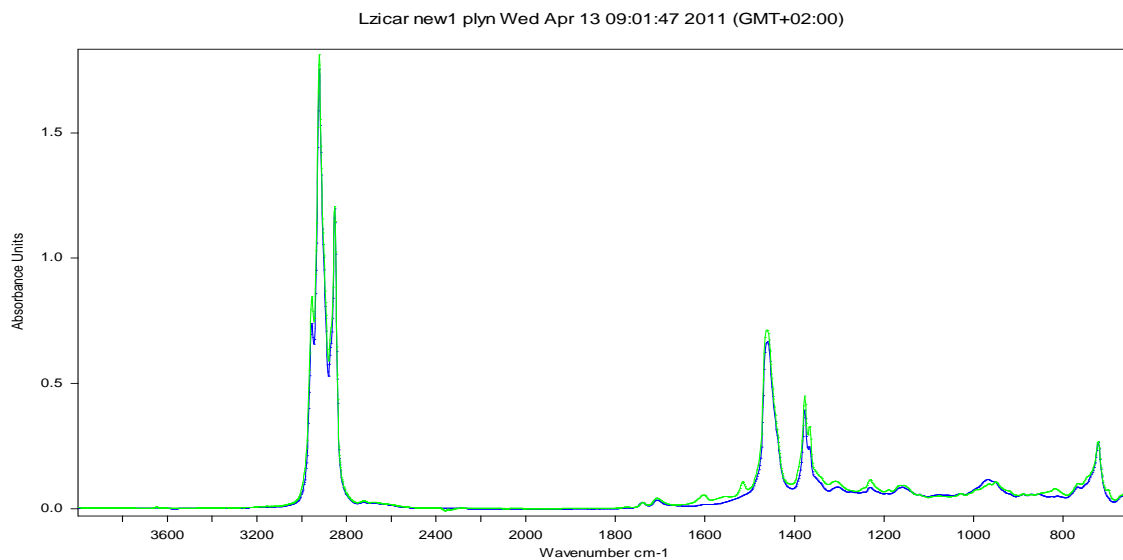
Obrázek č. 18g: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1200 až 1000 cm^{-1})

Označení vzorku	
 AB	urania new plyn
 AB	urania plyn 200-2978 km
 AB	urania plyn 207-10960 km
 AB	urannia plyn 209-12021 km
 AB	urania plyn 206-24182 km

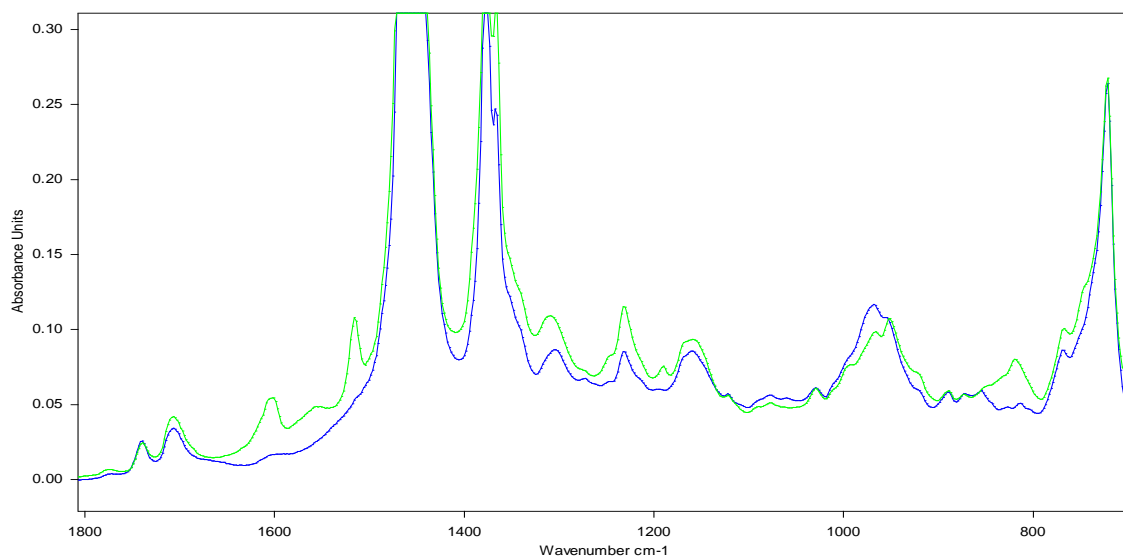
Srovnání nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40

V této části práce byla proměřena infračervená spektra nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40.



21.10.2011 9:53:31

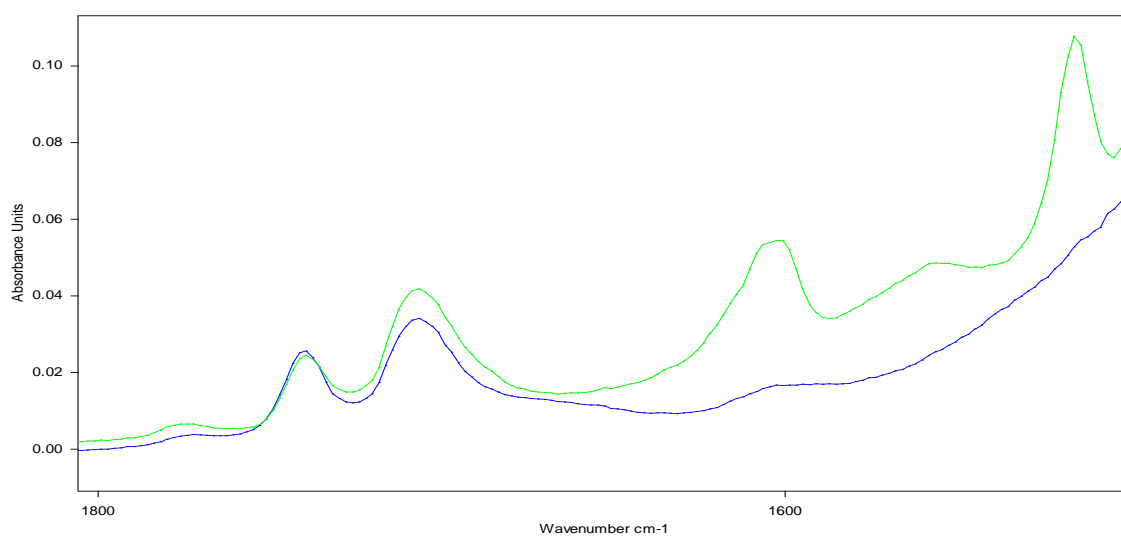


Obrázek č. 19a: Infračervené spektrum nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40 (celý měřený rozsah)

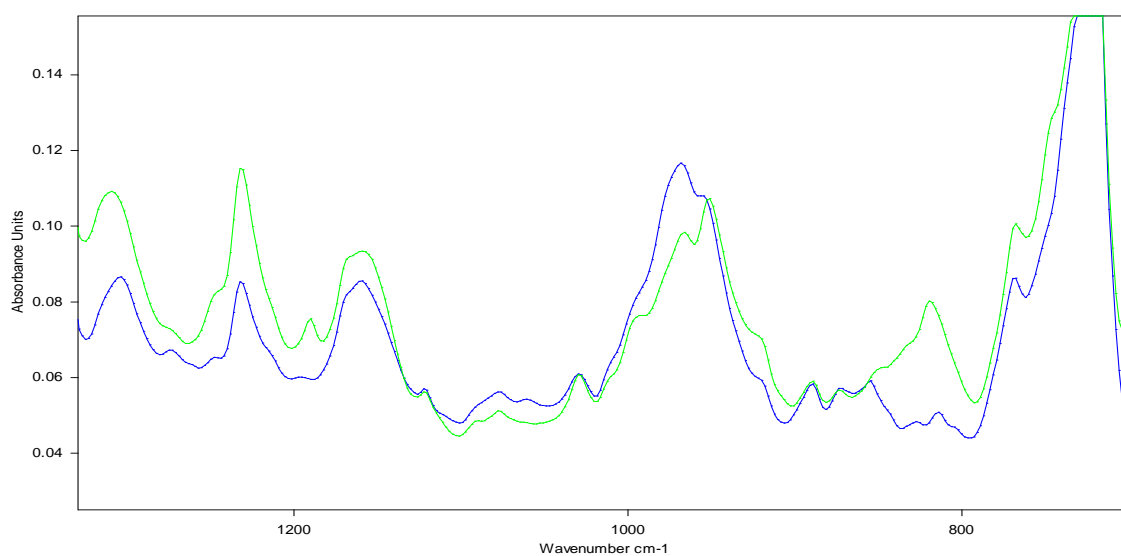


Obrázek č. 19b: Infračervené spektrum nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1800 až 800 cm⁻¹)



Označení vzorku	
 AE	urania new plyn
 AE	optimal new nafta



Obrázek č. 19c: Infračervené spektrum nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1800 až 1600 cm^{-1})



Obrázek č. 19d: Infračervené spektrum nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40 (detail spektra v oblasti 1200 až 800 cm^{-1})

Označení vzorku	
	urania new plyn
	optimal new nafta

DÍLČÍ ZÁVĚR

Cílem této části experimentálních prací bylo posoudit stav motorových olejů odebraných z autobusů městské hromadné dopravy Dopravního podniku Pardubice, a.s., a to s naftovým pohonem a pohonem na CNG.

a) Motorový olej Mogul Optimal SAE 10W-40 (naftový pohon)

Na základě analýzy infračervených spekter obr. 17a – 17g je možno konstatovat, že u odebraných vzorků nedošlo k významnější degradaci či kontaminaci oleje. Možno konstatovat, že postupná degradace olejů odpovídá provozním podmínkám a počtu ujetých kilometrů.

Bylo zjištěno následující:

- U koncentrace protioděrových aditiv došlo k poklesu (hodnotí se v oblasti vlnočtu 960 cm^{-1}). Tento pokles oproti novému oleji je nepatrný, olej tedy dobře plní svoji ochrannou funkci.
- Z analyzovaných vzorků nebylo zjištěno závažné snížení obsahu vysokoteplotních antioxidantů ($1180 - 1120\text{ cm}^{-1}$), ani nebyl prokázán průnik paliva do oleje, který by se projevil nárůstem piků v oblasti okolo 800 cm^{-1} .
- Žádné ze vzorků nevykazovaly nadměrnou kontaminaci sloučeninami dusíku, kterou by se projevil profuk spalných plynů, nedostatečná těsnost mezi pístem a válcem. Kontaminace dusíkatými látkami by se projevila ostrým píkem na vlnočtu cca $1610 - 1630\text{ cm}^{-1}$.
- U všech vzorků dochází k postupnému poklesu absorbance u piků kolem 1740 cm^{-1} v závislosti na počtu ujetých kilometrů. Dochází tak k částečnému rozkladu modifikátorů viskozity, což má za následek zhoršení viskozitního indexu a pokles vysokoteplotní viskozity.
- Ani u jednoho vzorku nebyl prokázán plochý pík v oblasti $3300 - 3600\text{ cm}^{-1}$ ani trojice piků na vlnočtu $880, 1040$ a 1080 cm^{-1} signalizující průnik vody resp. chladicí kapaliny do oleje.

b) Motorový olej Urania Ecosynth SAE 10W-40 (CNG pohon)

Na základě analýzy infračervených spekter obr. 18a – 18g je možno konstatovat, že u odebraných vzorků nedošlo k významnější degradaci. Možno konstatovat, že postupná

degradace olejů odpovídá provozním podmínkám a počtu ujetých kilometrů. Byla zjištěna kontaminace sloučeninami dusíku u odebraného vzorku ev. č. 206.

Dále bylo zjištěno následující:

- U koncentrace protioděrových aditiv došlo k poklesu (hodnotí se v oblasti vlnočtu 960 cm^{-1}). Tento pokles oproti novému oleji je nepatrný a je odvozen od počtu ujetých kilometrů, olej tedy dobře plní svoji ochrannou funkci.
- Z analyzovaných vzorků nebylo zjištěno závažné snížení obsahu vysokoteplotních antioxidantů ($1180 - 1120\text{ cm}^{-1}$), ani nebyl prokázán průnik paliva do oleje, který by se projevil nárůstem píků v oblasti okolo 800 cm^{-1} .
- Vzorek u autobusu ev. č. 206 (obr. 18c) vykázal nadměrnou kontaminaci sloučeninami dusíku, která se projevila ostrým píkem na vlnočtu cca $1610 - 1630\text{ cm}^{-1}$. Zřejmě dochází k průniku spalin nedostatečnou těsností mezi pístem (pístními kroužky) a válcem. Následkem je snížení komprese a následně dochází k nedostatečnému spalování paliva. U ostatních vzorků nebyla prokázána nadměrná kontaminace.
- U všech vzorků dochází k postupnému poklesu absorpce píků cca 1740 cm^{-1} v závislosti na počtu ujetých kilometrů. Dochází tak k částečnému rozkladu modifikátorů viskozity, což má za následek zhoršení viskozitního indexu a pokles vysokoteplotní viskozity.
- Ani u jednoho vzorku nebyl prokázán plochý pík v oblasti $3300 - 3600\text{ cm}^{-1}$ ani trojice píků na vlnočtu $880, 1040$ a 1080 cm^{-1} signalizující průnik vody resp. chladicí kapaliny do oleje.

c) Srovnání nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40

Z obrázků 18a – 18d je zřejmé, že nové oleje na pohon CNG a naftový pohon se liší v rozdílném složení aditiv, neboť spalovací proces probíhá za jiných podmínek.

- U porovnávaného oleje pro naftový pohon je vyšší obsah protioděrových aditiv oproti oleji pro CNG pohon. Z toho vyplývá, že olej pro tento pohon obsahuje více protioděrových aditiv zabraňujících nadměrnému opotřebení motoru.
- U porovnávaného oleje pro naftový pohon je nižší obsah vysokoteplotních antioxidantů oproti oleji pro CNG pohon.
- Modifikátor viskozity byl u obou vzorků obdobný.

3.3.2 Analytická ferrografie

3.3.2.1 Přístrojové vybavení

Při analýze motorových olejů metodou analytické ferrografie byl použit ferrograf REO-1 od firmy REOTrade, s.r.o. Ostrava. Vyhodnocení ferrogramů bylo provedeno na bichromatickém trinokulárním mikroskopu H 6000 s digitální kamerou Micrometrics 318CU.

Parametry ferrografu REO-1: napájení 110 V/60 Hz 50VA, hmotnost 4 kg, rozměry 280 x 220 x 280 mm, měřicí rozsah 0 – 500 μ m, doba měření 20 – 30 min (v případě opakovaného měření doba cca 45 min.), provozní teplota okolí 20 – 25 °C.

Parametry kamery Micrometrics 318CU: typ kamery USB 2.0, CMOS 3 x 8-Bitu, navrženo na bázi CMOS senzorů Micron DigitalClarity™, nepřetržitý nekomprimovaný automatický video výstup, expozice a vyvážení bílé, 10-Bit AD převodník, dynamický rozsah 61dB; formát 4:3, čip 1/2“, rozlišení 2048 x 1536, obrazová plocha 6.55 x 4.92mm, velikost obrazového bodu 3.2 x 3.2 μ m, Citlivost V/Lux-Second 1.0, Frame Rate – plné rozlišení 6FPS, Frame Rate – 1/2 plné rozlišení 21FPS, Poměr S/N 43dB.

Parametry mikroskopu H 6000: napájení 220 V/50 Hz, zvětšení 4x, 10x, 25x a 40x; zelený filtr pro podsvícení, červený filtr pro osvětlení ze strany okuláru.



Obrázek č. 20: Pracoviště pro ferrografickou analýzu (vlastní foto)

3.3.2.2 Pracovní postup přípravy ferrografu

Před analýzou vzorku musíme nejdříve vzorek ohřát na teplotu 65 - 70 °C v nádobě s vodou a poté potřepat po dobu cca 5 minut, aby se zamezilo sedimentaci částic na dně. Vzorky olejů byly zředěny v poměru 3:1 s technickým benzínem v injekční stříkačce, aby vzorek získal optimální viskozitu. Do drážek ferrografu, které mají malý sklon (pro rovnoměrný odtok oleje) se vsune plastová fólie o rozměrech 30 x 78 mm. Injekční stříkačka s hadičkou se zasune do úchytky držáku. Olej by měl pomalu téci na fólii, nesmí kapat, aby nedošlo k odplavení částic. Pro odvod oleje je na začátku ferrografu otočný držák, do kterého se zasune hadička šikmo seříznutá, tak aby se hadička dotýkala fólie. Druhý konec hadičky se uchyť pomocí kolíčku k záchytné baňce (obrázek č. 21). Automatické vytlačování oleje z injekční stříkačky se začne po zapnutí tlačítka START. Po vytlačení vzorku oleje z injekční stříkačky se pomocí tlačítka RETURN hrot vrátí do horní polohy. Po protlačení vzorku ferrografem je nutné očistit z fólie zbytky maziva technickým benzínem (bylo provedeno 3x). Poté se fólie vyjme a vloží se pod světelný mikroskop, kde se zkoumá. Na ferrografu byla nastavena doba na protlačení vzorku injekční stříkačkou na 4 minuty.

U vzorku č. 207 a 209 bylo nutné provést opakované protlačení vzorku oleje ferrografem z důvodu malého výskytu otěrových částic.

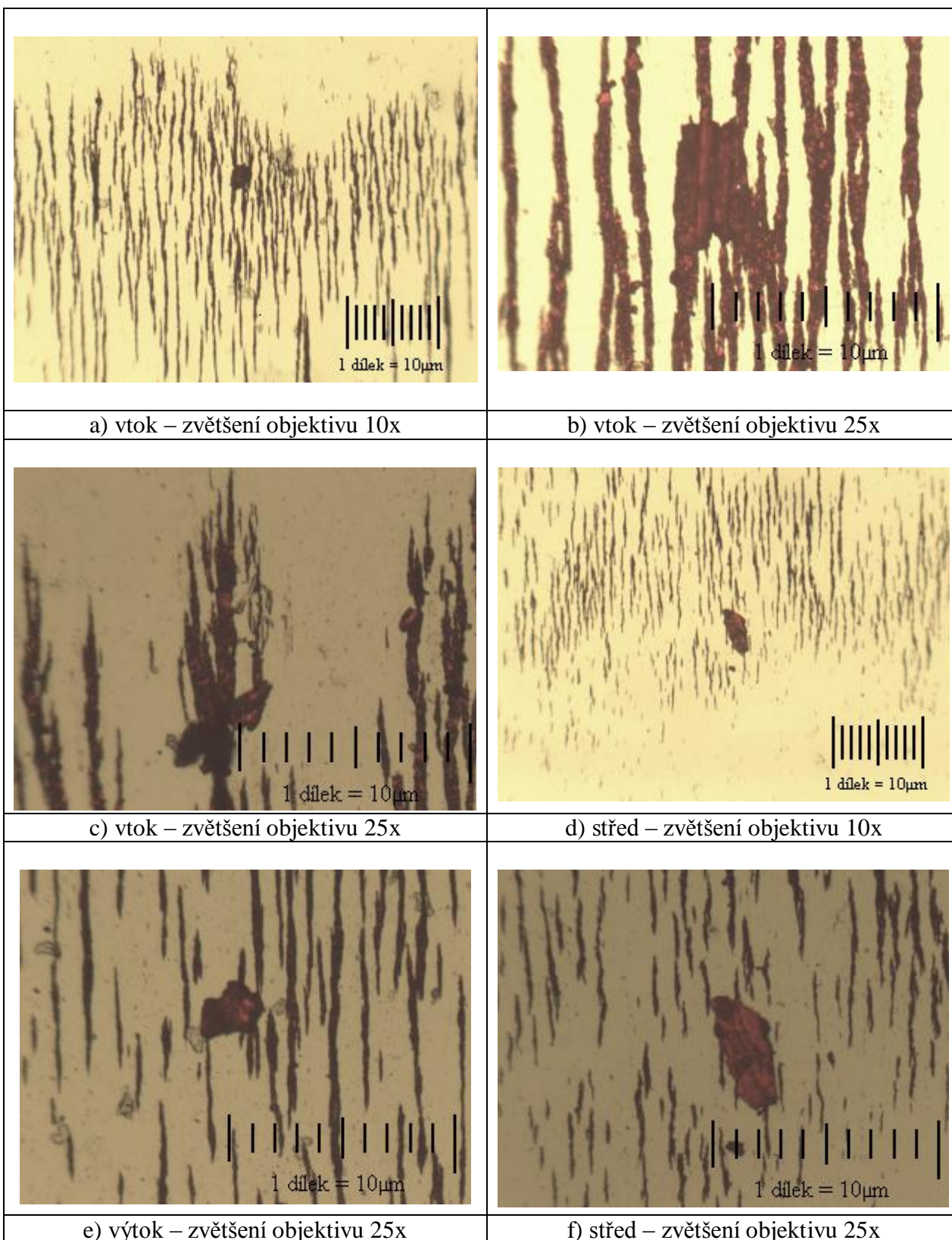


Obrázek č. 21: Ferrograf REO-1 (vlastní foto)

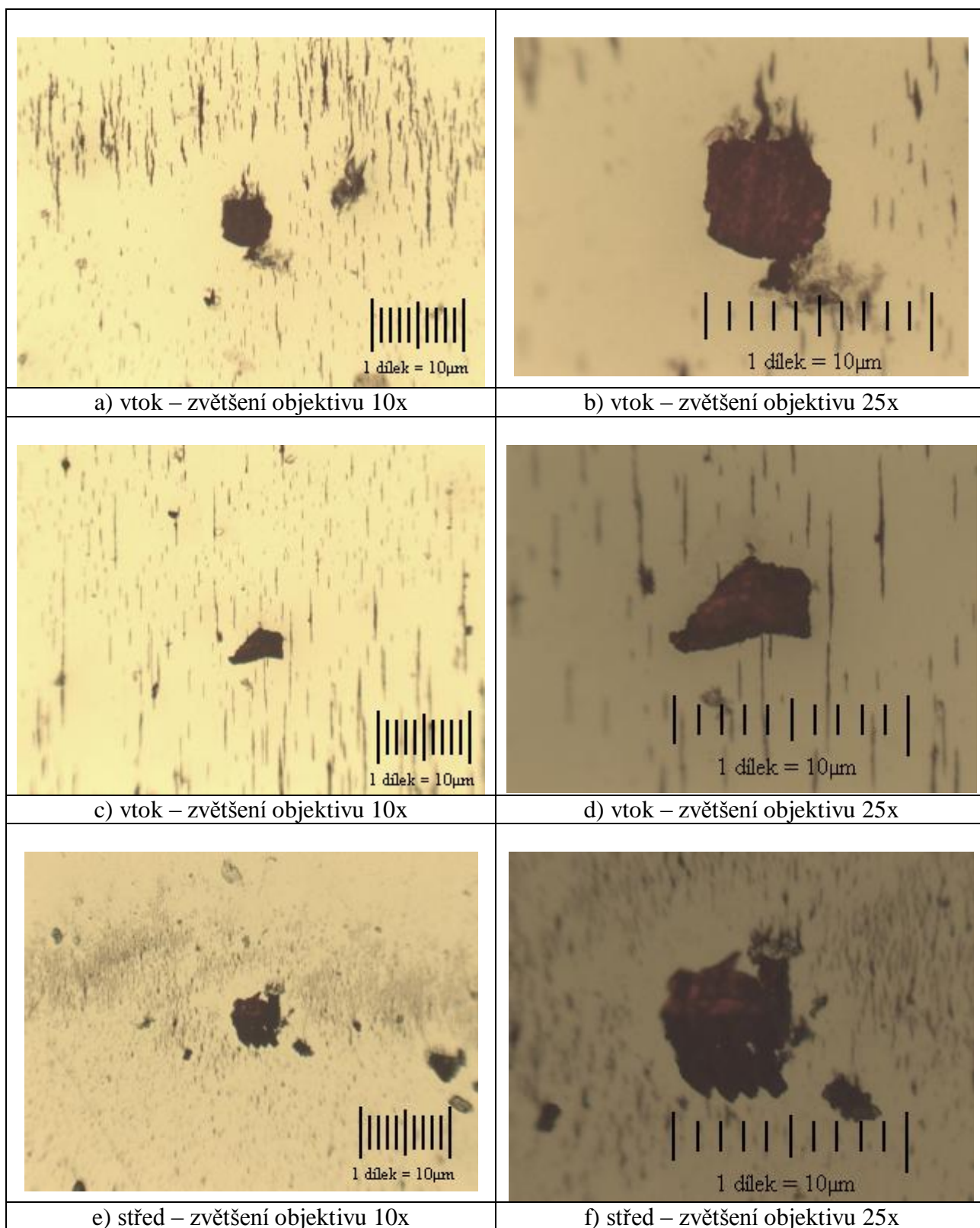
Vyhodnocení ferrogramů bylo provedeno bichromatickým trinokulárním mikroskopem H 6000, který je vybaven kamerovým systémem Micrometrics 318CU. Kamerový systém je napojen na počítač přes USB kabel a pomocí softwaru je možno pozorovat, upravovat a ukládat obraz v různých grafických formátech.

3.3.2.3 Vyhodnocení a interpretace výsledků

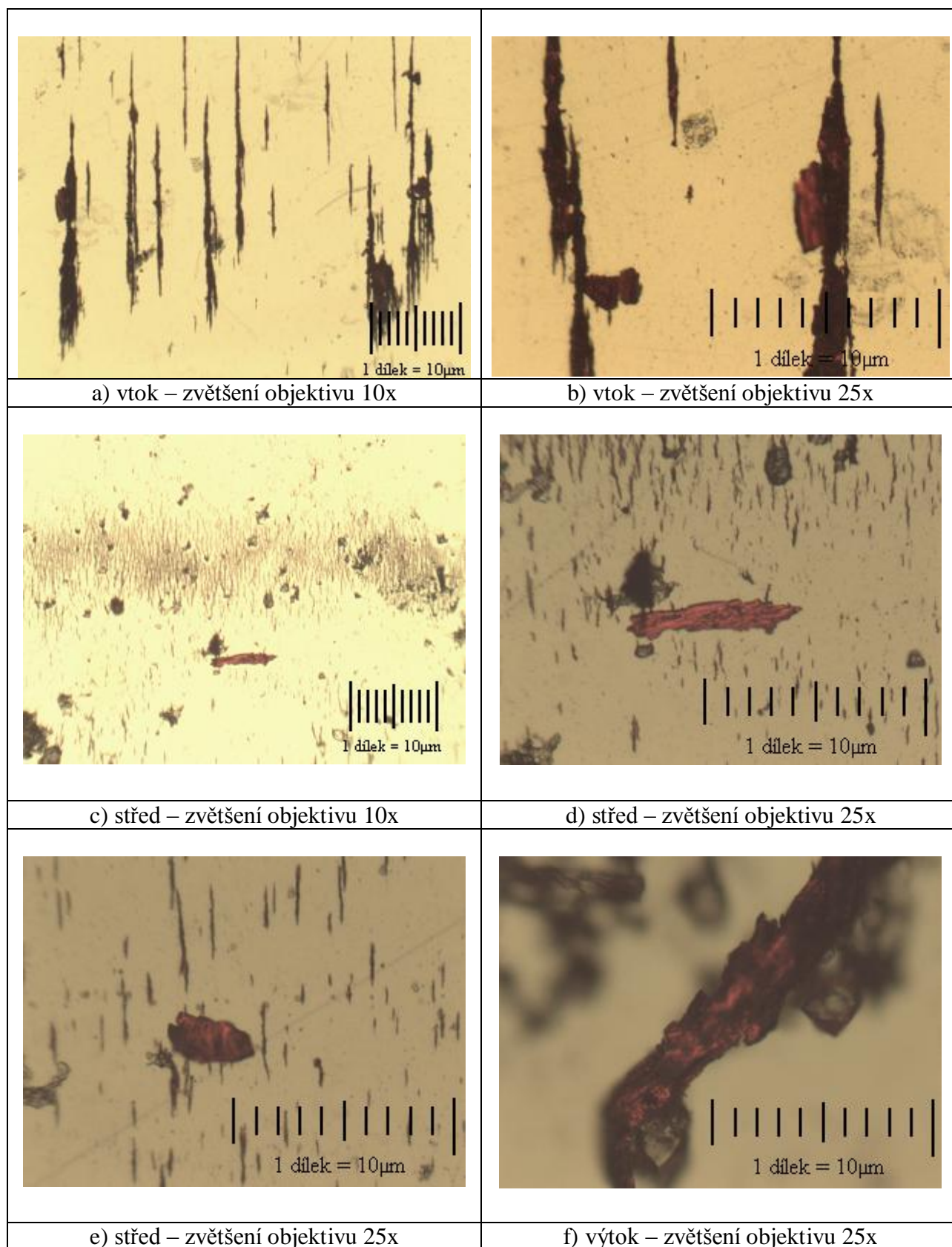
V této části práce bylo analyzováno ferrografickou analýzou 7 vzorků olejů, které byly odebrány z autobusů městské hromadné dopravy na naftový pohon a CNG pohon. Vzorky jsou seřazeny dle druhu použitého paliva a následně podle počtu ujetých kilometrů (od nejmenšího počtu ujetých km).



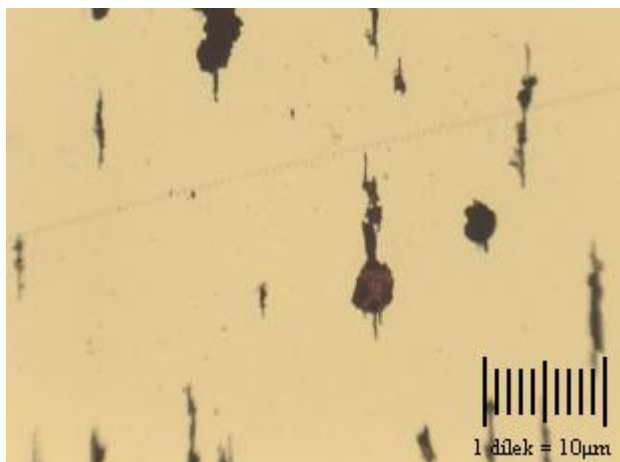
Obrázek č. 22: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu s naftovým pohonem evidenční číslo 183.



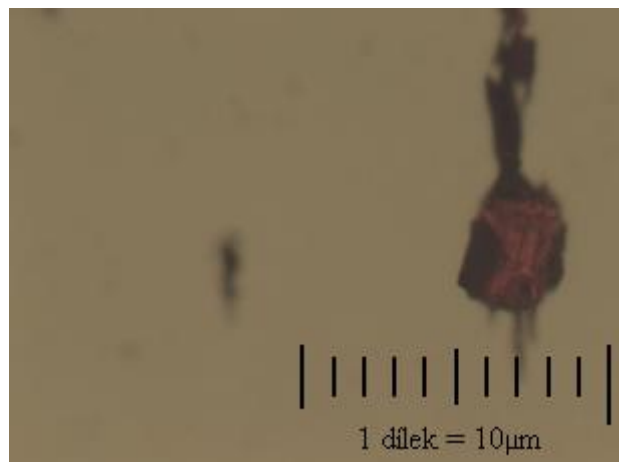
Obrázek č. 23: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu s naftovým pohonem evidenční číslo 185.



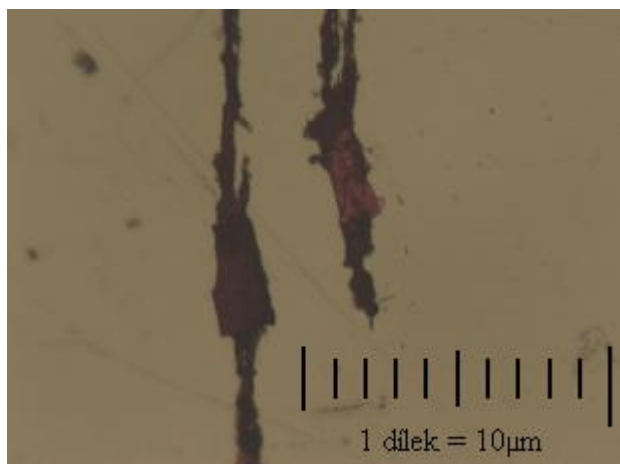
Obrázek č. 24: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu s naftovým pohonem evidenční číslo 186.



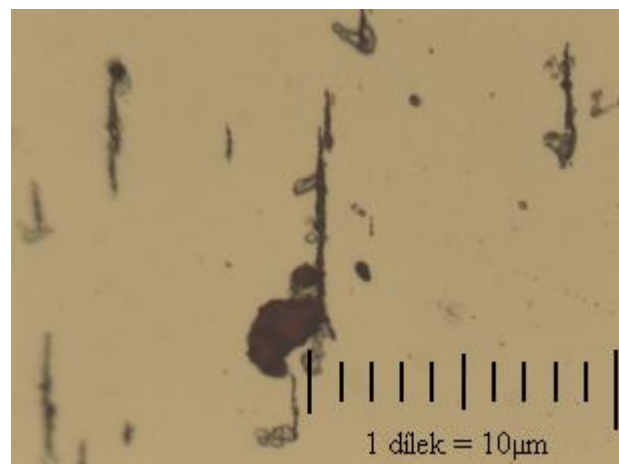
a) vtok – zvětšení objektivu 10x



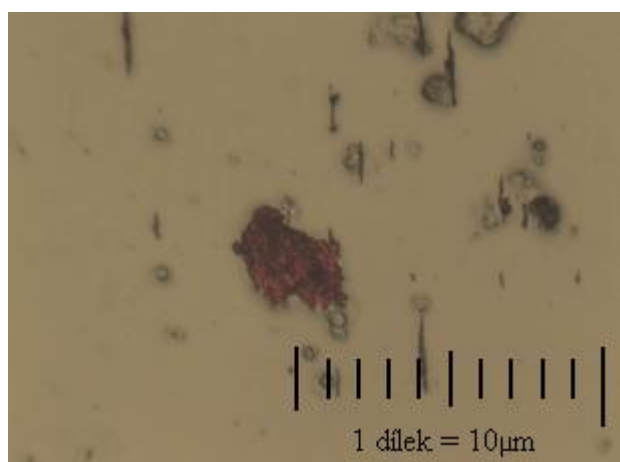
b) vtok – zvětšení objektivu 25x



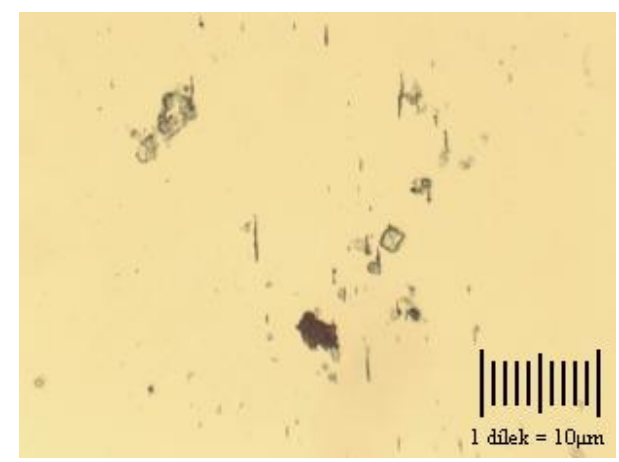
c) vtok – zvětšení objektivu 25x



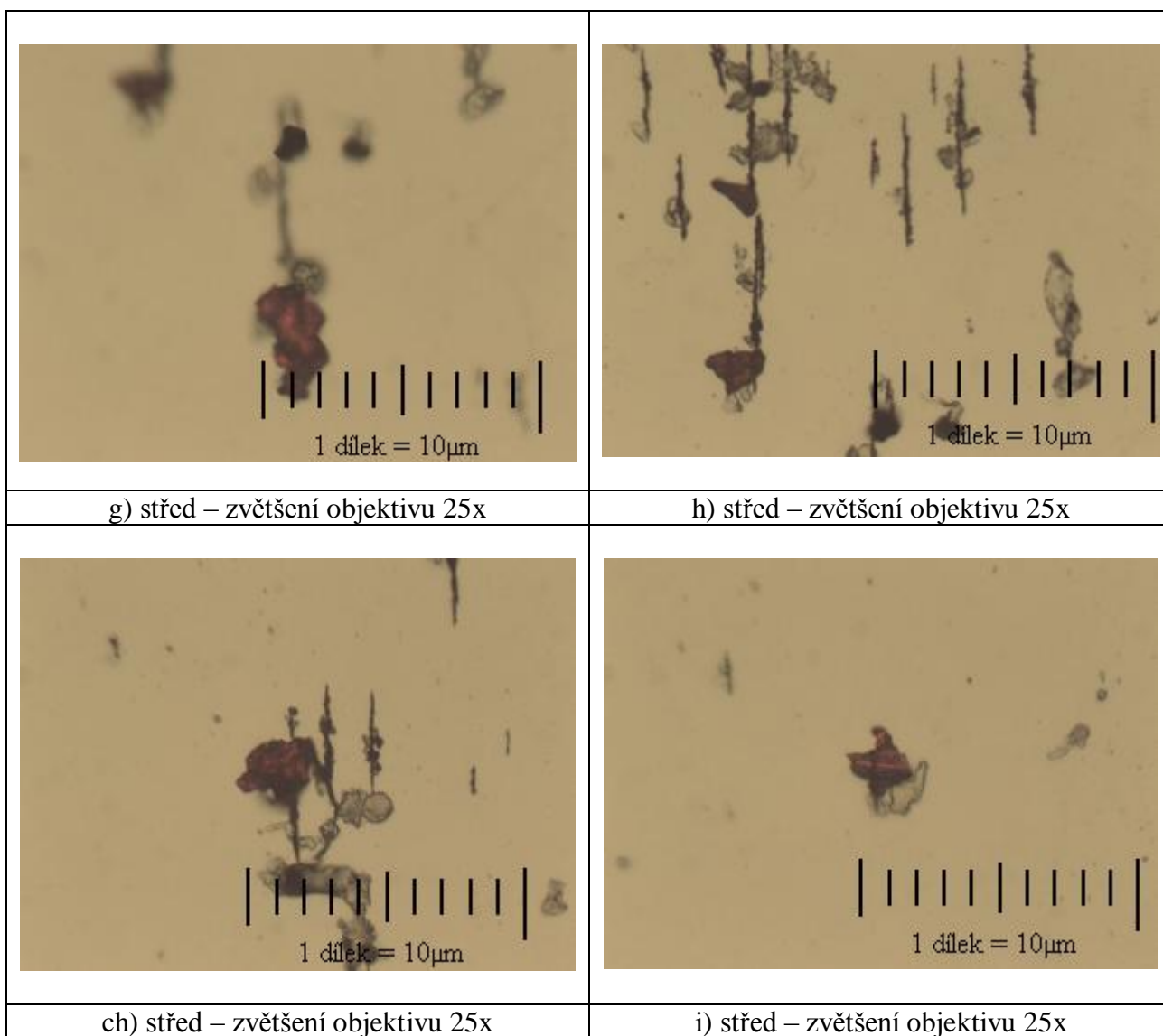
d) střed – zvětšení objektivu 25x



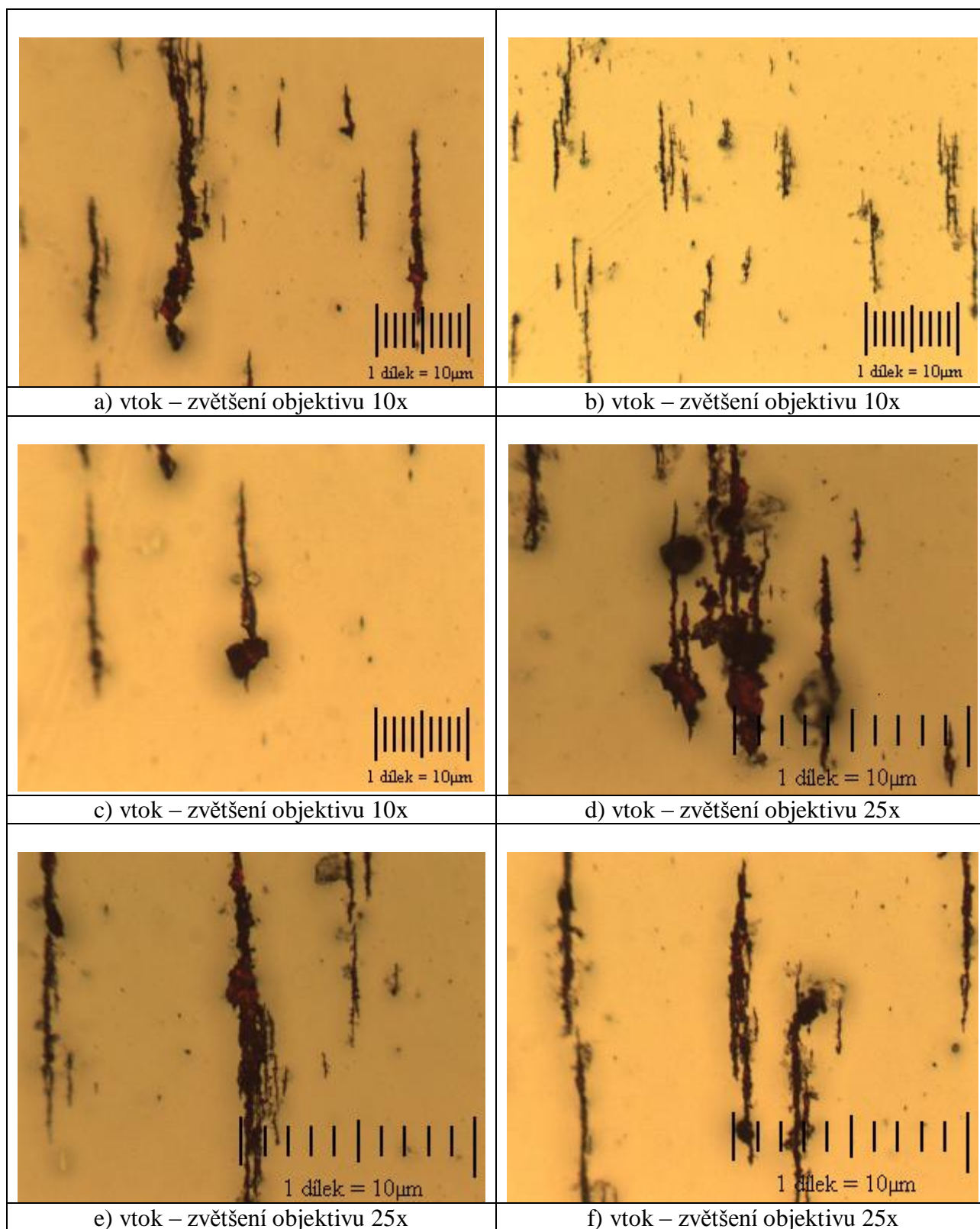
e) střed – zvětšení objektivu 25x



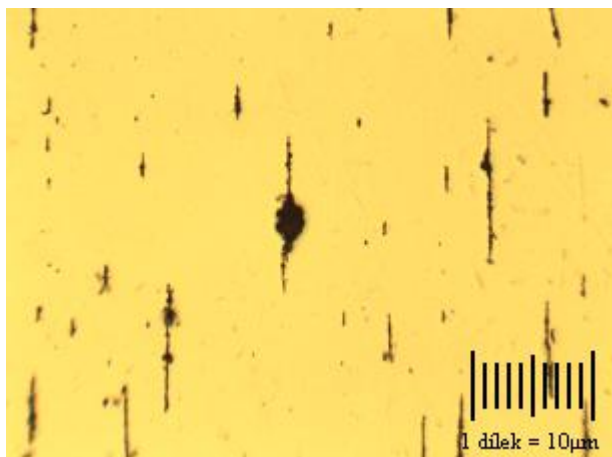
f) střed – zvětšení objektivu 10x



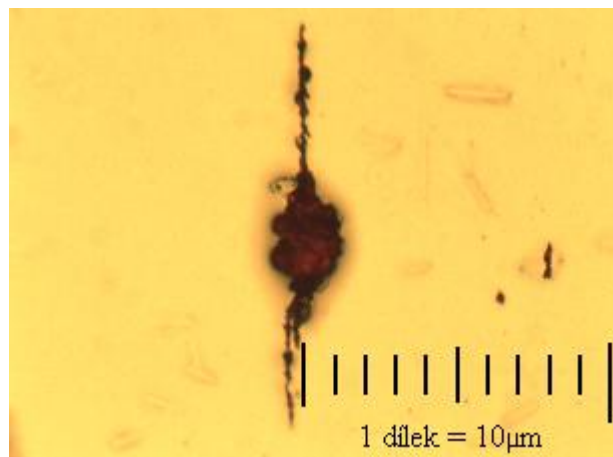
Obrázek č. 25: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 200.



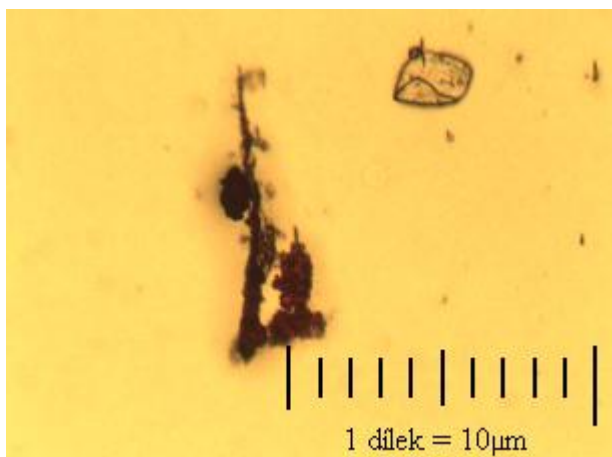
Obrázek č. 26: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 207.



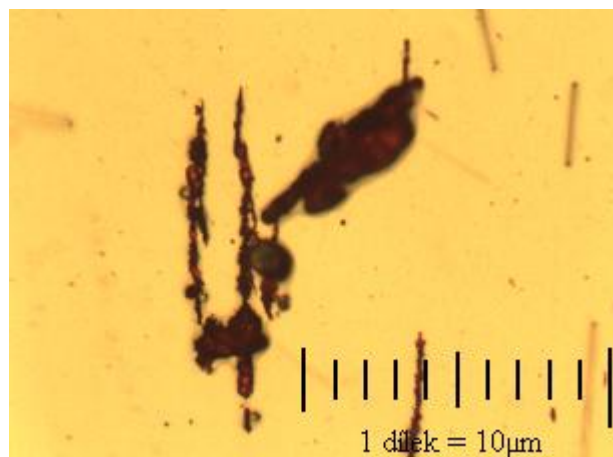
a) vtok – zvětšení objektivu 10x



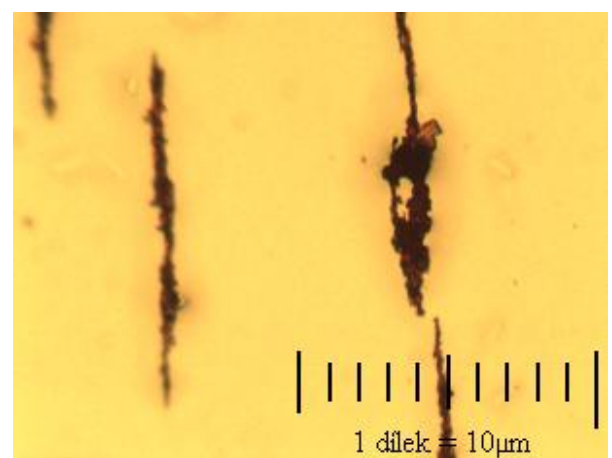
b) vtok – zvětšení objektivu 25x



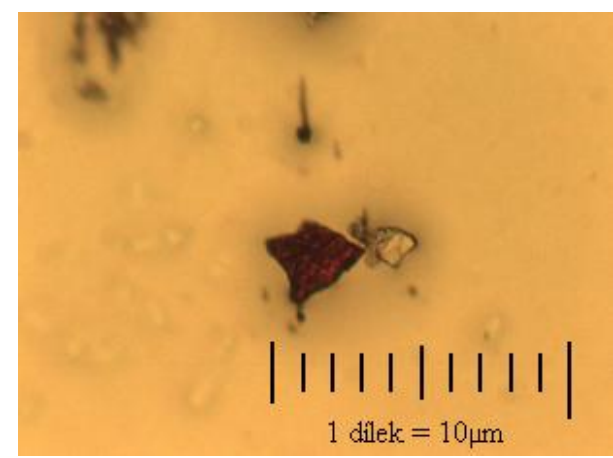
c) vtok – zvětšení objektivu 25x



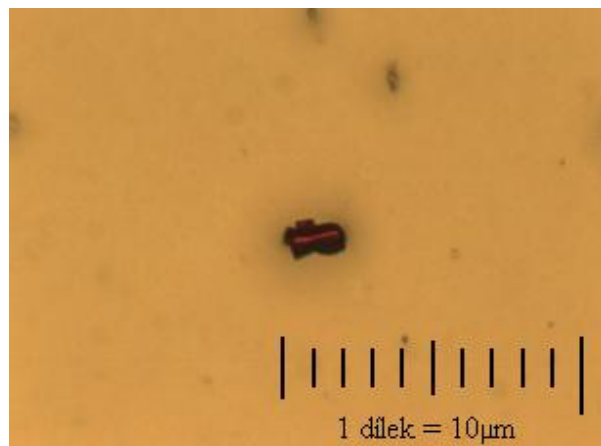
d) vtok – zvětšení objektivu 25x



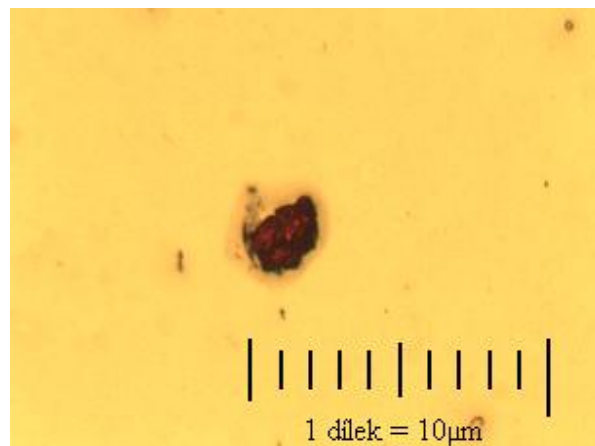
e) vtok – zvětšení objektivu 25x



f) střed – zvětšení objektivu 25x

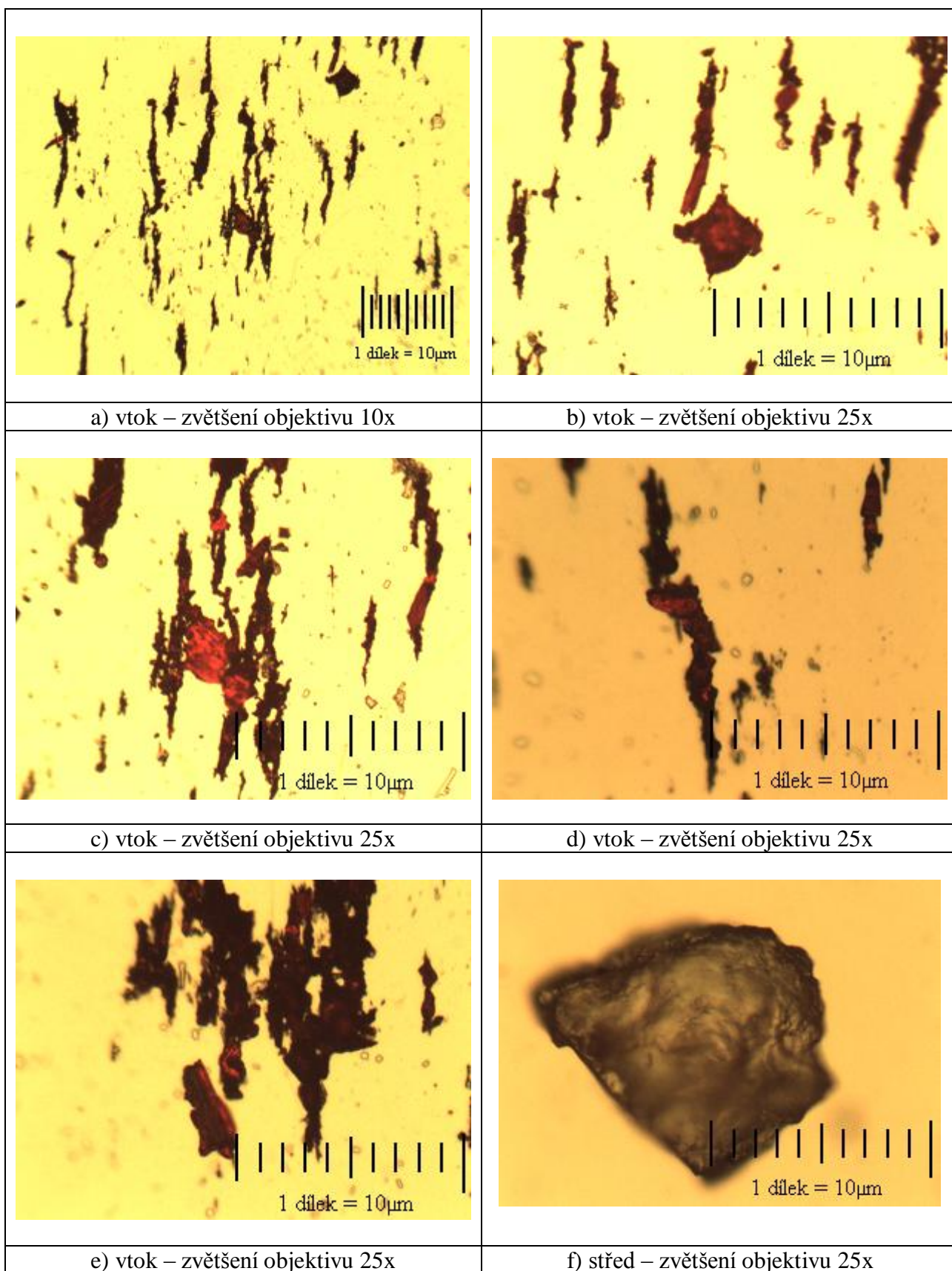


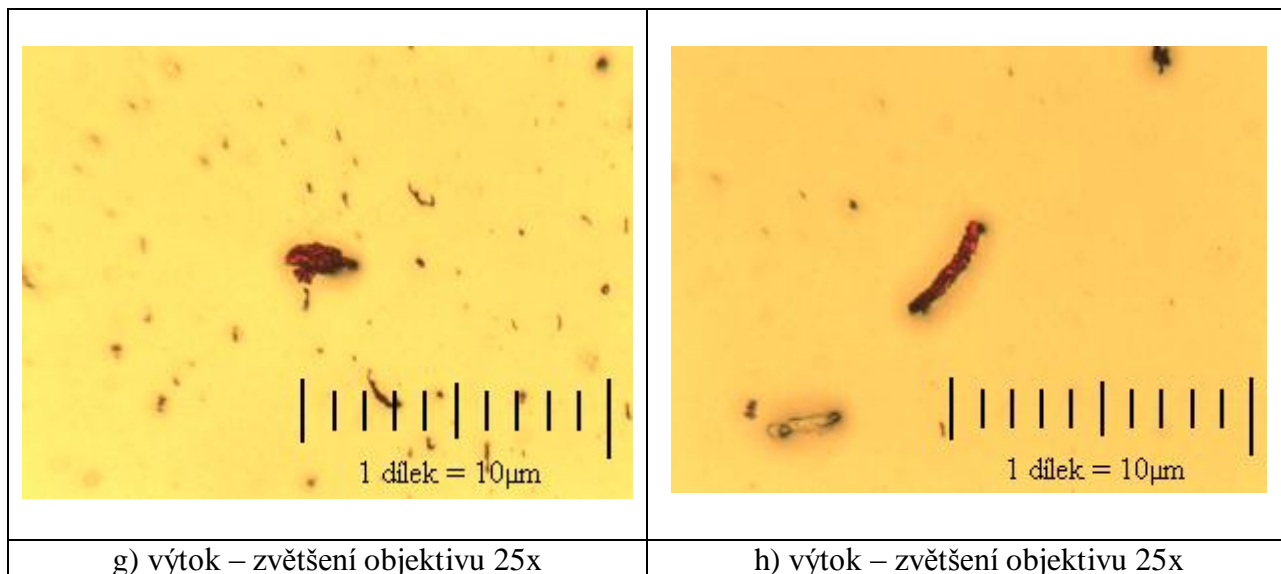
g) výtok – zvětšení objektivu 25x



h) výtok – zvětšení objektivu 25x

Obrázek č. 27: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 209.





Obrázek č. 28: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 206.

DÍLČÍ ZÁVĚR

Cílem této části experimentálních prací bylo posoudit výskyt otěrových částic v motorových olejích odebraných z autobusů městské hromadné dopravy Dopravního podniku Pardubice a.s., a to s naftovým pohonem a pohonem na CNG.

a) Motorový olej Mogul Optimal SAE 10W-40 (naftový pohon)

Ve všech vzorcích se vyskytují četné otěrové částice odpovídající intenzivnímu adhezivnímu opotřebení (o velikosti cca do 10 μm), především u vzorku č. 183 (obr. 22a – 22f), kde dochází k vyčerpávání aditiv. Částice adhezivního opotřebení se řadí do řetízkovitých útvarů uspořádaných podél magnetických siločar. Částice větších rozměrů, cca nad 50 μm , se vyskytují především u vzorků olejů Mogul Optimal SAE 10W-40, což je zřejmé ze vzorku č. 185 (obr. 23b a 23d) a vzorku č. 186 (obr. 24d). Částice nad 100 μm se vyskytují pouze ojediněle u vzorku č. 186 (obr. 24f), což je způsobeno provozem ve velmi náročných podmínkách. Z ferrografické analýzy vyplývá, že motory autobusů s naftovým pohonem jsou více namáhány na otěr, a tím dochází k většímu opotřebení části motoru. Lze však konstatovat, že motorový olej u naftových pohonů je zvolen správně a vyhovuje náročnosti podmínek (provoz v centru města).

b) Motorový olej Urania Ecosynth SAE 10W-40 (CNG pohon)

Ve vzorcích se vyskytují otěrové částice odpovídající intenzivnímu adhezivnímu opotřebení (o velikosti cca do 10 μm), největší četnost je zaznamenána u vzorku č. 207 (obr. 26a, b, e, f). Adhezivní opotřebení se řadí do řetízkovitých útvarů uspořádaných podél magnetických siločar. Částice větších rozměrů, cca nad 50 μm , se u odebraných vzorků nevyskytly (max. velikost částic je do 40 μm). Tyto částice se ve větším počtu objevují u vzorku č. 206 (obr. 28b, c, d, e), což koresponduje i se závěry z analytické spektrometrie (kap. 3. 3. 1. 3., obr. 18c). Lze doporučit kontrolu kompresního tlaku v jednotlivých válcích z důvodu možné netěsnosti mezi pístem (pístními kroužky) a válcem.

Z ferrografické analýzy vyplývá, že nevznikají velké otěrové částice a výměnný interval motorových olejů je vyhovující (opotřebení odpovídá délce a způsobu provozu).

c) Srovnání použitých olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40

Z ferrografické analýzy vyplynulo, že vozidla se CNG pohonem vykazují nižší adhezivní opotřebení a menší výskyt větších otěrových částic. Částice nad 50 μm se nevyskytly ani u jednoho vzorku oleje na CNG pohon. Při porovnání dvou vzorků s obdobným počtem ujetých kilometrů cca 12 000 km (vzorek č. 183 – nafta, č. 209 – CNG) je možno konstatovat, že motory na CNG pohon vykazují menší opotřebení částí motoru, což dokládá četnost a velikost otěrových částic.

3.4 Doporučení dopravním podnikům

Z výše uvedených dílčích závěrů kap. 3.3.1.3 a 3.3.2.3 lze Dopravnímu podniku Pardubice a.s. doporučit pokračovat v nastavených výměnných intervalech, intervaly neprodlužovat. Lze konstatovat, že vybrané typy olejů na pohon CNG i naftový pohon byly zvoleny správně. U autobusu ev. č. 206 je vhodné provést kontrolu pohonné jednotky z důvodu průniku nitrosloučenin do prostoru klikové skříně netěsnostmi mezi pístem a válcem.

4 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou vlastností motorových olejů, průběhem jejich opotřebení ve vozidlech na CNG pohon a dieselový pohon za využití experimentálních metod tribotechnické diagnostiky.

Teoretická část práce je zaměřena na shrnutí obecných poznatků z oblasti paliv pro vznětové motory, a to motorová nafta, LPG a CNG. Jsou zde popsány základní údaje o přestavbách vozidel jejich pohonu, bezpečnostních a ekonomických systémech a současné legislativě vztahující se na podporu daných paliv. Další kapitola se zabývá vlastnostmi motorových olejů, jako je viskozita, oxidace a nitrace. Další část práce je věnována tribotechnice a tribotechnické diagnostice; jsou zde popsány principy použitých experimentálních metod.

V experimentální části práce byla provedena analýza vzorků nových i opotřebovaných olejů odebraných z motorů autobusů městské hromadné dopravy s plynným palivem CNG (u 4 autobusů Iveco Irisbus Citelis CNG) a s naftovým palivem (u 3 autobusů Iveco Irisbus Citelis). Hodnocení opotřebení motorových olejů bylo provedeno metodou infračervené spektrometrie s Fourierovou transformací. Pro analýzu otěrových částic v oleji byla použita metoda ferrografie.

Vyhodnocení a interpretace výsledků z provedených analýz s využitím FTIR spektrometrie a ferrografie je blíže specifikována v kapitolách 3.3.1.3 a 3.3.2.3. Výsledky provedených experimentálních prací umožnily formulovat praktická doporučení pro provozovatele. Ve většině případů lze doporučit pokračovat v nastavených výměnných intervalech, intervaly neprodlužovat. Pouze u jednoho odebraného vzorku byl zjištěn průnik sloučenin dusíku do prostoru klikové skříně netěsnostmi mezi pístem a válcem a proto lze doporučit provést kontrolu pohonné jednotky.

Z ferrografické analýzy vyplynulo, že vozidla se CNG pohonem vykazují nižší adhezivní opotřebení a menší výskyt větších otěrových částic. Částice nad 50 μm se nevyskytly ani u jednoho vzorku oleje na CNG pohon. Při porovnání dvou vzorků s obdobným počtem ujetých kilometrů cca 12 000 km (vzorek č. 183 – nafta, č. 209 – CNG) je možno konstatovat, že motory na CNG pohon vykazují menší opotřebení částí motoru, což dokládá četnost a velikost otěrových částic.

Analýzy motorových olejů za účelem sledování stavu motorů jsou důležitým nástrojem jejich údržby v případě náročných provozních podmínek a prodloužených výměnných lhůt. Monitorování funkce oleje a stavu motoru, sledování průběhu změn vlastností oleje a koncentrací ošetrových kovů vytváří podmínky pro spolehlivé funkce motoru po celou dobu jeho životnosti a lze tak předejít finančně náročným opravám a prostojům.

Výsledky této práce budou předány Jiřímu Kovačikovi (samostatný referent normování a technické kontroly Dopravního podniku Pardubice a.s.), který poskytl oleje pro zpracování této bakalářské práce.

Použitá literatura

- [1] JEDLIČKA J., ADAMEC V, DUFEK J. Vývoj emisní zátěže ovzduší z dopravy [online].[cit.2011-09-20]. Dostupné z <http://www.cdv.cz/text/szp/ovzdusi/vyvoj_zateze.pdf>.
- [2] Studie o vývoji dopravy z hlediska životního prostředí v České republice za rok 2009 [online].[cit.2011-09-20]. Dostupné z <[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_o_vyvoji_dopravy/\\$FILE/oued-studie_o_vyvoji_dopravy_z_zhlediska_ZP_2009-20110308.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/studie_o_vyvoji_dopravy/$FILE/oued-studie_o_vyvoji_dopravy_z_zhlediska_ZP_2009-20110308.pdf)>.
- [3] Nevýhody. Ekologie. Rychloplnicí stanice. Pomaluplnicí stanice. Propan butan – LPG. Legislativa CNG stanic. Čistá veřejná doprava. Drahá nafta nutí města kupovat „čisté“ autobusy [online].[cit.2011-09-20]. Dostupné z <<http://www.cng.cz>>.
- [4] CNG [online].[cit.2011-09-20]. Dostupné z <http://www.rwe.cz/cs/plynoprojekt/plynoprojekt-cngzpravy_o_stavu_zivotního_prostredi>.
- [5] Nízkoteplotní vlastnosti motorové nafty [online].[cit.2011-09-20]. Dostupné z <<http://www.cappo.cz/ropne-vyrobky/motorova-paliva/nizkoteplotní-vlastnosti-motorove-nafty>>.
- [6] Pohonné hmoty, oleje a maziva [online].[cit.2011-30-09]. Dostupné z <<http://csgold.cz/motorova-nafta.htm>>.
- [7] Palivová soustava vznětových motorů [online].[cit.2011-30-09]. Dostupné z <http://www.mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-205.01_palivovasoustavavznetovehomotoru_uvod.pdf>.
- [8] PROKEŠ O., ČAPLA L. Zkapalněné uhlovodíkové plyny [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.calpg.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=600161&id=1002&p1=1002>.
- [9] SNÁŠEL P. Alternativní paliva pro spalovací motory pro komerční automobily [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://ottp.fme.vutbr.cz/pdf/2008_BP_Snasel_Pavel_76079.pdf>.
- [10] BOUČEK J. Alternativní palivo LPG [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://ekolist.cz/zprava2.shtml?x=155997>>.
- [11] Benzin a nafta pro silniční automobily [online].[cit.2011-09-30]. Dostupné z <<http://www.forum.ford-club.cz>>.

- [12] ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., ŽAKOVEC J. Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://www.kr-liberecky.net/public/doprava/prezentace07/pdfs/12a.pdf>>.
- [13] DOSTÁL M. LPG, ano či ne? [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://www.tipcar.cz/tema--lpg--ano-ci-ne--87.html>>.
- [14] Systémy LPG? Jaký systém LPG vybrat? [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.lpg-sroubek.kvalitne.cz/private/verze_pro_tisk.htm>.
- [15] NĚMEČEK J. Pohon silničních vozidel na alternativní paliva [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.jindrex.wz.cz/download/absolventska%20prace.doc>>.
- [16] ROJÍK S. Patří budoucnost CNG nebo LPG? [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://www.tipcar.cz/patri-budoucnost-cng-nebo-lpg--5087.html>>.
- [17] Tisková zpráva: V Evropě LPG podporují! V ČR se na LPG zapomíná! [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://www.tiskovky.info/tiskove-zpravy/v-evrope-lpg-podporuji-v-cr-se-na-lpg-zapomina>>.
- [18] BOUČEK J. Alternativní palivo CNG [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://ekolist.cz/zprava2.shtml?x=50026>>.
- [19] Program podpory alternativních paliv v dopravě – zemní plyn [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <<http://www.alen.cz/dokumentv/download/3.doc>>.
- [20] Využívání zemního plynu v dopravě [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.cpu.cz/data/articles/down_753.doc>.
- [21] Nástroje podpory využívání CNG v ČR [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.cappo.cz/ftp/10_prezentace_cpu_marketa_schauhuberova.pdf>.
- [22] Motorový olej [online].[cit.2011-09-30]. Dostupné z <http://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3A9_oleje>.
- [23] Časté otázky – proč se liší motorové oleje [online].[cit.2011-09-30]. Dostupné z <<http://www.petroleum.cz/fagaspix?pid=13>>.
- [24] ČERNÝ J. Vlastnosti motorových olejů – díl šestý, díl devátý, díl desátý [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.oleje.cz>>.
- [25] TURAN T., NOVÁČEK V. Analýza oleje – prostředek pro sledování stavu strojů, NOVÁČEK V. Analýza motorových olejů a nemrznoucích kapalin z naftových motorů [online].[cit.2011-09-20]. Dostupné z <http://www.tribotechnika.sk>>.

- [26] Infračervená spektrometrie [online].[cit.2011-01-13]. Dostupné z http://ttp.zcu.cz/files/pdf/cviceni_05_MFT_2008_infracervena_spektrometrie.pdf>.
- [27] MACHALÍKOVÁ J., CHÝLKOVÁ J., ŠELEŠOVSKÁ R. Tribotechnické aplikace vybraných instrumentálních metod, Vědeckotechnický sborník ČD č. 21/2006.
- [28] Čistá veřejná doprava – CNG autobusy [online].[cit.2010-01-13]. Dostupné z <http://www.cpu.cz/vyuziti-zemniho-plynu-v-doprave/cista-verejna-doprava-cng-autobusy>>.

Seznam obrázků

- Obrázek č. 1: Vývoj emisí z dopravy v letech 1993 – 2009.
- Obrázek č. 2: Motor pro těžký užitkový automobil.
- Obrázek č. 3: Konstrukce turbodmychadla poháněného výfukovými plyny.
- Obrázek č. 4: Schéma LPG plynové zástavby v autobusu MHD
- Obrázek č. 5: Znázornění zástavby LPG.
- Obrázek č. 6: Potenciál redukce emisí při využití zemního plynu.
- Obrázek č. 7: Provoz motoru na CNG.
- Obrázek č. 8: CNG stanice pro rychlé plnění.
- Obrázek č. 9: Pomaluplnicí stanice.
- Obrázek č. 10: Složení motorových olejů
- Obrázek č. 11: Naftový motor – pravidelně prováděné analýzy motorového oleje.
- Obrázek č. 12: Mechanismus vzniku otěrových částic.
- Obrázek č. 13: Glykol v motorovém oleji.
- Obrázek č. 14: FTIR spektrometr.
- Obrázek č. 15: Spektrometr Nicolet is10.
- Obrázek č. 16: Pracoviště FTIR spektrometrie
- Obrázek č. 17: Infračervené spektrum olejů Mogul Optimal SAE 10W-40
- Obrázek č. 18: Infračervené spektrum olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40
- Obrázek č. 19: Infračervené spektrum nových olejů Urania Ecosynth SAE 10W-40 a Mogul Optimal SAE 10W-40
- Obrázek č. 20: Pracoviště pro ferrografickou analýzu
- Obrázek č. 21: Ferrograf REO-1
- Obrázek č. 22: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu s naftovým pohonem evidenční číslo 183.
- Obrázek č. 23: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu s naftovým pohonem evidenční číslo 185
- Obrázek č. 24: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu s naftovým pohonem evidenční číslo 186.
- Obrázek č. 25: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 200.
- Obrázek č. 26: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 207.

Obrázek č. 27: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 209

Obrázek č. 28: Výběr částic z ferrografické analýzy motorového oleje autobusu se CNG pohonem evidenční číslo 206.

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Vlastnosti vybraných klasických a alternativních pohonných hmot.

Tabulka č. 2: Složení propan – butanové směsi.

Tabulka č. 3: Kvalitativní parametry LPG stanovené normou ČSN EN 589 : 2004.

Tabulka č. 4: Srovnání emisí produkovaných naftovými motory a motory na zemní plyn.

Tabulka č. 5: Srovnání CNG autobusů ve vztahu k Euru V.

Tabulka č. 6: Srovnání u autobusů pro provoz MHD Irisbus Citelies, TEDOM.

Tabulka č. 7: Otěrové kovy v motorovém oleji a jejich zdroje.

Tabulka č. 8: Přehled sledovaných autobusů městské hromadné dopravy.

Seznam příloh

Příloha č. 1 - Právní předpisy související s provozem CNG autobusů v ČR.

Příloha č. 2 - Technický list IRISBUSU IVECO Citelis 12m CNG.

Příloha č. 3 - Technický list IRISBUSU IVECO Citelis 12m.

Příloha č. 1

Právní předpisy související s provozem CNG autobusů v ČR:

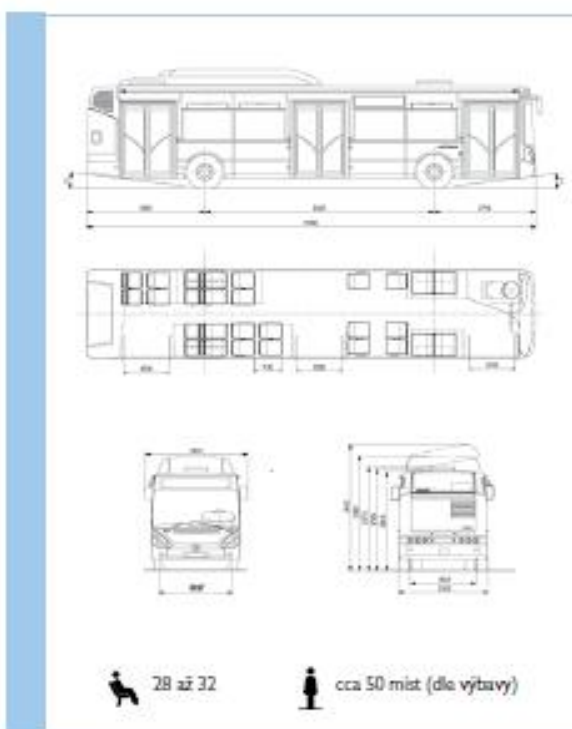
- Zákony: 361/2002 Sb., 56//2001 Sb., 86/2002 Sb.;
- Vyhlášky: 341/2002 Sb., 197/2006 Sb., 23/2008 Sb.;
- Nařízení vlády: 406/2004 Sb., 101/2005 Sb., 615/2006 Sb.;
- UN ECE R49, UN ECE RI 10;
- ISO 11439, ISO 15500.

Příloha č. 2



CITELIS

MĚSTSKÝ AUTOBUS 12M – 3 DVEŘE – CNG EEV



OBECNÉ VLASTNOSTI

Délka	11 990 mm
Šířka	2 500 mm
Nejvyšší výška	3 301 mm
Rozvor	6 120 mm
Převs karosérie přední/zadní	2 710/3 160 mm
Rozchod vpředu/vzadu	2 087/1 869 mm
Vnitřní světlá výška vpředu/vzadu	2 344/2 319 mm
Nástupní výška předních/ prostředních/zadních dveří	320/330/330 mm
Šířka předních/prostředních/ zadních dveří	1 200 mm
Poloměr zatáčení zadních kol	10 600 mm
Poloměr zatáčení předních kol	8 773 mm
Úhel nájezdu vpředu/vzadu	7° / 7°
Celková dovolená hmotnost zatíženého vozidla	18 000 kg
Celková maximální hmotnost na přední nápravu	6 500 kg
Celková maximální hmotnost na zadní nápravu	11 500 kg

200 kW (272 k)



CITELIS 12 M CNG

KAROSERIE A VNĚJŠÍ VÝBAVA

Karoserie je samonosná konstrukce, sestavená z 6 panelů.
Séřta je vyrobena z ocelového plechu, přední a zadní panel jsou z plátu.
Boční panely jsou z hliníkového plechu.
Přední a zadní nárazník a boční díly ve spodní části karoserie jsou z plátu.
Ochrana proti korzi ponorům do katalytického lázně.
Přední, prostřední a zadní dveře se otevírají dovnitř, se stápnem bez schodu.
Kryty nájezdů předních kol.
Výdávky vlny motoru vozu umožňují přístup ke hrozná sregie.
5 masážních výdávky nebo elektricky vycpanou potrubnou pro vozidlo.
5 kování.
Elektronická ovládací deska.
Horizontální světlomet s odvětrávacím nebo bez nich.
Se světelným vozu nebo bez.

VNITŘNÍ VÝBAVA

Sedadlo pro ovládací typ STER.OPS nebo VOGEL 600.
Pohyb sedadla dovnitř nebo výjezd.
Podlaha je pokryta protisklizovou matricí PVC krytého, která je přilepena k podlaze.
Zadní stěna a boční pod okny jsou obloženy laminovanými panely.
Séřta je avnět obložena plastovými panely a obklopenými hliníkovými panely.
Držáky, posuvné opěry, přídavní tyče, držáky a madla jsou opatřena speciálním nátěrem.
Se světelnými zrcátky pro kontrolu čelních prostor z místa řidiče nebo bez.
Hladí přístroj 2 x 4 kg.

ELEKTRO

Všechny elektrické instalace kimerického řidiče a vozu je prováděna prostřednictvím systému MULTIFLEX.
Dvě baterie 12V - 230 Ah od samostatné na výjezd vozidla.
5 nájezdů ovládacími odpovídá baterii nebo bez.
Alarmy 2x 120 A.
Přístroj pro startování z externího zdroje.
Ochrana lapení jeřábů nebo bariérovými pojistkami.
Ověření pracovního místa, prostoru pro ovládací, schůzka a plnění světelných světel.
Přívod ovládací (je 4 reproduktory).
5 posuvných bočních světlometů.
5 předních nájezdů světlometů nebo bez.

ZASKLENÍ/TEPELNÝ KOMFORT

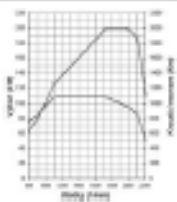
Čelní sklo TSA je zabavené nebo s reflexní úpravou.
Zadní sklo TSA zabavené.
Sklo dveří TSA zabavené jednoduše nebo dvojitě.
Sklo pracovního místa posazené, zabavené, s deflektorem (odklon pracovního vzduchu) nebo bez.
Boční výjezdové sklo zabavené.
Teplotní izolace bočních stěn a střešy.
Teplotní a zvuková izolace prostoru motoru.
Větrání pracovního místa s klimatizací nebo bez.
2 vzdušné ventilační mechaniky nebo elektrické.
Výhlední čelní sklo a sklo řidiče obalené.
Ověření vzduchu 2 turbínami.
Výdávky 4 nájezdů.
5 klimatizační jednotkou ve střeše nebo bez.
5 nezávislým topením 20 kW.

PRACOVNÍ MÍSTO ŘIDIČE

Upravené pracovní místo řidiče (bez slavnosti na prstě).
Přístrojová deska VDCI nebo ACTIA.
Výdávky startovního volantu a odvětrávací systém nájezdů.
4-cestná konzola s nájezdy pro ovládací potrubí řidiče.
Sedadlo řidiče s pneumatickým přídavním, s bočními opěrkami nebo bez.
Elektronický výhlední a elektrický ovládací prvek a levé světelné zrcátko.
5 tachografem nebo bez.

MOTOR

CURSOR 8 CNG BEV

Nejvyšší výkon	200 kW (272 hp) při 1850 ot./min
Nejvyšší kroutící moment	1100 Nm při 1100 ot./min
Základní objem	7,8 litrů
Výkonové křivky	
Vertikální řadový šestiválec: napřít sklopený v zadní části vozu	

Se světelným doplněním oleje (separací nájezdů) nebo bez.
5 světelným kontrolkou (nájezdů) oleje nebo bez.
Výdávky výhlední pod voz nebo do střešy.
Úroveň 05V.

PŘEVODOVKA

Automatická převodovka VOITH nebo ZF.
Ovládací převodovky 24člennými nebo 24člennými volbami.

ZADNÍ NÁPRAVA

Zadní portálová náprava s dvojitou redukci typ AV 112 ZF.
Standardní ocelový převod 21 a 27.

Motor	200 kW (272 hp) při 1850 ot./min		
Převod	VOITH 15.854.3	29,6 148' 500z	29,6 148' 500z
20 x 39	71,1 km/h	70,6 km/h	90,0 km/h *
21 x 38	76,2 km/h	75,1 km/h	90,0 km/h *
22 x 37	86,1 km/h	85,6 km/h	-

PŘEDNÍ NÁPRAVA / ŘÍZENÍ

Nedávání R1 75 BLS.
Řzení ZF typ 8090 se světelním, s integrovaným hydraulickým posuváním.

PĚROVÁNÍ

Integrovaná pneumatická převodní se zvýšenou stabilitou vozidla.

VZDUCHOVÝ OKRUH

Vzduchový kompresor 620 cm³ (tak 1 25 MPa).
Výdávky vzduchu, odvětrávací oleje.
Boční odvětrávací klapky na vzduchotechnice a na připojkách na vozidlo.

BRZDY

Provozní brzda s pneumatickým ovládním, kotoučová výhledu a vozu.
Systém proti záblokování kol ABS.
Nedávání obruty výhledu a vozu.
Parkovací brzda s průřezem na zadních brzdách.
Se světelným AGR.
Výdávky výhlední při poklesu tlaku na zadní nápravě.
Elektronická zastívková brzda.

RETARDÉR

Hydraulický motor s spojením s provozní brzdou.
5-tahovým ovládním nájezdů.

NADRŽE

8 kompostních nájezdů po 138 litrech (1244 litrů).
Přední na prstě straně.

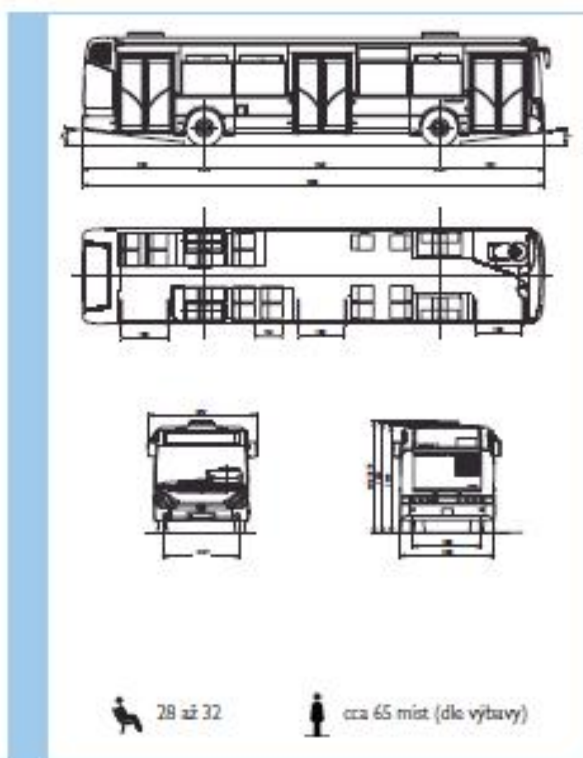
KOLA A PNEUMATIKY

Pneumatiky 275/70 R 22,5 MICHELIN, MATADOR nebo BARUM.



CITELIS

MĚSTSKÝ AUTOBUS 12M – 3 DVEŘE – DIESEL EURO 4



OBECNÉ VLASTNOSTI

Délka	11 990 mm
Šířka	2 500 mm
Nejvyšší výška	2 979 mm
Rozvor	6 120 mm
Převs karosérie přední/zadní	2 710/3 160 mm
Rozchod vpředu/vzadu	2 087/1 869 mm
Vnitřní světlá výška vpředu/vzadu	2 344/2 309 mm
Nástupní výška předních/ prostředních/zadních dveří	320/330/330 mm
Šířka předních/prostředních/ zadních dveří	1 200 mm
Poloměr zatáčení zadních kol	10 600 mm
Poloměr zatáčení předních kol	8 773 mm
Úhel nájazdu vpředu/vzadu	7° / 7°
Celková dovolená hmotnost zatíženého vozidla	18 000 kg
Celková maximální hmotnost na přední nápravu	6 500 kg
Celková maximální hmotnost na zadní nápravu	11 500 kg

180 kW (245 k)
213 kW (290 k)



CITELIS 12 M DIESEL

KAROSERIE A VNĚJŠÍ VÝBAVA

Karoserie je samonosná konstrukce, sestavená z 6 panelů
 Sběha je vyrobená z ocelového plechu, přední a zadní panel jsou z plastu
 Boční panely jsou z hliníkového plechu
 Přední a zadní nárazník a boční díly ve spodní části karoserie jsou z plastu
 Ochrana proti korzi pomocí povrchové lakovací vrstvy
 Přední, prostřední a zadní dveře se otevírají dovnitř, se vstupem bez schodu
 Kryty motoru, předních kol
 Vyhřítky motoru vzduchu umožňující přídavě ke hřátce agregátu
 5 rukojetí vyhřítky nebo elektrickou výpravou platinou pro vstřebání
 5 kvadrantem
 Elektricky ovládané odvětrání dveří
 Horizontální odvětrání s čističnými hranami nebo bez nich
 Se zajištěním vzduchu nebo bez

VNITŘNÍ VÝBAVA

Sedadlo pro cestující typu S11R, EPS nebo VOGEL 600
 Pohyb sedadla šestiúhelníkem nebo plynem
 Podlaha je pokryta protiskluzovou antistatickou PVC krytinou, která je přilepena k podlaze
 Zadní zrcátko a oběhy pod okny jsou obloženy laminovanými panely
 Sběha je zveněk obložena plastovými panely s odvětrávacími hřídeľovými panely
 Držádko, posuvné opěrky, přední a zadní, zrcátko a madla jsou vyrobená epoxidovým náplastem
 Se zajištěním zrcátka při kontrole dvanácti prostor z místa řidiče nebo bez
 Elektrický přehrávač 2 x 4 kg

ELEKTRO

Vnitřní elektrická instalace křemenného hřátce a vzduchu je provedena prostřednictvím systému
 MULTIPLEX
 Dvě baterie 12V – 220 Ahod, samonosné na výpravě vzduchu
 5 ručních odvětrávacích odpojovačů baterií nebo bez
 Alarmový 2x 120 A
 Přepínač pro startovací a zastavní zámek
 Ochrana kapalnými palivami nebo bezpečnostní pojistkami
 Ověření pracovního řádu, prázdnosti pro cestující, schůdku a plnění vstřebání ověřením
 Přívod osvětlení (je 4 rozbočovačů)
 5 pracovních bočních světlů
 5 předních mlhových světlů nebo bez

ZASKLENÍ/TEPELNÝ KOMFORT

Čelní sklo TSA je zabavené nebo s mlékou úpravou
 Zadní sklo TSA zabavené
 Sklo dveří TSA zabavené, jednoduše nebo dvojitě
 Sklo pracovního řádu posuvné, zabavené, s deflektorem (odtok pracovního vzduchu)
 nebo bez
 Boční výhledová okna zabavená
 Tepelná izolace bočních stěn a střešiny
 Tepelná a zvuková izolace prostoru motoru
 Větrání pracovního řádu s klimatizací nebo bez
 2 vstřebné ventilační mechaniky nebo elektrické
 Vyhřívání čelního skla a okna řádu ořadkem
 Ověření vzduchu 2 turbínami
 Vyhřítky 4 rozbočovačů
 5 klimatizačních jednotek ve vstřebné nebo bez
 5 ručním ovládacím 20 kW

PRACOVNÍ MÍSTO ŘIDIČE

Licenciální pracovní řádek a dílny (bez stánku na peníze)
 Přehledový displej VDO nebo ACTIA
 Výhledové startovní volání a ústřední startovní náhlavě
 1 km hodnota se světlicí pro ochranné potřeby řádu
 Sedadlo řádu s pneumatikovým přenoskem, s řídícími opěrkou nebo bez
 Elektrický vyhřívání a elektrický odvětrání prvních a levých opěrkou
 5 technologií nebo bez

MOTOR

WCCO CLRSOR II, Euro 4

Nový výkon	180 kW (245 kJ) př 1850 ot./min.	213 kW (290 kJ) př 2250 ot./min.
Nový točivý moment	1100 Nm při 1100 ot./min.	
Záložný objem	7,8 litrů	
Výkonové křivky		
Náboj vertikální řadový šestičlenný napřít sklojený v zadní části vozů		

Se systémem doplňování oleje (separátory nádob) nebo bez
 5 vřadkem s keramikou (mlékou) olejů nebo bez
 Vřadkem vřadkem pod vřadkem nebo do vřadkem
 1800 12V

PŘEVODOVKA

Automatická převodovka VCI111 nebo Z7
 Ovládací převodovky 3-tlačítkovým nebo 4-tlačítkovým voličem

ZADNÍ NÁPRAVA

Zadní portálová náprava s dvojitou motouř typ WCCO-BRA 112
 Standardní ocelový převod 21 a 27

Motor	180 kW (245 kJ) př 1850 ot./min		
Převod	VCI111-108A.5	275 HP SGE	2716 HP SGE
20 a 29	65,7 km/h	65,2 km/h	92,5 km/h
21 a 28	75,8 km/h	75,4 km/h	-
22 a 27	79,7 km/h	79,2 km/h	-

Motor	213 kW (290 kJ) př 2250 ot./min		
Převod	VCI111-108A.5	275 HP SGE	2716 HP SGE (*)
20 a 29	75,8 km/h	75,4 km/h	100,5 km/h
21 a 28	78,5 km/h	78,0 km/h	110,5 km/h
22 a 27	86,2 km/h	87,7 km/h	-

PŘEDNÍ NÁPRAVA / ŘÍZENÍ

Nedávání 10 75 BUS
 Řádek Z7 typ 80V6 se vřadkem, s integrovaným hydraulickým posuvákem

PĚROVÁNÍ

Integrovaný pneumatikový přenosník se zajištěním stability vozů

VZDUCHOVÝ OKRUH

Vzduchový kompresor 620 cm³ (bak 1,25 MPa)
 Vývodník vřadkem, odvětrávací olej
 Ruční odvětrávací křídlo na vřadkem a na přepojkách na vřadkem

BRZDY

Provozní brzda s pneumatikovým odvětráním, koloučkovou vřadkem a vřadkem
 Systém proti zablokování kol ABS
 Nedávání ovládací vřadkem a vřadkem
 Parkovací brzda s přenoskem na zadních brzdách
 Se systémem ADR
 Vřadkem systém při poklesu tlaku na zadní nápravě
 Elektrická zastavovací brzda

RETARDÉR

Hydraulický retardér spojený s provozní brzdou
 5 ručním odvětráním nebo bez

NÁDRŽE

8 kompostních nádrží po 158 litrech (126 litrů)
 Přehled na pravé straně

KOLA A PNEUMATIKY

Pneumatiky 275/70 R 22,5 MIC-ELIN, HATAOOR nebo BARUM