



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra vozidel a motorů

Studijní rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jméno a příjmení **Le Tien Quan**
Obor **B2341 Strojírenství**
Zaměření **2032R022 stroje a zařízení**
 dopravní stroje a zařízení

Ve smyslu zákona č. 111/1988 Sb, o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

ADAPTACE AUTOMOBILOVÉHO MOTORU PRO PROVOZ NA PALIVO E85

Zádady při vypracování:

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

Cílem práce je teoretické a experimentální vyšetření možnosti provozu zážehových motorů na alkoholová paliva, konkrétně paliva E85 (85% etanol) či jeho směsi s benzínem. Konkrétní výběr motoru proveďte na základě konzultace s vedoucím práce.

1. Na základě studia literatury nebo vlastních měření popište typické provozní podmínky automobilového motoru ve zvoleném typu vozidla.
2. Navrhněte konkrétní směsi paliva, provozní režimy, které budete dále vyšetřovat a potřebné kroky pro adaptaci vybraného motoru pro tyto podmínky.
3. Navrženou adaptaci na zvoleném vozidle realizujte. Adaptace musí být vratná.
4. V případě konstrukčních úprav vyhotovte výkresovou dokumentaci. V případě zásahu do elektrického systému vozidla vyhotovte schéma zapojení.

5. Ve vybraných provozních režimech proved'te zkoušky, nejprve na benzín a poté s využitím alkoholového paliva. Proved'te rozvahu vlivu vyšetřovaného paliva na maximální výkon, měrnou spotřebu paliva, teplotu výfukových plynů, bohatost směsi a výfukové emise plynných látek.

Anotace

Práce se zabývá podmínkami a možnostmi provozu zážehových motorů na alkoholová paliva a jejich směsi, konkrétně na E85. Část práce je také věnována úpravě původně zážehového motoru, který umožňuje provoz na směsná paliva 15% benzín- 85 % ethanol. Dále jsou stanoveny provozní parametry motoru.

Annotation

The project deals with the possibility of spark ignition engines operating on alcohol fuels E85 and their mixtures. Part of the work is devoted to modifying the original spark ignition engine, which allows operation on biodiesel 15% gasoline-85% ethanol. It also deals with the operating parameters of the engine.

Místopřísežné Prohlášení:

Místopříšerně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího práce a konzultanta.

V Liberci dne 21.5.2013

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval za pomoc při vypracování mé bakalářské práce

Michal Vojtíšek, M.Sc. Ph.D

Ing. Martin Pechout

Ing. Martin Mazač

Obsah:

	Str:
1	<u>Úvod</u>
2.1	Doprava a životní prostředí
2.2	Doprava a životní prostředí v ČR
3.1	Obnovitelné zdroje energie
3.2	Alternativní paliva
4	<u>Alkoholy</u>
4.1	Čisté alkoholy
4.1.1	Vozidla provozovaná na definovanou směs paliva
4.2	FFV vozidla
4.3	Vozidla s naftovým motorem
4.4	Palivové směsi
4.5	Neupravený motor provozovaný na směs Benzín-ethanol
5.1	Methanol
5.1.1	Vlastnosti methanolu
5.1.2	Výroba methanolu
5.2	Butanol
5.2.1	Vlastnosti butanolu
5.2.2	Výroba butanolu
5.3	Ethanol
5.3.1	Vlastnosti ethanolu
5.3.2	Výroba ethanolu
5.3.2.1	výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry
5.3.2.2	výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob
5.3.2.3	výroba bioethanolu z lignocelulosové biomasy
6.1	<u>Využití bioethanolu v zážehových motorech</u>
6.1.1	Směsi s nízkým obsahem bioethanolu
6.1.2	Směsi s vysokým obsahem bioethanolu
6.2	Úprava motoru
6.3	Dostupnost biopaliva E85 v ČR
7.1	Emise
7.2	Zhodnocení ekologického potenciálu biopaliva
7.3	Ekonomické zhodnocení při použití paliva E-85
8.1	<u>Teorie úpravy motoru</u>
8.1.1	Úvod
8.2	Experimentální měření
8.2.1	Parametry vozidla a motoru
8.2.2	Provedení a Parametry řídicí jednotky
8.2.3	Aparatura
9.1	Instalace
9.1.1	Instalace přídatné řídicí jednotky
9.1.2	Instalace aparatury
9.1.3	Jízda

9.1.4	Výsledky a srovnání	45
10.1	<u>Závěr</u>	53
	Seznam použité literatury	55

Seznam použitých symbolů:

kW	Kilowatt
min^{-1}	Otáčky za minutu
mm	Milimetr
Dm^3	Decimetr krychlový
H_u	Výhřevnost
m_{pe}	Měrná spotřeba
p_{ef}	Efektivní výkon motoru
p_a	Plnicí tlak
p_v	Střední tlak ve výfukovém potrubí
T_a	Tep. Nasávacího vzduchu
p_i	Indikovaný tlak
p_e	Efektivní tlak
p_{max}	Max. tlak
n	Otáčky
η_m	Mechanická účinnost

Seznam použitých zkratk:

CO2	Oxid uhličitý
NOx	Oxid dusíku
VOC	Organické látky
SO2	Oxid siřičitý
HC	Uhlovodík
PM	Polétavý prach
CO	Oxid uhelnatý
N2O	Oxid dusný
CH4	Methan
Pb	Olovo
LCA	Life Cycle Analysis
CNG	Stlačený zemní plyn (compressed natural gas)
RME	Řepkový metylester
LPG	Zkapalněný ropný plyn
DPH	Daň z přidané hodnoty
L	Litr
Kč	Korun
FFV	Flex-fuel vehicle
ETBE	Ethyl-terc. Butyl éter.
TZL	Tuhé znečišťující látky

ÚVOD:

V dnešní době na světě jezdí skoro 1,015 miliadr osobních automobilů a do roku 2050 jejich počet může dosáhnout až 2,5 miliard (12) . Zvyšování počtů osobních automobilů je kolem 4-5 % ročně. Na 1000 obyvatel v Evropské území připadají 442 automobily, zatímco v okolním světě „jen“ 85 automobilů. (1)

Doprava zboží, osob a služby je jedné z nejvíce se rozvíjejících průmyslových odvětví. Svojí závislostí na fosilních palivech je jedním z největších problémů životního prostředí naší dnešní doby. Vědci hledají nové cesty, jak pohánět dopravní prostředky a vozidla.

V vyspělých zemích například v Americe nebo Evropě se neustále zvyšují objemy přepravy. Zhruba polovina populace planety žijící ve vyspělých zemích stále více využívá možností přepravy zboží, služeb a osob k uspokojování svých potřeb. Tyto výhody ale vedou ke stále většímu poškozování našeho životního prostředí, a to jak v lokálním, tak v celosvětovém měřítku.

Dopravní prostředky v současné době většinou využívají pro svůj pohon paliva, které má fosilní původ například: benzín, nafta nebo zemní plyn. Spotřeba energie pro dopravu a dopravní služby se už blíží 40 % z celkové spotřeby energie na světě. A stále se výrazněji projevuje vliv trvale rostoucí produkce skleníkových plynů CO₂ na klimatické podmínky planety (hlavně na ozonovou vrstvu), tím potvrzuje že fosilní zdroj energie by měl brzy docházet. Proto přechod sektoru dopravy na trvale udržitelný způsob je zásadní podmínkou pro jeho dalšího rozvoje. Globální změny klimatu stejně jako zajištění nových energetických zdrojů pro příští generace se stávají vážným problémem ve všech vyspělých státech. Některé země si uvědomují zodpovědnost nejen za budoucnost vlastního národa, ale i za budoucnost celé planety a v tomto směru již učinily mnoho užitečného.

2.1 Doprava a životní prostředí

Ve velkém (celosvětovém) měřítku se dá snižovat produkci skleníkových plynů unikajících do ovzduší při výrobě energie z fosilních zdrojů zaváděním efektivnějších způsobů výroby a distribuce energie. Ale situace v produkci skleníkových plynů způsobením dopravními prostředky se stále zhoršuje a zatím se nedá zastavit.(1)

Následující údaje o emisích CO₂ názorně ukazují podíl na tvorbě emisí CO₂ v Eurovských zemích v posledních několika letech:

Sektor	Podíl na tvorbě emisí CO ₂ (%)
tepelná výroba elektřiny	29
průmysl	17
silniční doprava	27
domácnosti	21
ostatní	6

Tab.1. Podíl sektorů na tvorbě emisí CO₂ v zemích EU (7)

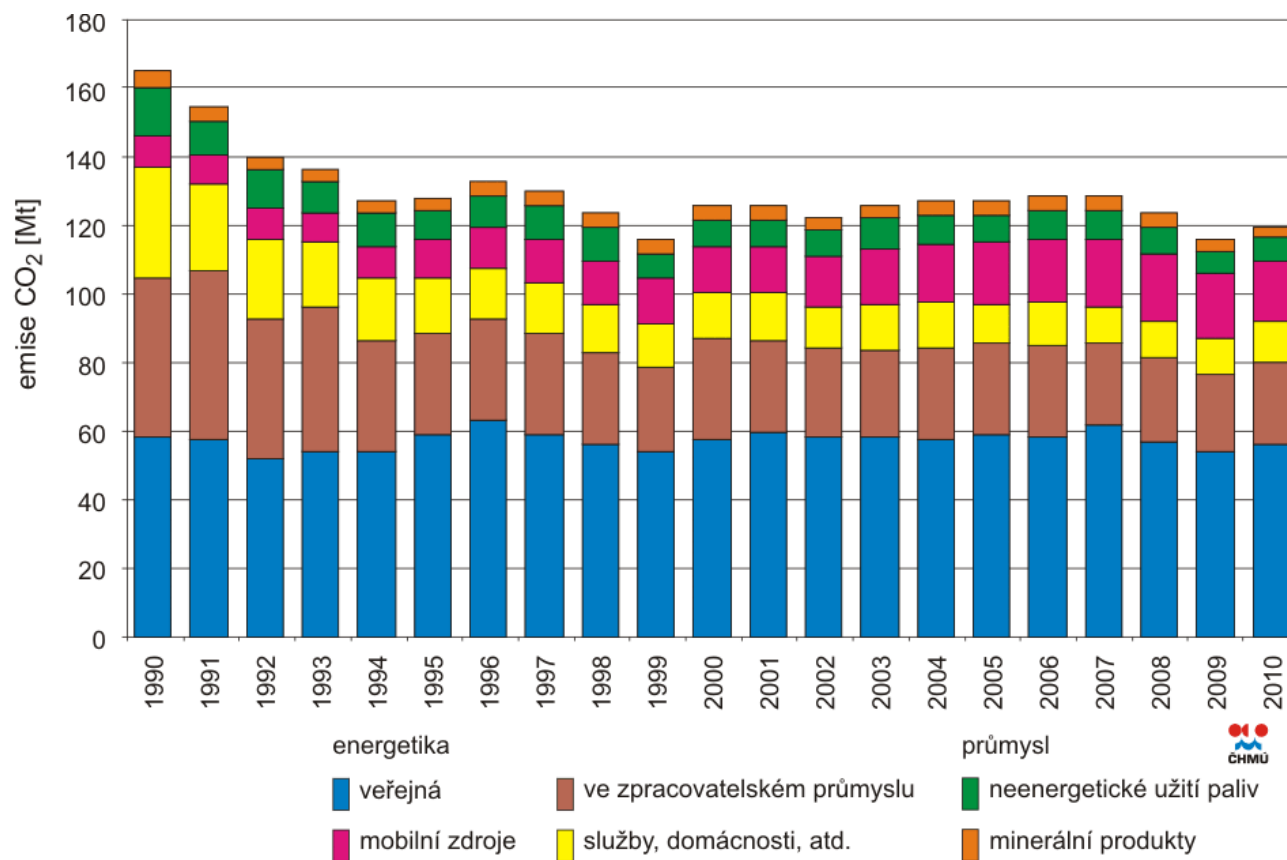
Mezi příčinami, proč se stav znečištění a tvorby skleníkových plynů zhoršuje právě tímto směrem to je dramaticky rostoucí počet obyvatel na planetě, a z toho vyplývá:

- trvale rostoucí požadavky a potřeby na přepravu osob, zboží a služeb
- trvale rostoucí počet dopravních prostředků -automobilů pro osobní přepravu i pro přepravu zboží.

2.2 Doprava a životní prostředí v České republice

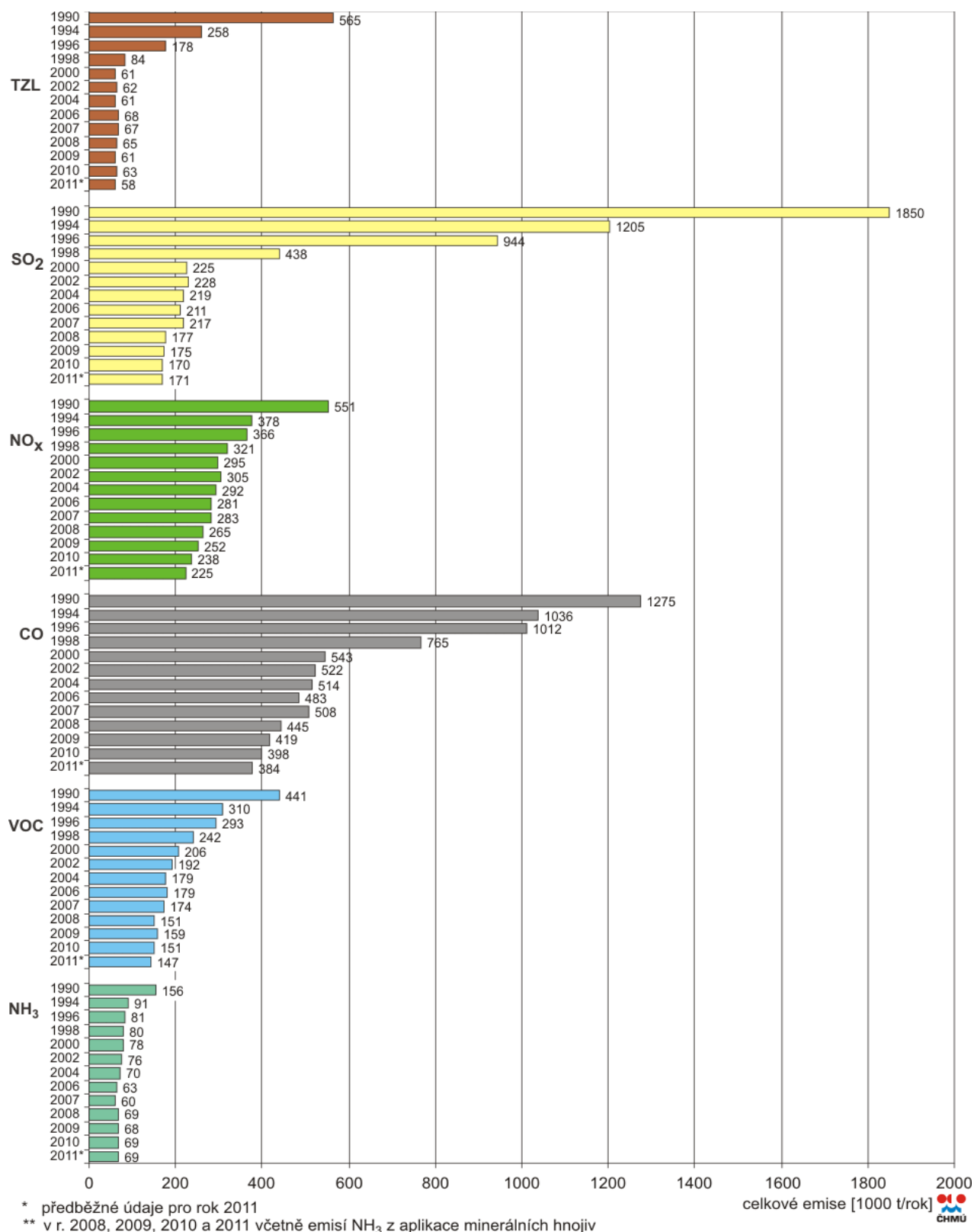
Situace v České republice je v postatě analogicky ke světovému vývoji. V průběhu posledních deseti let se podařilo dosáhnout výrazného snížení produkce všech škodlivin včetně CO₂ u stacionárních zdrojů energie, zatímco znečištění prostředí z dopravy pořád ukazuje trvalý nárůst.

Při tom je také nutné si uvědomit, že většina část škodlivin z výfukových plynů byla dopravními prostředky vyprodukována právě v místech s hustou dopravou, to je ve velkých městech, kde žije většina populace.(1)



Emise oxidu uhličitého v sektorovém členění, 1990–2010

Obr. 1 . Emise oxidu uhličitého v sektorovém členění (7)



Celkové emise základních druhů látek znečišťujících ovzduší v České republice, 1990–2011

Obr. 2 (7)

3.1 Obnovitelné zdroje energie

Rozsah poškození a změny životního prostředí na této planetě způsobené využíváním konečných zásob z fosilních zdrojů k získávání energie jsou důvody k hledání nových zdrojů energie, které budou i ve budoucnosti na planetě k dispozici v dostatečném množství a jejichž dlouhodobě využívání nebude mít velké negativní dopady na životní prostředí jak v lokálním tak v globálním měřítku.

Jediným obnovitelným zdrojem energie pro naši planetu je Slunce. Za hodinu ze slunce dopadne na povrchu Země takové množství energie, které spotřebujeme za jeden rok. Technologie, které umožňuje přímou přeměnu slunečního záření na tepelnou a elektrickou energii jsou známy a využívány (např: solární panely atd...). Množství energie, které jsme schopni využít, je však velmi málo, protože účinnosti takových zařízení jsou zatím velmi nízké. Důvodem je nízká hustota energie přímého slunečního záření, dále jsou problémy se „skladováním“ a „distribucí“ získané energie. Energie přímého slunečního záření není také k dispozici rovnoměrně na celé planetě.(1)

Příroda však dokáže sluneční energii „skladovat“ i v jiných podobách, to jsou fotosyntézy v molekulách celulózy, ligninu, škrobu, cukrů a tuků – obecně nazývané biomasy. Biomasa tedy splňuje tři hlavní podmínky pro zdroje energie umožňující trvale udržitelný rozvoj:

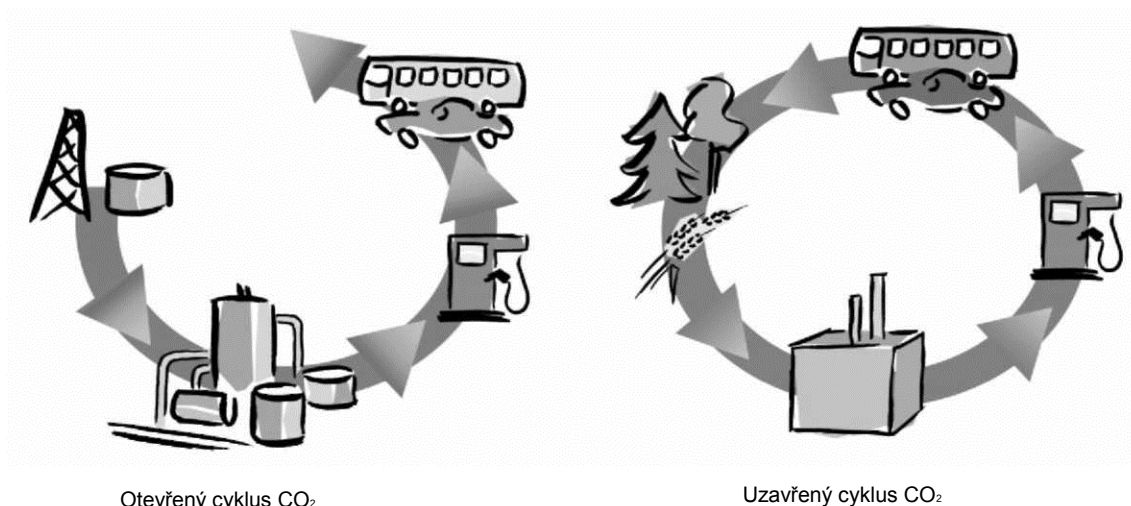
- je trvale obnovitelná
- je k dispozici prakticky ve všech oblastech planety
- využívání energie vyráběné z biomasy nemá negativní dopad na životní prostředí.

Hlavní a zásadní výhoda využití biomasy k získané energie z hlediska emisí oxidu uhličitého CO₂ proti fosilním palivům energie spočívá v takzvaném „životním cyklu“ oxidu uhličitého CO₂:

V případě fosilních zdrojů energie se jedná o „otevřený cyklus“ oxidu uhličitého, jehož důsledkem je neustálé zvyšování koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře.

V případě biomasy je „životní cyklus“ oxidu uhličitého uzavřený. To znamená, že oxid uhličitý, který se uvolňuje do ovzduší při získávání energie, se opět při tvorbě biomasy spotřebuje.

Důležitou vlastností biomasy je, že lze jejím zpracováním získat všechny druhy energie používané v současné době. Z biomasy lze vyrábět energii tepelnou, elektrickou, lze ji transformovat na palivo pro pohon dopravních vozidel.



Obr. 3. (1)

3.2 Alternativní paliva

Současný dopravní sektor je prakticky 100 % závislý na palivech fosilního původu vyráběných z ropy nebo na fosilním zemním plynu. Alternativními palivy se rozumí všechny paliva, která je mohou nahradit. Alternativní paliva mohou být vyrobená jak z fosilních tak i z obnovitelných surovin. (1)

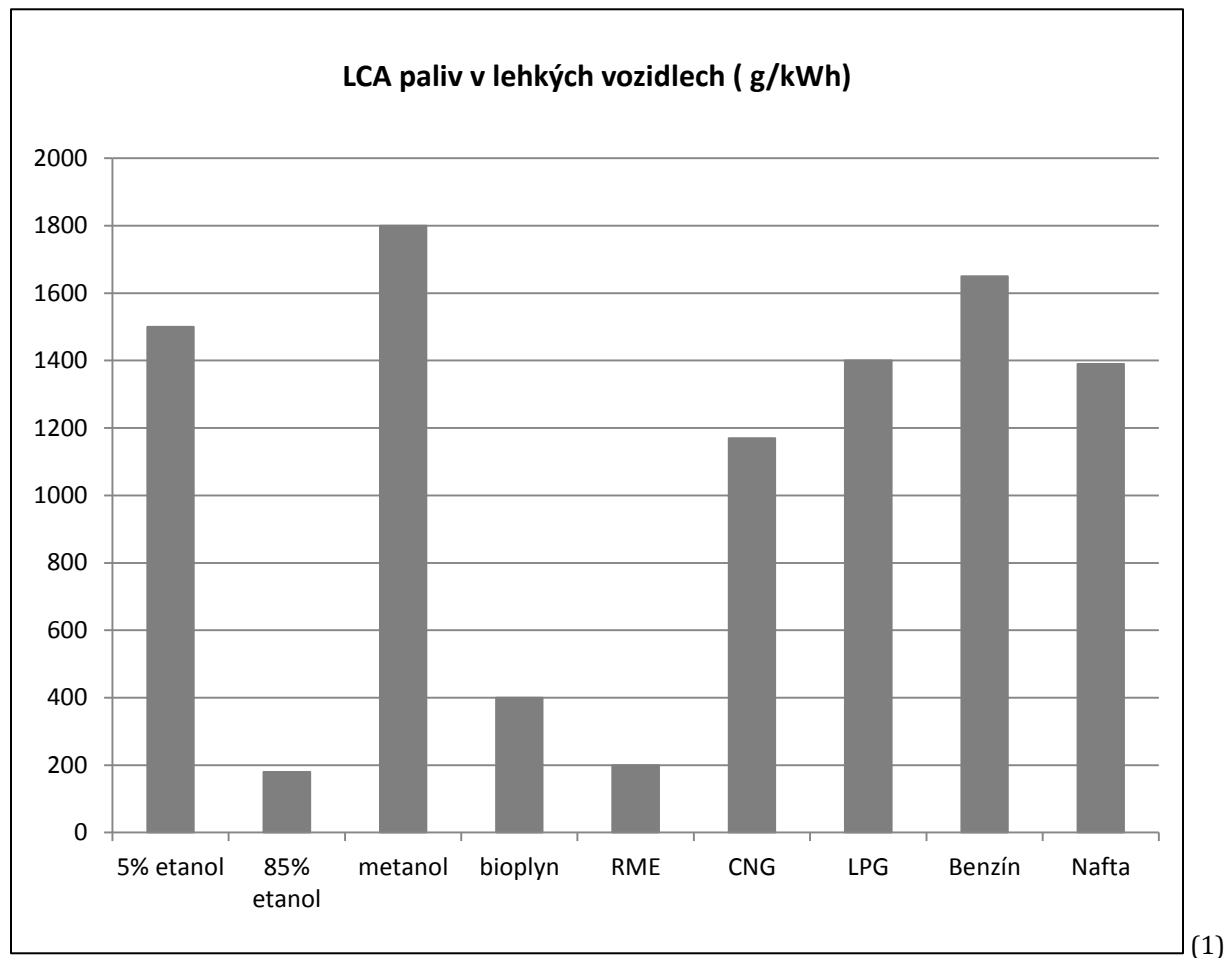
Využitelnost alternativních paliv závisí na tom, zda jsou příznivější z hlediska vlivu na životní prostředí a zda je z technického a z finančního hlediska možné, aby se stala všeobecně dostupnými v přijatelně vzdálené budoucnosti.

Počet alternativ, které mohou být zajímavé a které jsou založeny na obnovitelných zdrojích energie, je celkem nízký. Používány mohou být zejména bioalkoholy. Ve velkém měřítku to může být také bioplyn, jestliže jako suroviny k jeho výrobě budou použity odpady nebo vhodné energetické plodiny.

O tom, zda palivo zůstane v kategorii málo používaných nebo se stane všeobecně používaným, rozhodnou především ekonomické aspekty charakterizující jeho výrobu a užití.

Důležitým kritériem pro stanovení perspektivnosti alternativního paliva je vyhodnocení jeho životního cyklu (LCA - Life Cycle Analysis), což prakticky znamená určení množství

oxidu uhličitého, které se uvolní do atmosféry v průběhu výroby, při přepravě a při užití určitého paliva. (1)



Obr. 4. LCA paliv v lehkých vozidlech

4. Alkoholy:

Alkoholy byly používány jako palivo již v počátku motorismu. V současné době alkoholová paliva mají velký význam z hlediska ochrany životního prostředí a náhrady paliv s fosilním původem. Alkoholy nabízejí široké možnosti použití, zejména jako paliva pro dopravní prostředky a v průmyslu. (11)

Nejčastěji používané alkoholy jsou etanol a methanol, oba mají jako motorová paliva svoje výhody, ale tak i nevýhody. Tato paliva jsou výhodná pro použití v zážehových motorech,

po provedení určitých úprav je lze spalovat i v naftových motorech. Srovnání parametrů alkoholu s benzínem a naftou je uvedeno v tabulce

Charakteristika	Jednotky	Etanol	Benzín	Nafta
Bod varu	°C	78,3-78,5	27-225	188-340
Hustota	kg/dm ³	0,792	0,72-0,78	0,81-0,88
Tlak par	kPa	15-17	50-100	0,1-0,15
Výparné teplo	kJ/kg	842-930	330-400	225-600
Teplota samovznícení	°C	365-425		204-260
Adiabatická teplota hoření	°C	1930	1977	2054
Energetický obsah (max)	kJ/kg	29,7	47,0	45,6
Energetický obsah (max)	kJ/l	23,4-23,6	34,8-35,2	38,66-38,8
Energetický obsah (min)	kJ/kg	26,7-27,0	42,0-44,0	42,8-45,3
Energetický obsah (min)	kJ/l	21,1-21,2	30,4-33,2	35,9-36,6
Cetanové číslo		8		40-60

Tab. 2. Srovnání parametrů alkoholu s benzínem a naftou (1)

Jedna z vlastností alkoholů, která z nich dělá vhodné palivo pro zážehové motory, je jejich vysoké oktanové číslo. Oktanové číslo charakterizuje sklon paliva k samovznícení při vysokých tlacích a teplotách. V zážehových motorech dochází k iniciaci hoření směsi paliva se vzduchem za definovaných podmínek a je způsobeno elektrickou jiskrou. Vysoké oktanové číslo v praxi znamená, že ke spálení paliva dojde při vyšším kompresním tlaku. To vede k efektivnějšímu využití paliva a tedy i k jeho menší spotřebě a vyššímu výkonu motoru. (11)

Na palivo pro dieselové motory jsou kladeny opačné nároky. Palivo pro naftové motory se musí samo vzněcovat při chodu motoru. Palivo je v dieselovém motoru vstřikováno v okamžiku, kdy teplota a tlak ve válci jsou nejvyšší. Palivo po vstříknutí do válce musí co nejrychleji shořet. Pro označení schopnosti paliva k samovznícení je používáno: cetanové číslo. Čím vyšší je cetanové číslo, tím snadněji se palivo samo vzněcuje při vysokých teplotách a tlacích. Normální nafta má cetanové číslo kolem 40 až 60 jednotek, přitom cetanové číslo metanolu a etanolu je pouze v rozmezí 5 až 8 jednotek. Za účelem zvýšení cetanového čísla alkoholu se musí přidávat aditivum označované jako „ignition improver“ aby umožňoval směs paliva etanolu-nafty samovznítit. (11)

Z hlediska bezpečnosti práce je etanol méně nebezpečný než nafta a benzín. Etanol má nízkou toxicitu a je relativně neškodný v přiměřených dávkách. Je neomezeně rozpustný ve

vodě a přírodní bakterie jej rychle rozkládají na CO₂ a vodu. K vyloučení záměny s potravinářským alkoholem musí být palivový etanol denaturován přidáním látek se specifickou chutí či vůní.

Naproti tomu metanol je vysoce toxický a manipulace s ním podléhá přísným předpisům. Již množství metanolu menší než 15 ml může způsobit oslepnutí nebo i smrt. Vzhledem k toxicitě může jeho rozlití nebo únik způsobit vážné ekologické problémy.

Z hlediska hořlavosti jsou etanol a metanol, stejně jako benzin, klasifikovány ve třídě 1, naproti tomu nafta je ve 3. třídě hořlavosti. Tomu musí odpovídat vybavení na skladování a přepravu. Alkoholy mají nízkou zápalnou teplotu a hoří slabě svítivým plamenem. Jejich hašení je však nepoměrně snazší než hašení benzínu nebo nafty.

palivo	hustota a kg/m ³	destilační rozmezí (°C)	zápalná teplota (°C)	teoretická potřeba vzduchu kg/kg	hranice zápalnosti % objem paliva ve vzduchu
automobilový benzín	~750	40-200	~500	14,7	1,4 - 7,0
motorová nafta	~840	180-380	~345	14,5	-
etanol	790	79	~430	9,1	2,6 - 19,0
metanol	800	65	~470	6,4	5,5 - 36,5

Tab. 3. Fyzikální vlastnosti některých kapalných paliv (4)

4.1 čisté alkoholy:

Aby automobily se zážehovými motory mohly používat etanol pro svůj pohon, musí se jednat o etanol bezvodý. Ten je pak možné smíchat s benzínem, protože etanol má nižší výhřevnost a vyšší výparné teplo ve srovnání s benzínem, může působit problém při spouštění motoru. Přítomnost benzínu usnadňuje vznícení paliva za nízkých teplot. V zásadě přichází v úvahu dva různé typy vozidel.

4.1.1 Vozidla provozovaná na určitou směs paliva

Vozidla vybavená motory seřízenými na spalování pouze přesně definovaných směsí etanolu s benzínem jsou ve velkém rozsahu používány převážně v Brazílii a Americe. Obsah benzínu v těchto palivech se pohybuje od 5 % až do 22 %. (4)

4.2 FFV vozidla

Další možností je využití takových vozidel, jejichž motory jsou schopny spalovat směsná paliva s obsahem etanolu od 0 % do 85 %. Vozidla označovaná jako FFV (Fuel Flexible

Vehicles) jsou vybavena čidlem, které po každém natankování provede analýzu paliva v nádrži tak, aby zjistil obsah etanolu v natankovaném palivu, dále jsou FFV vozidla vybavena elektronickou řídicí jednotkou, která podle výsledku analýzy paliva provede nastavení provozních charakteristik motoru pro dané palivo. Díky zlevnění výroby čidel složení paliva a elektronických řídicích jednotek v poslední době je možné vyrábět a prodávat osobní automobily v provedení FFV za stejné ceny jako automobily na klasický benzin. Například firma Ford prodal od roku 2001 do 2005 na švédském trhu 14000 osobních automobilů Focus FFV za cenu dokonce nižší, než je cena benzinové verze. (10) FFV vozidla jsou velmi vhodná pro uvedení etanolových paliv na trh. Vzhledem k jejich palivové flexibilitě je lze normálně používat i v situaci, kdy pro etanolová paliva ještě není vytvořena odpovídající distribuční síť čerpacích stanic.

4.3 Vozidla s naftovým motorem

Těžká vozidla např: nákladáky, autobusy..atd používají většinou diesellové motory, pro taková vozidla jsou již v současné době k dispozici technická řešení umožňující používat etanol nebo směs etanol-nafta jako palivo. V tomto případě se do paliva přidává látka, která upravuje teplotu vznícení paliva. V Japonsku jsou vyvíjeny vznětové motory používající jako palivo etanol, u takových motorů jsou vybavené speciálními svíčkami, které umožňují efektivně spalovat palivovou směs etanol-nafty. Další výrobce jako: Volvo, Scania nyní také vyrábí vznětové motory provozované na palivo E-95 s 95% obsahem etanolu.(4)

4.4 Palivové směsi:

Pro rychlejší zavedení etanolu jako paliva pro motorová vozidla ve velkém měřítku může být použito míšení malých množství etanolu s benzinem, případně s naftou.

Do současných benzínů se také přidávají látky, které zvyšují obsah kyslíku v palivu a tedy oktanové číslo, to jsou tzv. oxygenanty. Takovým benzínům říkáme reformulovaná paliva. V souladu s doporučeními Rady EU by ale celkový obsah kyslíku v reformulovaných benzínech nesmí být vyšší než 2,3 % hmotnostní (4). Důvodem tohoto omezení je, že u motorů starších vozidel dochází při vyšším obsahu kyslíku v palivu ke zvýšení obsahu oxidů dusíku ve výfukových plynech.

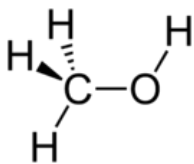
4.5 Neupravený motor provozovaný na směs Benzín-ethanol

Dnešní moderní motory již nabízí větší flexibilitu a jsou schopny spalovat směsi s obsahem etanolu do 15 až 20 % bez negativních dopadů na složení výfukových plynů a provozní charakteristiky motoru. Prakticky všechny vyráběné automobily v současné době jsou vybaveny takovými motory.

Energetický obsah etanolu na jednotku hmotnosti je sice o 1/3 nižší než energetický obsah benzinu. Ale vzhledem k lepším podmínkám hoření směsi benzinu s etanolem ve válci zážehového motoru je spotřeba směsného paliva (20 % etanolu) skoro stejná jako při provozu na samotný benzín.(4)

Dále vysoké oktanové číslo etanolu dává možnost při konstrukci zážehového motoru na směs benzín-etanol zvyšovat kompresní poměr a čímž dosahovat vyšší termodynamické účinnosti a nižší spotřeby paliva.

5.1 Methanol

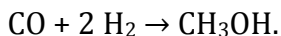


5.1.1 Vlastnosti methanolu:

Methanol je nejjednodušší alifatický alkohol. Používá se pro něj též dnes již zastaralý název dřevný líh či dřevitý líh. Methanol je bezbarvá, alkoholicky páchnoucí kapalina, neomezeně mísitelná s vodou. Je těkavý, hořlavý a silně jedovatý, což je problém při záměně s ethanolem. Methanol vzniká i při alkoholovém kvašení, ale jen v malém množství a není nikoliv v dostatečném množství, aby mohlo být životní ohrožující (povolené množství je 12 gramů na litr). Konzumace vyšší množství methanolu může docházet ke ztracení zraku a smrti.(11)

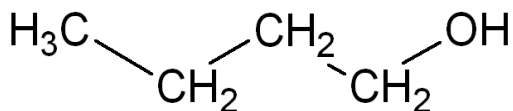
5.1.1 Výroba methanolu:

Původně se methanol vyráběl suchou destilací dřeva, především bukového, při kterém vzniká směs methanolu, kyseliny octové a acetonu. Octové kyseliny a aceton se pak oddělí a zůstává methanol. Právě podle této metody výroby dostal methanol název: dřevný líh. V současné době v průmyslu se methanol vyrábí metodou katalytické hydrogenace oxidu uhelnatého z vodního plynu, tj. směsi vodíku a oxidu uhelnatého za teplotu cca 250 °C a vysokých tlaků (od 5 až 10 MPa) a za přítomnosti katalyzátorů na bázi směsi mědi, oxidu zinečnatého a oxidu hlinitého podle následující rovnice:



Tato reakce je vratná, za nižších teplot a tlaku s přítomnosti solí se tato reakce probíhá opačně.

5.2 Butanol



n-butanol (11)

5.2.1 Vlastnosti methanolu:

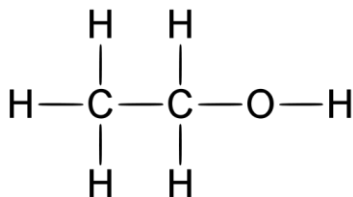
Existuje několika typu butanolu například: iso-butanol, n-butanol, sec-butanol, terc-butanol ale n-butanol je na trhu nejrozšířenější. n-butanol nebo alkohol butyl, je primární alkohol s 4 struktura uhlíku a molekulární vzorec C₄H₉OH. Butanol patří k vyšším alkoholům. N-butanol je původně používáno jako rozpouštědlo v mnoha chemických a textilních procesech, jak přechodný v syntéze chemikálie, a také jako palivo. N-butanol lze spalovat v zážehových motorech bez jaké koliv úpravy. Má lepší vlastnosti než etanol, jeho výroba je však obtížnější.(11)

5.2.2 Výroba butanolu:

Nejvíce butanolu je průmyslově vyráběn od fosilních paliv. Nejvíce obyčejný proces začíná propylenem, který je přeměňován pomocí hydroformylace na formu butanal, ten je pak redukován s vodíkem na butanol.

Butanol může být produkován pomocí fermentace biomasy baktériemi (biobutanol) nebo lze také získat butanol jako vedlejší produkt aceton-butanolového kvašení.

5.33 Ethanol (láh)



5.3.1 Vlastnosti methanolu:

Etanol má mnoho vhodných vlastností pro pohon motorových vozidel, nejvýraznější jsou vysoké oktanové číslo a velké výparné teplo, díky kterému se dosahuje silného vnitřního chlazení spalovacího prostoru.

Problémem je ale nižší výhřevnost etanolu, která zvyšuje spotřebu paliva o cca 30% oproti benzínu pro dosažení stejného výkonu (11). Schopnost lihu navázat vodu zase na druhé straně při dlouhodobém skladování způsobuje narušování vlastností paliva, při určitém procentu obsahu vody v palivu začíná vznikat problémy se zamrzáním přírodního potrubí v zimním období a působuje korozi v nádobách. Použití etanolu jako palivo v zážehových motorech vyžaduje intenzivnější vyhřívání odlišně osazeného karburátoru a sacího potrubí, také mazací oleje pro motory poháněné lihovými palivy by měly být jinak konstruovány, aby umožňovaly bezproblémový chod motoru.

Láh se dá vyrábět z libovolné biomasy, nejlépe pro výrobu etanolu jsou biomasy, které obsahují větší procento cukru. U lihových směsí a bionaft se poukazuje na přínos

ekonomice v tom, že se mohou využívat nevyužívané zemědělské plochy, nezáleží na vysoké kvalitě pěstovaných plodin (může se využít i méně hodnotné půdy), zvýší se tak zaměstnanost v zemědělství a lesnictví. Poklesne závislost na dovozu ropy, biopaliva mají lepší složení spalin, jsou méně jedovaté a tvorba výfukových škodlivin je také nižší. Hlavní výhodou používání lihu jako paliva je, že se jedná prakticky o obnovitelný zdroj.

Etanol má v porovnání s benzinem nižší výhřevnost, vysokou odolnost proti klepání a vysoké výparné teplo. Kvůli nízké výhřevnosti je hmotnostní měrná spotřeba u etanolu vyšší než spotřeba na benzínu, měrná spotřeba paliva může být snížena u motorů na etanolová paliva, které mají vyšší kompresní. Pro dostatečnou dávku etanolu oproti spotřebě na benzínu je nutné upravit palivové příslušenství, tj. vstřikovací zařízení, řídicí jednotka tak, aby umožňovalo dosahovat zhruba 30% až 40% vyššího hmotnostního průtoku paliva do válců motoru.

Vysoká odolnost proti klepání umožňuje použití ethylalkoholu pro zážehové motory s vyšším kompresním poměrem, než je obvyklé u benzinových motorů aniž došlo ke klépání motoru (nebo tzv: detonační klepání, samovznícení paliva ve válci při vysokém tlaku). Kompresní poměr pro etanol je možné zvýšit až na 15:1. (kompresní poměr se u běžných zážehových motorů pohybuje od 8:1 do 13:1). Čím zvyšuje účinnost motoru.

Skupenské výparné teplo etanolu je v srovnání s benzinem vyšší a působí výraznější ochlazení palivové směsi přiváděné do motoru. Vysoké skupenské výparné teplo působí problémy při spouštění motoru za nižších teplot, hlavně v zimě, kdy je teplota stále pod nulou. Je tedy nutné použít pomocné zařízení pro spouštění za nízkých teplot například topné těleso v sacím potrubí, případně spouštět motor na benzin a pak na etanol. Pro motory speciálně upravené pro provoz na etanol se používá převážně směs označovaná E85, obsahující 85 % ethylalkoholu a 15 % benzínu. Toto palivo obsahuje téměř 30 % kyslíku a má vysoké oktanové číslo (110). Nejvíce vozidel s motory na palivo E85 je provozováno v Brazílii, Americe a ve Švédsku. Použití E85 jako palivo pro automobily nachází stále širší uplatnění.(11)

5.3.2 Výroba ethanolu:

Výroba bioethanolu je založena na principu fermentačního procesu, tj. působení enzymů (bílkovinných katalyzátorů) mikrobiálních buněk některých kvasinek, který se též nazývá kvašení. Proces probíhá převážně bez přístupu vzduchu, při němž provzdušnění kvasného média, hlavně na počátku fermentace, je příznivé pro nárůst buněk a jejich aktivitu.

Přímo zkvasitelné jsou jen monosacharidy, jejichž molekula obsahuje 6 uhlíků. Složitější sacharidy musí být před zkvašováním hydrolyzovány na monosacharidy působením vlastních enzymů mikroorganismů nebo přidáním látek, zpravidla kyselin, které hydrolyze způsobí. Podle druhu biomasy, z které se bioethanol vyrábí, lze výrobu ethanolu rozdělit do tří skupin:

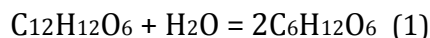
1/ výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa a cukrová třtina),

2/ výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob (obiloviny),

3/ výroba bioethanolu z lignocelulosové biomasy (sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky, odpad biologického původu, papír apod.).

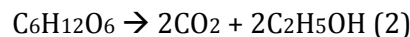
5.3.2.1 Výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry:

Výroba bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry jako cukrové řepy nebo třtiny je nejjednodušší způsob. Tyto suroviny obsahují sacharosu, která se dle rovnice (1) přemění na jednoduché cukry. Získané jednoduché cukry se pak dají jednoduše oddělit a fermentovat. I přes relativní jednoduchost výroby a větší přínos v eliminaci produkce skleníkových plynů není tento způsob výroby v České republice nejrozšířenější a převládá výroba bioethanolu z obilovin.



Před fermentací je cukrová řepa nebo třtina rozmělněna, cukry jsou odděleny pomocí vypírky vodou. Odpadem ze zpracování je dužnina a melasa.

Následuje kvašení ve fermentoru, při kterém jsou vzniklé sacharidy podle rovnice (2) zkvašovány kvasinkami na bioethanol C_2H_5OH a oxid uhličitý CO_2 .

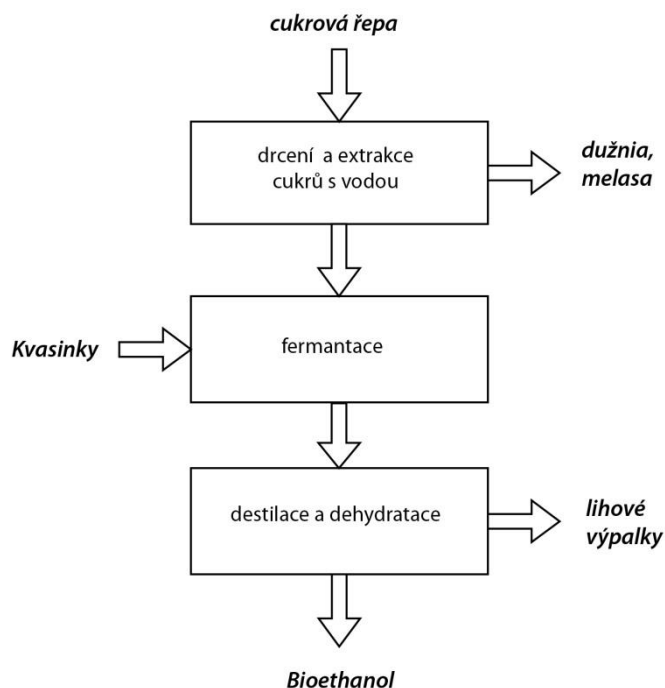


Pro správný průběh kvašení je potřeba dodržet $pH = 4$ až 6 a teplotu okolního prostředí v rozmezí od 27 až 32 °C.

Obsah ethanolu v kvasící zápaře je považováno 12 až 13 objemových procent, v praxi bylo dosaženo hodnoty až 24 objemových procent.(6)

Další fází výroby bioethanolu je proces destilace, při kterém dochází k oddělení destilátu (ethanolu) a destilačního zbytku. Následující rafinace slouží k odstranění vedlejších produktů fermentace, které mohou nepříznivě působit na součásti palivového systému automobilu a chodu motoru. Výsledkem rafinace je tzv. rafinovaný bioethanol, který obsahuje maximálně 95,5 % hmotnosti ethanolu a zbytek je voda. To je dáno tím, že ethanol s vodou vytváří azeotropní směs (směs o konstantním bodu varu), kterou nelze již destilací oddělit, proto je nutné použít dalších metod k jeho odvodnění. V současné době se

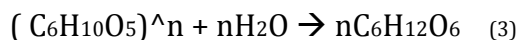
k odsranění vody nejčastěji používají tvz: molekulární síta (zeolity). Postup výroby bioethanolu z cukrové řepy nebo třtiny je znázorněn na obr. 5.



Obr. 5 Blokové schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry(6)

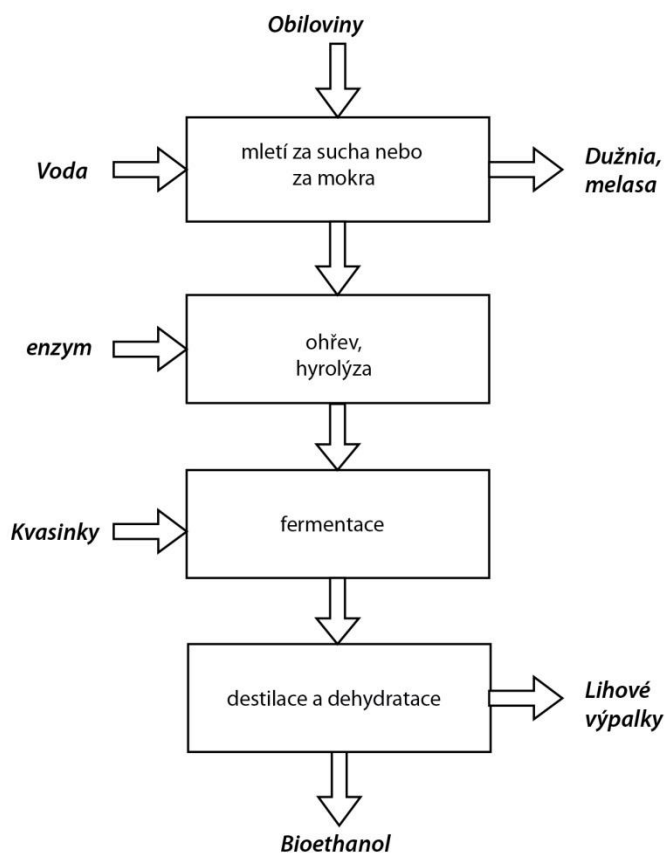
5.3.2.2 Výroba bioethanolu z biomasy obsahující škrob

První krok pro výrobu bioethanolu z biomasy obsahující škrob je mechanická předúprava (mletí nebo drcení) zrna. Tento proces probíhá buď za mokra, nebo za sucha. Tímto způsobem se surovina zpřístupní pro působení enzymů. Odpady tohoto procesu jsou vláknité slupky zrn a stébla. Dalším krokem výroby je příprava zápar (vařené směsi). V tomto procesu probíhá bobtnání a zmazovatění zrn škrobu. Škrob je postupně přeměn působením enzymů nebo kyselou hydrolýzou na sacharid (glukosu), Proces je znázorněn na rovnici. (3).



Následuje kvašení ve fermentoru, které probíhá za podobných podmínek jako v případě výroby bioethanolu z obilovin. Další úpravy surového bioethanolu (destilace, dehydratace)

jsou stěnné jako u výroby bioethanolu z obilovin. Postup výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob je schematicky znázorněna obr. 6.

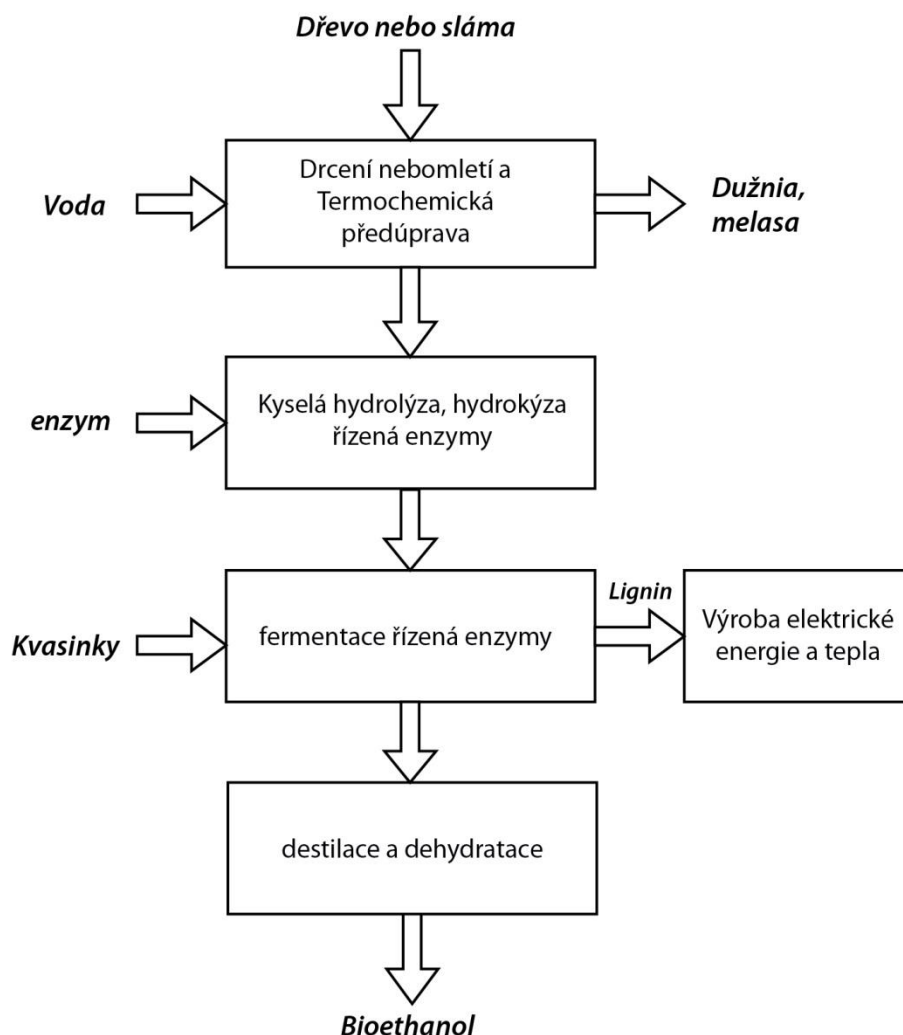


Obr. 6. Blokové schéma výroby bioethanolu z biomasy obsahující škrob(6)

5.3.2.3 Výroba bioethanolu z lignocelulosové biomasy

Technologie výroby bioethanolu z lignocelulosové biomasy je poměrně nákladná a komplikovaná. V současné době je předmětem intenzivní výzkumné činnosti a její komerční využití se předpokládá za několika let. Do okruhu surovin pro výrobu biopaliva patří rychle rostoucí energetické plodiny (vrba, blahovičnick eukalyptus), zbytky ze zemědělské produkce (sláma, řepné řízky, vylisovaná cukrová třtina), zbytky ze zpracování dřeva a další dřevnaté odpady (kůra, piliny) a organické podíly komunálního pevného odpadu (papír, lepenka). Široký okruh zdroje a vydatnost této suroviny je hlavním důvodem velkého zájmu o tuto surovinu. Zpracování lignocelulosové biomasy na

bioethanol vykazuje lepší energetickou bilanci tj:7,8 (6). Proces konverze lignocelulosové biomasy na bioethanol je nejčastěji používán hydrolýzou lignocelulosové biomasy na jednoduché fermentovatelné cukry, která je mnohem obtížnější než hydrolýza škrobu u biomasy pro biopaliva I. generace. Nejdelší proces je kyselá hydrolýza a hydrolýza pomocí enzymů 9. Postup výroby bioethanolu z lignocelulosové biomasy je schematicky znázorněn na obr. 7.



Obr. 7 .Blokové schéma výroby bioethanolu z lignocelulosové biomasy (6)

6.1 Využití bioethanolu v zážehových motorech

6.1.1 Směsi s nízkým obsahem bioethanolu:

U zážehových motorů je bioethanol převážně využíván v podobě nízkoprocentního přidávání bioethanolu do automobilového benzínu. Přidávání malého obsahu bioethanolu jen minimálně mění parametry benzínu a provozní charakteristiky motoru, proto a není tedy třeba žádných úprav spalovacího motoru.

Dle normy ČSN EN 228 lze do automobilového benzínu přimíchávat biosložku do maximálního podílu 5 obj.%. V současné době paliva N95 obsahuje 5% bioetanolu (6).

6.1.2 Směsi s vysokým obsahem bioethanolu:

Nízkoprocentuálním přimícháváním bioethanolu do paliva nemůžeme splnit cíl 10 % podílu biopaliv v dopravním sektoru. Proto pro dosažení je potřeba používat buď čistá biopaliva, anebo vysokoprocentní směsi biopaliva s benzínem.

U zážehových motorů vysokoprocentní směs biopalivo představuje palivo E85, směs obsahuje 85 % bioethanolu a 15 % autobenzínu natural 95.(1)

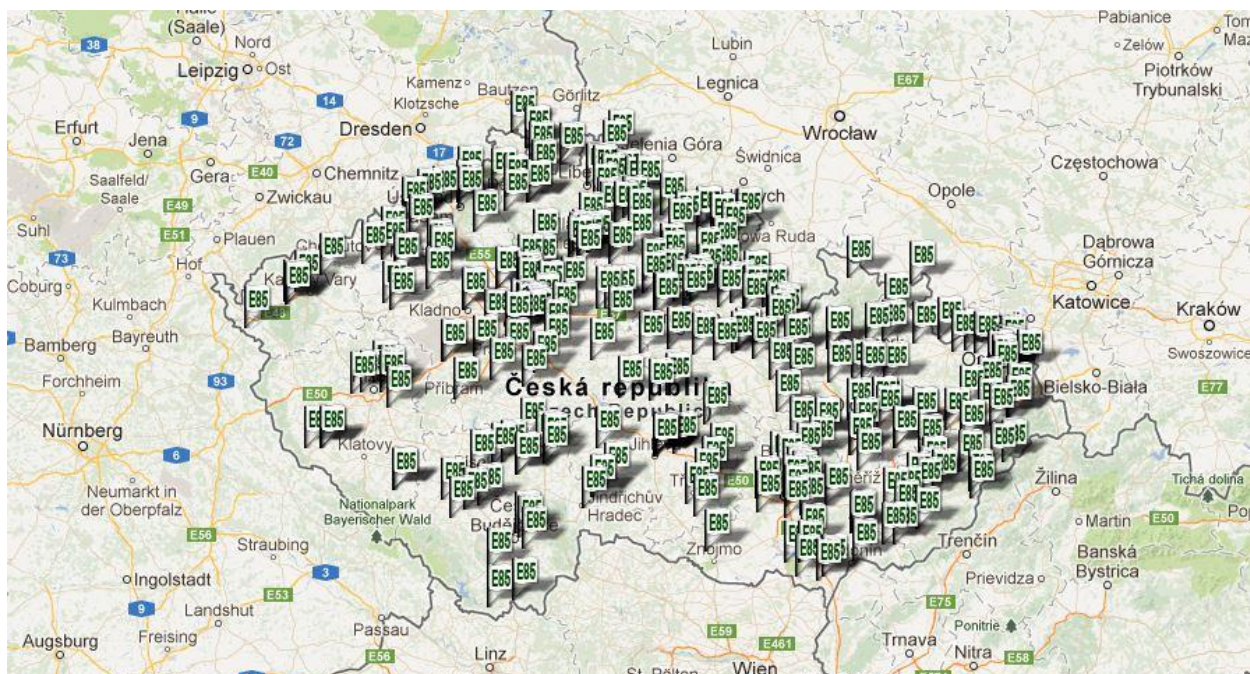
6.2 Úprava motoru:

Palivo E85 je možné spalovat i v běžných vozidlech se zážehovým motorem, je ale potřeba provést jednoduchou úpravu řídicí jednotky motoru, která spočívá v prodloužení doby vstřiku paliva. Cena takové přestavby se pohybuje v závislosti na výrobci zařízení a typu vstřikovací soustavy daného motoru v rozmezí 5 až 15 tisíc Kč.(1)

Je také možné upravit naftový motor tak, aby byl schopný spalovat E85 ale už je to náročnější a nákladnější úprava proto to tady nebudeme zabývat.

6.3 Dostupnost biopaliva E85 v ČR:

Palivo E85 je dneska běžně k dispozici u čerpacích stanic v západní Evropě. V roce 2008 začal náš největší výrobce bioetanolu (Dobrovický Tereos TTD, a. s.) vyrábět toto vysokoprocentní palivo i v ČR. České čerpací stanice v minulé době neprojevily velký zájem prodávat toto palivo. Důvodem byla zejména jeho vyšší cena způsobená relativně nákladnou výrobou bioetanolu a také malý počet automobilů, které ho mohou používat. Ale po přijetí nového zákona o spotřebních daních, která má obsahovat odpočet spotřební daně z podílu biosložky u paliva E85 a dalších biopaliv, došlo k výraznému snížení jejich ceny. Palivo E85 pak je schopen lépe konkurovat automobilovým benzinům. Proto zájem o něj výrazně stoupl a předpokládáme že zájem bude ještě stoupat v budoucnu . Dneska už lze koupit biopalivo E85 u každé druhé čerpací stanice. Následující obrázek ukazuje dostupnosti tohoto biopaliva v ČR .(1)



Obr. 8. dostupnost paliva E85 u čerpacích stanic v ČR (zdroj: www.maps.google.com)

7.1 Emise:

Možnost využití paliva E85 v běžném spalovacím motoru za využití úpravy řídicí jednotky byla zkoušena na Katedře vozidel a pozemní dopravy Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. Výsledky byly vyhodnocovány pomocí virtuální simulace evropského jízdního cyklu pro městský, mimoměstský a kombinovaný provoz. Souhrnné vyhodnocení spotřeby paliva a produkce jednotlivých složek škodlivých emisí přepočtené na jeden ujetý kilometr pro palivo natural 95 a E85 je uvedeno v tabulce (4)

Měrné emise	Městská jízda	Mimoměstská jízda	Kombinovaný provoz
Spotřeba paliva E85, g km ⁻¹	92	52	67
Spotřeba paliva natural 95, g km ⁻¹	63	35	45
CO ₂ na palivo E85, g km ⁻¹	218	122	158
CO ₂ na palivo natural 95, g km ⁻¹	225	126	163
CO na palivo E85, g km ⁻¹	0,27	0,26	0,26
CO na palivo natural 95, g km ⁻¹	0,43	0,33	0,37
HC na palivo E85, mg km ⁻¹	2,6	1,5	2
HC na palivo natural, mg km ⁻¹	3,2	2	2,4
NO _x na palivo E85, mg km ⁻¹	17	17,5	17
NO _x na palivo natural, mg km ⁻¹	24	25	25

Tab. 4. Srovnání emisí výfukových plynů pro E85 a benzín (4)

Výsledky ukazují na nárůst spotřeby paliva při použití paliva E85, jehož příčinou je nižší výhřevnost ethanolu vůči benzínu N95. Při kombinovaném způsobu provozu vzroste hmotnostní spotřeba paliva o 46,4 % (6). Výrazný nárůst spotřeby paliva nemusí být považován za negativní jev, je však nutné s nárůstem spotřeby paliva kalkulovat při stanovování ceny paliva E85. Přepočítaná cena na energetický ekvivalent benzínu musí být konkurenceschopná.

Výrazný přínos tohoto paliva je v produkci výfukových škodlivin: oxid uhelnatý CO, nespálené uhlovodíky HC, pevné částice PM a oxidy dusíku NOx. Produkce oxidu uhelnatého při spalování paliva E85 poklesne o 30 %, produkce nespálených uhlovodíků HC poklesne o 21 % a produkce oxidů dusíku NOx poklesne o 31 % (4). Uvažujeme-li kombinovaný způsob provozu. Příímý pokles v produkci CO2 je relativně nízký, jeho pokles je nutné hledat ve způsobu výroby ethanolu jako biopaliva.

7.2 Zhodnocení ekologického potenciálu biopaliva

Evropská unie přijala rozhodnutí dosáhnout do roku 2020 alespoň 20% snížení emisí skleníkových plynů ve srovnání s rokem 1990. Pro splnění tohoto úkolu navrhla EU do roku 2020 cíle: dosažení 20% podílu obnovitelné energie, zlepšení energetické účinnosti o 20 % a dosažení 10% podílu biopaliv na trhu s pohonnými hmotami v EU. Důvodem je zvýšení bezpečnosti dodávek energie prostřednictvím diverzifikace skladby pohonných hmot.(6)

Pro zavádění biopaliv v České republice, kromě výše zmíněného poklesu produkce emisí skleníkových plynů, jsou rozhodující tři důvody:

- biopaliva jsou obnovitelným zdrojem energie.
- používání biopaliv snižuje závislost na ropě, která má fosilní původ, pochází převážně z dovozu a její cena neustále kolísá - proto nelze předvídat její další cenový vývoj a hrozí její vyčerpitelnost.
- výroba biopaliv přináší další možnosti využití zemědělské půdy a je jednou z příležitostí pro vytvoření nových pracovních míst v zemědělství a lesnictví.

Bioetanol lze vyrobit z každé zemědělské plodiny, která obsahuje sacharidy, Například: od vojtěšky, brambory, obiloviny až po cukrovou řepu nebo třtinu. Surovinou může být také jakákoliv biomasa obsahující lignocelulózu např. dřevo, dřevěné piliny nebo odpady při výrobě celulózy a papíru. Z obilí a biomasy lze bioetanol vyrobit buď kyselou hydrolýzou pomocí kyseliny sírové, nebo vodní hydrolýzou za vyšších teplot a tlaků, podobně je to možné i kyselou hydrolýzou dřevěných pilin, štěpků nebo stružin.

Bioetanol lze používat na nízkoprocentní přimíchávání do automobilových benzínů, které se řídí zákonem č. 180/2007 Sb. (vychází z evropské směrnice 2003/30/ES) a na vysokoprocent-ní bioetanolové směsi, zejména palivo E85 skládající se z 85 % bioetanolu a 15 % benzínu Natural 95. Nízkoprocentní přimíchávání bioetanolu do cca 10 % objemových nepřináší pro spalování v motoru téměř žádný problém, a není tedy potřeba žádná úprava motoru. Vysokoprocentní směsi paliva ale nelze bez úprav spalovat v běžných motorech kvůli nízké výhřevnosti etanolu, tedy je nutné upravit motor tak a by byl schopný spalovat směs etanol-benzín bez potíží.

7.3 Ekonomické hodnocení při použití E85 jako palivo:

Podle údaje, které dává **ŠKODA AUTO A.S.**, běžné osobní auto spotřebuje okolo 5,9 l benzínu/100 km. (9)

Dle literatury (9) je spotřeba motoru provozovaný na E-85 o 1,4 násobek, takže spotřeba je $5,9 \cdot 1,4 = 8,26$ l/100 km

Předpokladané ujeté kilometry za rok je 10 000 km.

Prodejní cena Natural 95	
Cena bez DPH	35 Kč – 21% DPH = 27,7 Kč
Cena s DPH	35 Kč

Prodejní cena E85	
Cena bez DPH	26 Kč
Cena s DPH	26 Kč + 21% DPH = 31,46 Kč

Tab. 5. Srovnání prodejních cen E85 s benzínem (8)

Provoz na benzín

Průměrná spotřeba: 5,9 l/100 km

Roční kilometry: 10000 km

Spotřeba ročně: $\frac{10000 \cdot 5,9}{100} = 590 \text{ l/rok}$

Roční finanční náklad: $590 \cdot 35 = 20\,650 \text{ Kč/rok}$

Provoz na E-85

Průměrná spotřeba: $8,26 \text{ l/100 km}$

Roční kilometry: 10000 km

Spotřeba ročně: $\frac{10000 \cdot 8,26}{100} = 826 \text{ l/rok}$

Roční finanční náklad: $826 \cdot 26 = 21\,476 \text{ Kč/rok}$

Roční finanční náklad bez osvobození od daně: $21\,476 + 21\% \text{ DPH} = 25\,985 \text{ Kč}$

Souhrn:

Provoz na Natural 95	20 650 Kč/ rok
Provoz na E85 bez DPH	21 476 Kč/rok
Provoz na E85 s DPH	25 985 Kč/rok

Tab. 6. Souhrn ceny pro provoz na E85 a na benzín na jeden rok.

8.1 Teorie úpravy motoru

8.1.1 Úvod:

Vzhledem k vlastnosti ethanolu je k dispozici několik řešení úprav stávajících zážehových motorů, aby umožnil provoz na směs E-85

Aby motor mohl provozovat na směs Benzín-Ethanol, nejprve je nutné přidat paliva o větší množství

Konstanty:

Výhřevnost benzínu : $Hu_{benzín} = 42,5 \text{ MJ.kg}^{-1}$

Výhřevnost E85 : $Hu_{E85} = 29,24 \text{ MJ.kg}^{-1}$

Účinnost : $\eta_{c E85}, \eta_{c benzín} = 0,29$

Měrná efektivní spotřeba paliva vypočítáme pomocí vztahu:

$$m_{pe} = \frac{3600}{\eta_c \cdot Hu}$$

Po dosazení konstanty dostaneme výsledek:

$$m_{pe E85} = \frac{3600}{(0,29 \cdot 29,24)} = 423 \left(\frac{g}{kwh} \right)$$

$$m_{pe benzín} = \frac{3600}{(0,29 \cdot 42,5)} = 292 \left(\frac{g}{kwh} \right)$$

Ze získaných výsledků vidíme že motor na E85 spotřebuje o $\frac{423}{292} = 1,44$ krát více paliva než obyčejný motor na benzín.

Ke zvýšení přívodu paliva do válců jsou dva způsoby:

- 1/ Zvětšit průměr vstřikovače
- 2/ Zvýšit tlak vysokotlakového čerpadla.
- 3/ Prodloužit dobu vstřikování paliva, čímž dostaneme více paliva do válců.

Druhý způsob je komplikovaný, složitý a nákladný protože je potřeba zasahovat do konstrukce motoru, upravit nebo vyměnit různé komponenty palivového systému.

Třetí způsob je o mnohem jednodušší, rychlejší, méně nákladný. Jde o prodloužení doby vstřikování paliva do válců pomocí přídatné řídicí jednotky na E-85, která se dá sehnat u

některé výrobce například: na stránce www.E85ka.cz nabízí přestavby na E85 pro benzínové motory od 1 až 8 válcové, umožní úpravy časování vstřiku paliva do válců a zajistí správný chod motoru při spalování E85.



Obr. 9. Přestavba na E85 (8)

U starších motorů má ethanol negativní vliv na životnost některých těsnění, hadice a plastových částí, takže je potřeba je vyměnit za jiné s odolnějšími materiály vůči ethanolu. Ale u novějších motorů (z roku 1997) jsou vybaveny komponenty, které odolávají negativním vlivům ethanolu. U takových motorů není potřeba vyměnit těsnění, hadice apod.

Protože ethanol vstřebává vodu, může působit také korozi ve nádrži paliva a motoru. Pokud je nádrž kovová, je potřeba vyměnit za plastovou. (Většina dnešních automobilů má nádrž plastovou)

Ethanol má vyšší výparné teplo, díky tomu se motor lépe ochladí ale ethanol má zase nižší hořlavost než benzín, což negativně ovlivňuje na startovatelnost motoru, hlavně v zimě kdy je teplota velmi nízká. V tom případě můžeme přidat topná tělíska do sacího kanálu. Topné tělísko pomůže zahřívat směs paliva před vstřikem do válce. Čímž zlepšuje startovatelnost motoru.

Další řešení je startovat motor na benzín, potom když je motor dostatečně zahříván, přepneme na směs benzín-ethanol. V tom případě je potřeba mít dva nádrže. Jeden menší na benzín a jeden na směs paliva s ethanolem.

Díky vykosému oktanovému číslu je možné zvětšit kompresní poměr motoru. Čím to způsobem se zvyšuje účinnost a výkon motoru. Potom ale už motor není schopný jezdit na normální benzín.

Ke zvětšení kompresního poměru motoru jsou k dispozici dvě řešení:

- 1/ Úprava tvaru pístu.
- 2/ Znížení hlavy válců.

8.2 Experimentální měření:

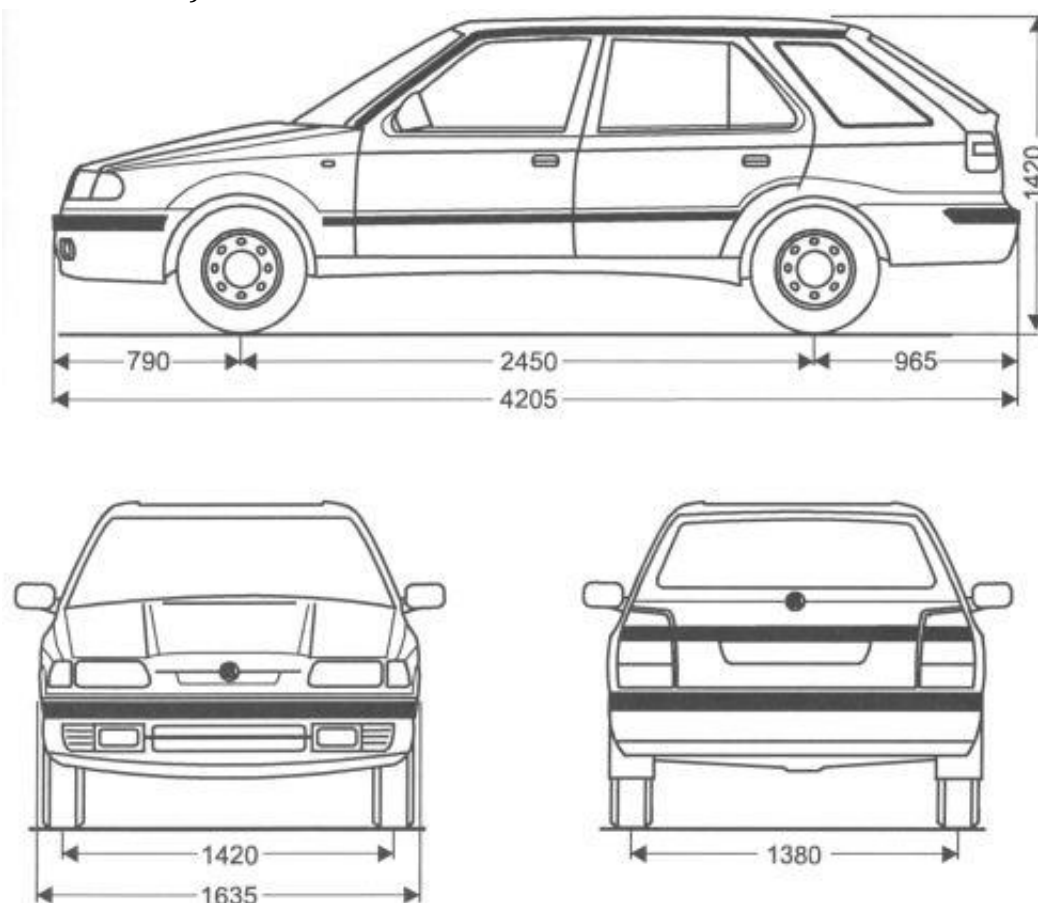
8.2.1 Druh vozidla, Parametry

Pro měření bylo k dispozici osobní vozidlo ŠKODA Felicia combi 1.3. Motor typu Škoda 136B 50 kW.

Motor je vybaven jednobodovým vstřikováním s řídicí jednotkou BMM (Bosh Mono Motronic), roky výroby: 1996 [13]

Auto je vybaven vlastní diagnostikou , Lamda-regulace , třisložkovým katalyzátorem a pětistupňovou převodovkou.

V době kdy byl proveden experiment tak auto mělo najeto 138 984 km (přičteno z tachometru).



Obr. 10. Měřící vozidlo (13)

Max. výkon motoru při ot. [$\text{kW}/\text{min}^{-1}$]	50 /5500
Max. točivý moment při ot. [$\text{Nm}/\text{min}^{-1}$]	100/3750
Počet válců [-]	4
Palivo-oktanové číslo	95-bezolovnatý
Vrtání [mm]	75,5
Zdvih pístu [mm]	72
Zdvihový objem jednoho válce [dm^3]	0.3225 dm^3
Zdvihový objem motoru [dm^3]	$1,29 \text{ dm}^3$
Teoretický kompresní poměr [-]	9,7:1

Provedení motoru

Počet dob pracovního oběhu	4
Zapalování	Bezkontaktní
Příprava směsi	Mono-Motronic
Pořadí zapalování	1-3-4-2
Způsob chlazení	Kapalinou
Způsob mazání	Tlakové
Způsob spouštění	Elektrické zapalování

Časování ventilů

Sací otevírá [°KH před HÚ]	12
Sací zavírá [°KH za DÚ]	52
Výfukový otvírá [°KH před DÚ]	57
Výfukový zavírá [°KH za HÚ]	17

Tab. 7. Parametry zkušebního motoru.

8.2.2 Přídavná řídicí jednotka, funkce, parametry:

Pro měření v Laboratoři je na katedře k dispozici přídavná řídicí jednotka značky Europecon, jednotka byla zapůjčena přímo od výrobce Europecon www.bioethanole85.cz.

Jedná se o přídavnou jednotku Europeconflex E85-MPI-4 původně je přídavná jednotka určena pro benzínové motory s vícebodovým vstřikováním ale podle informací, které nám dodal výrobce tak by měla fungovat normálně i na motorech s jednobodovým vstřikováním.



Obr.11. Europecon e85-MPI-4 (www.bioetanole85.cz)

Základní funkce řídicí jednotky:

- Automaticky detektuje typ paliva pomocí signálu z Lambda-sondy a dokáže se přizpůsobit (prodlužuje dobu vstřiku paliva) na palivo s obsahem ethanolu od 0% až 85%. V případě že auto nemá Lambda-sondu nebo lambda-sonda už nefunguje správně tak je možné zapojit přepínač pro manuální výběr paliva.
- Automatické syčení na základě teploty motoru. S jednotkou je dodán i snímač teploty.

V balení obsahuje:

- Přídavná jednotka Europeconflex E85-MPI-4 s PVC krabicí odolné vůči prachům a vlhkosti.
- Teplotní čidlo (snímač teploty)
- Přepínač
- Konektory pro zapojení do motoru (ty bohužel jsou pouze pro MPI motor)
- Konektor pro rychlé přemostění.

Na krytu jednotky jsou nalepena schemata zapojení.

8.2.3 Aparatura:

Byl použit mobilní analyzátor emise (Experimental portable emissions monitoring system) z laboratoře katedry vozidel a motorů.

Jedná se o přístroj, který sleduje množství škodlivých plynů z vysavaného plynu ve výfukových plynech.

Plyny, které je analyzátor schopen sledovat jsou: NO_x, HC, CO, CO₂, O₂.

Analyzátor je dodán jako kompletní uzavřené zařízení.



Obr. 12. Mobilní analyzátor

Dále byl vybrán netbook, ten byl připojen do auta přes diagnostický kabel pro sledování doby vstřiku paliva, hodnoty lamda-faktoru, otáčky motoru, teplota motoru, úhel škrticí klapky, bod zážehu pomocí software VAG-COM.

GPS zařízení vybudováno v analyzátoru sleduje polohu a rychlosti vozidla.

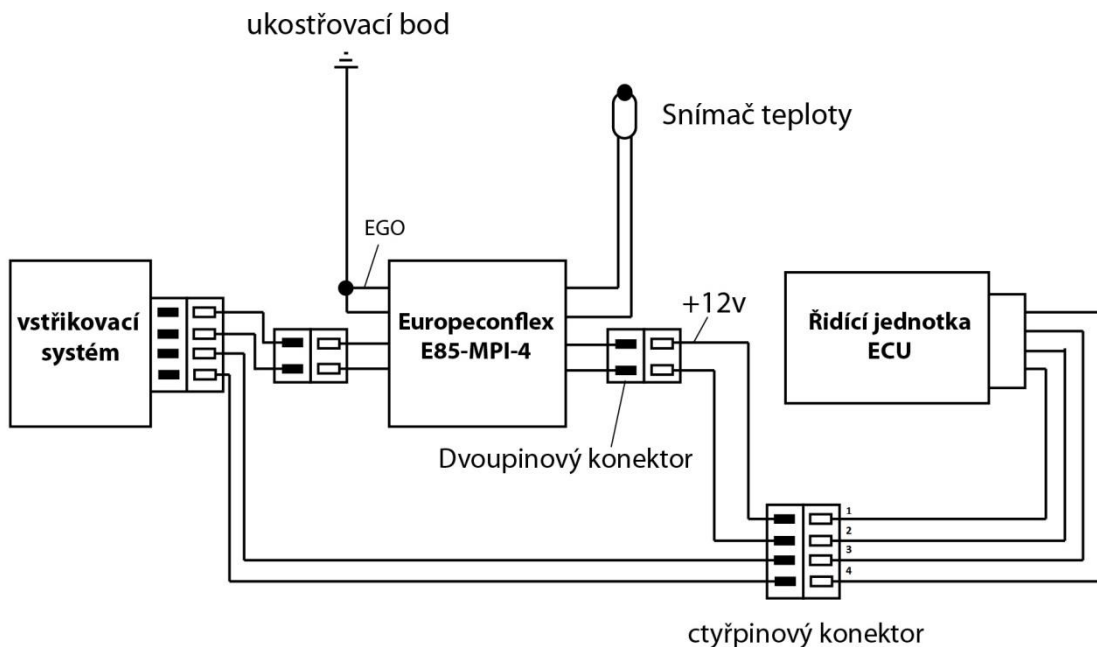
9.1 Instalace:

9.1.1 Instalace přídatné řídicí jednotky:

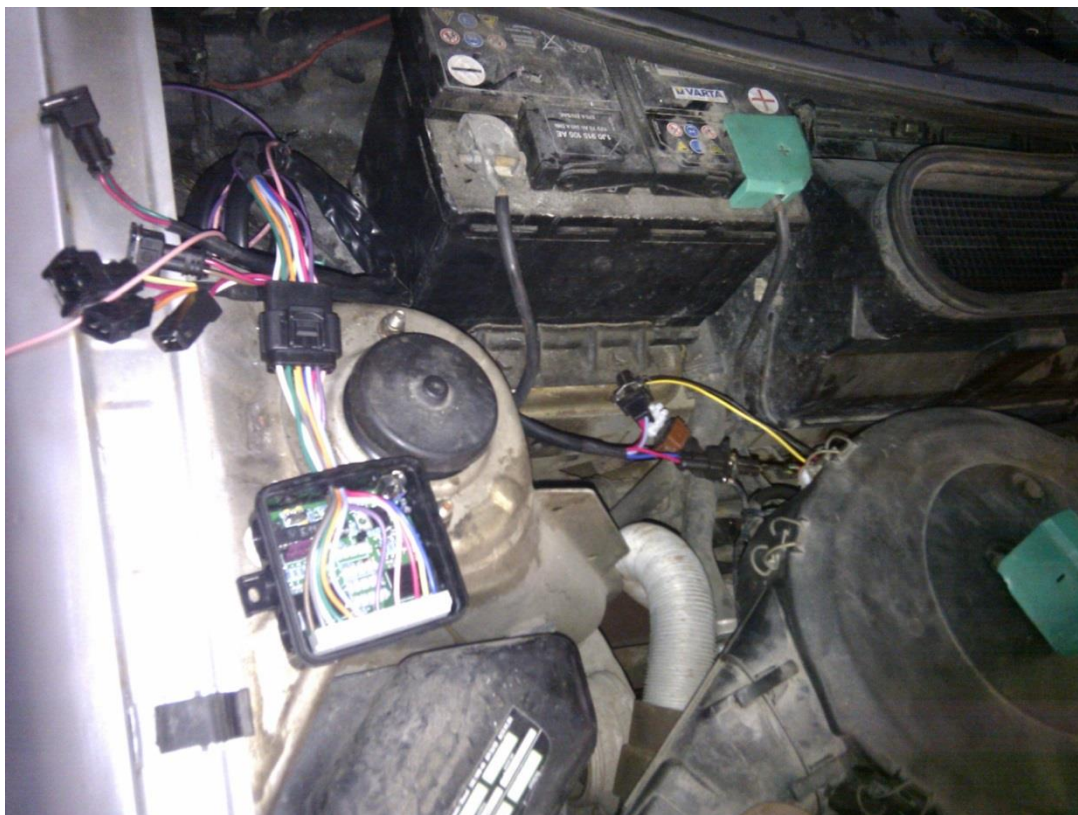
Z důvodu fyzické nekompatibility, s přídatnou jednotkou není dodán správný konektor pro zapojení do vstřikovacího systému Bosch Mono-Motronic bylo nutné koupit vhodný konektor a předělat kabelový svazek.

K dispozici byl kabelový svazek pro motor s vícebodovým vstřikováním. Kabel má čtyři dvoupinové konektory a zapojí se to přímo do vstřikovačů. Ale v našem případě máme v autě pouze jeden čtyřpinový konektor. Díval jsem se na elektrickou schématu vozidla a zjistili jsme se že dva piny (č. 1 a 2) vedou do vstřikovače a dva (č. 3 a 4) vedou do snímače teploty vysavaného vzduchu

Byly navrženy úpravy a zapojení .



Obr. 13. Schémata zapojení řídicí jednotky E85-MPI-4



Obr. 14. Zapojení a umístění přídavné řídicí jednotky

Řídicí jednotka je umístěna na pravé straně vozidla za předním světlem, všechny nepoužité konektory pro jistotu byly zaslepeny aby nedošlo ke zkratu během chodu motoru. Teplotní čidlo je nalepeno lepicí páskou na hadici chladicí vody z motoru dle instrukcí výrobce přídavné jednotky. Podle výrobce se čidlo nesmí dotýkat kovové části motoru aby nedošlo k jeho poškození.

Abychom mohli zapojit přídavnou jednotku do vstřikovače je potřeba odmontovat vzduchový filtr protože konektor je umístěn pod ním (černá kulatá krabice na pravé straně uvedeného obrázku).

9.1.2 Instalace aparatury (měřicí přístroje):

Analyzátor výfukových plynů je umístěn na zadní sedadle. Jako napájení pro analyzátor a počítač jsme použili 12V autobaterii. Umístili jsme ji v zavazadlovém prostoru vozidla. Výdrž takto použité baterie je podle předchozích zkušenosti okolo 10 hodin provozu.

Na zadní straně analyzátoru je hadice pro přívod výfukových plynů. Tato hadice je opatřena tepelnou izolací aby nedocházelo k vychladnutí výfukových plynů. Při ochlazení kondenzuje voda která může ohrozit správnou funkci analyzátoru.

Na hadici je vybaveno také teplotní čidlo pro sledování teploty výfukových plynů tvořené termočlánkem typu K.



Obr. 15. Umístění aparatury, hadicí a čidla teploty.

Analyzátor plyných emisí jsou vybaveny rovněž přijímačem GPS signálu. Tento slouží k zjišťování polohy vozidla během jízdy. Anténa přijímače byla umístěna přibližně ve středu střechy vozidla.

9.1.3 Jízda:

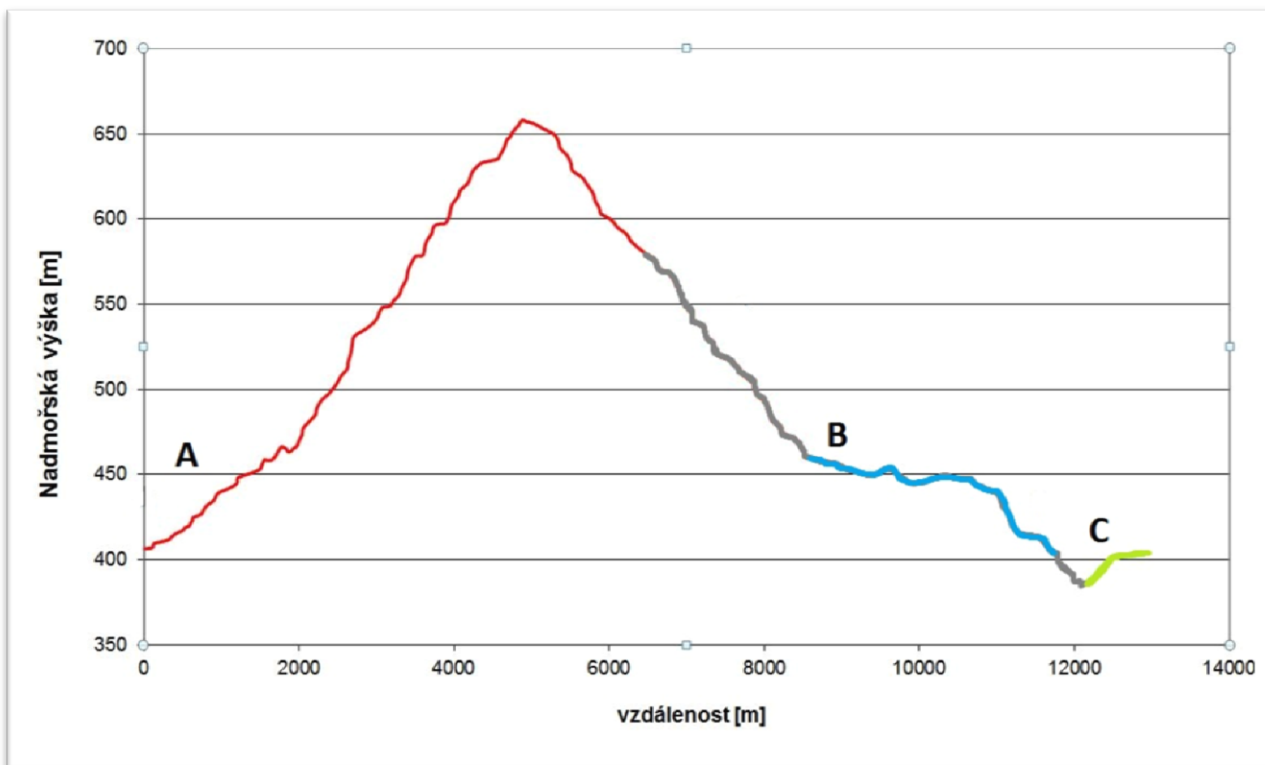
Byla projížďena trasa směrem do Rudolfova přes Kateřinky kolem Libereckých kasáren a muzea a zpět do výchozího bodu před budovou TUL na Husově ulici. Délka trasy (jeden okruh) je podle naměřené hodnoty 13 km. Nadmořská výška na startu je 405m. Maximální nadmořská výška je 672m (sedlo Maliníku) a nejnižší bod trasy má nadmořskou výšku 380m (Dle. Hodnoty z GPS zařízení). Výškový rozdíl je tedy: $672 - 380 = 292$ m.

Z trasy byly vyhodnoceny tři úseky (A, B a C) aby naměřené hodnoty šly lépe srovnávat podle charakteristiky jízdy.

- Úsek A začíná od startu (to je před budovou F). V tomto úseku převažuje výrazné stoupání se zatáčkami a po nejvyšší bod trasy, po kterém následuje jízda z kopce.
- Úsek B je městská jízda, od vjetí do okrajové části města přibližně po dojetí k muzeu (nejnižší bod trasy).
- Úsek C začíná na křižovatce vedle muzea. Jde o krátký úsek s velmi prudkým stoupáním a následuje jízda do koncového bodu trasy a to s velice malým stoupáním.

Trasa byla najeta třikrát na benzín Natural 95 a třikrát na E85 s přídatnou řídicí jednotkou. Před testovacími jízdami na E85 ujelo vozidlo na toto palivo přibližně 120km z důvodu adaptace řídicí jednotky motoru.

Naměřená teplota okolního vzduchu při startu byla: 20° C , tlak vzduchu: 905,8 hPa a relativní vlhkost: 22%

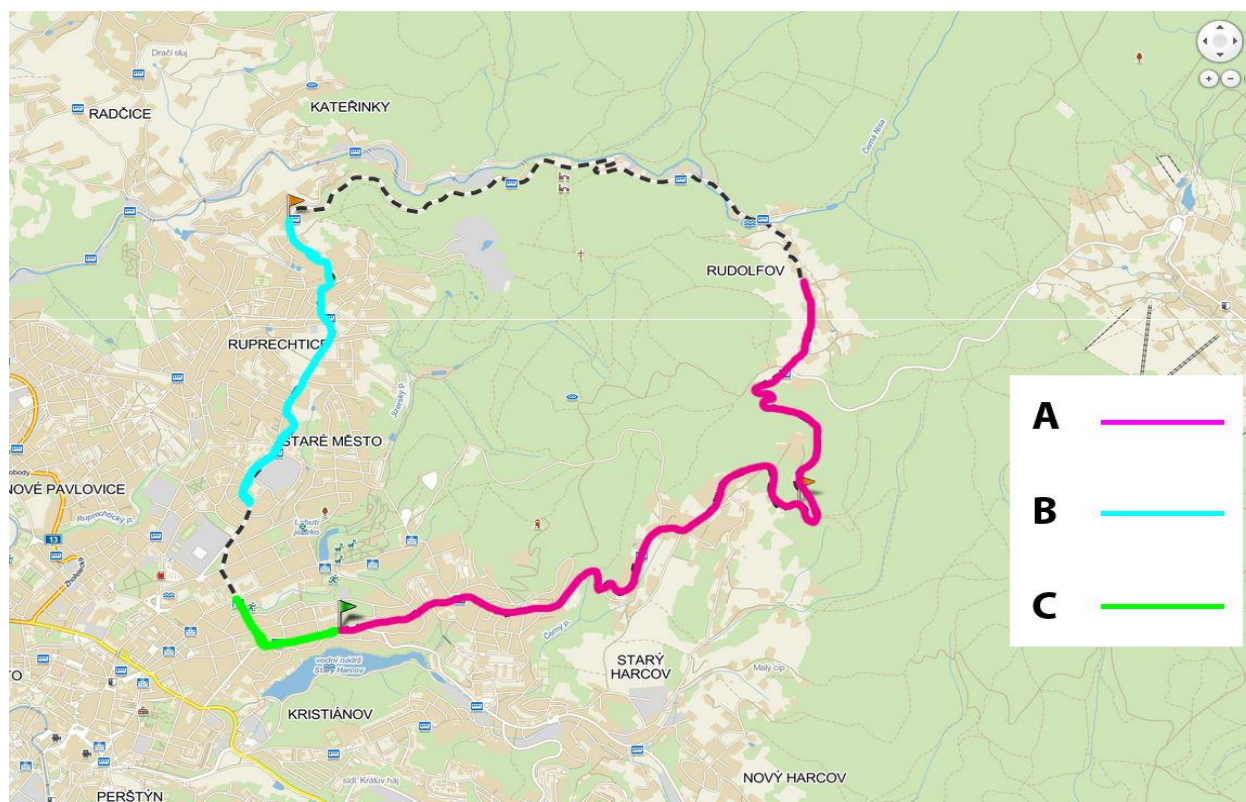


Obr. 16. Výškový profil zkušební trasy (podle naměřených hodnot z GPS zařízení)

Začátek jízdy byl před budovou F na Husově ulici, vedle autobusové zastávky.



Obr. 17. Měřicí vozidlo

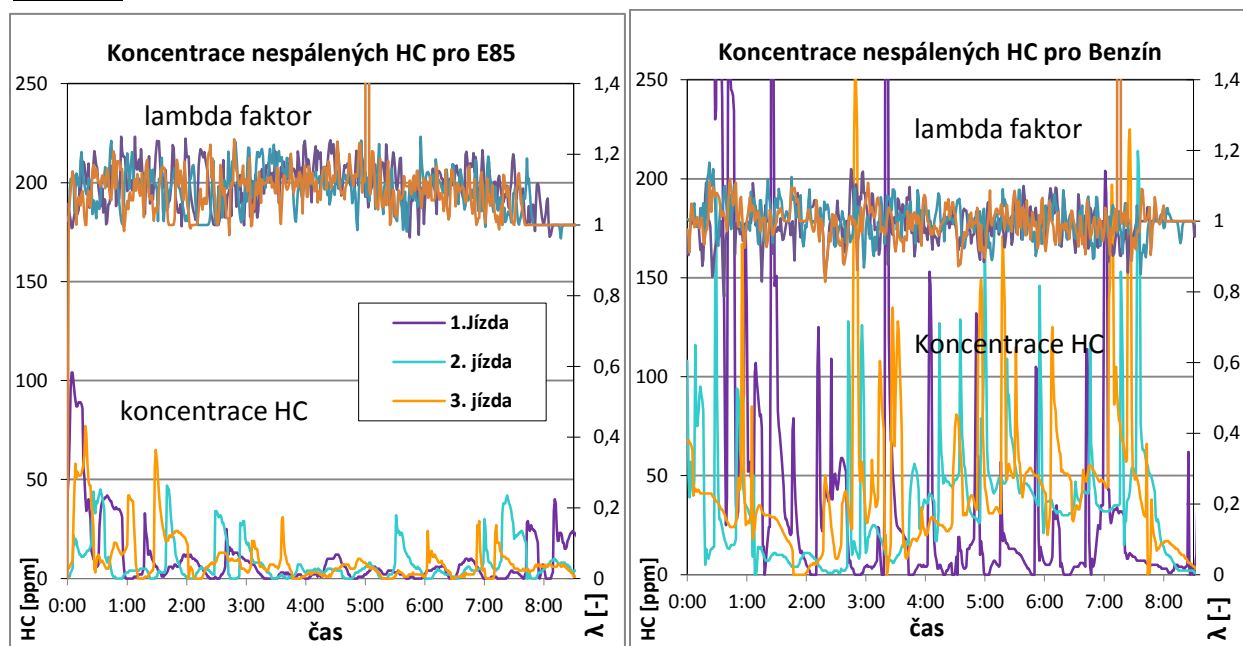


Obr. 18. Zkušební trasa (www.mapy.cz)

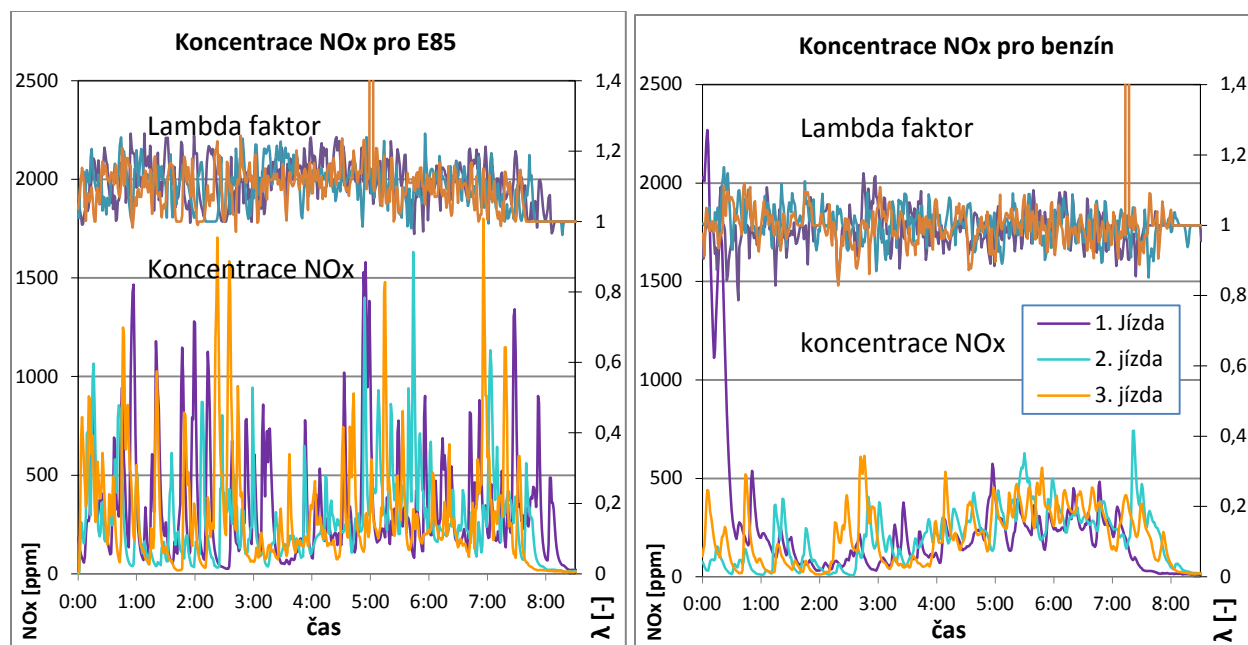
9.1.4 Výsledky a srovnání:

V době před zpracováváním bakalářské práce byby provedeny jízdy na E85 bez použití přídatné řídicí jednotky a nejsou prezentovány (15). Ve srovnání s jízdou na E85 bez přídatné řídicí jednotky je jízda s přídatnou řídicí jednotky mnohem lepší. Motor neškube při nízkých otáčkách a nebylo problém se startem. Z hlediska jízdních vlastností lze se říct, že je skoro srovnatelná s jízdou na benzín (osobní názor řidiče vozidla). Dole jsou zobrazeny výsledky z měření. Na každém úseku jsou hodnoty výsledovány na určitou dobu. Úsek A: 510 sekund, úsek B: 160 sekund, úsek C: 160 sekund.

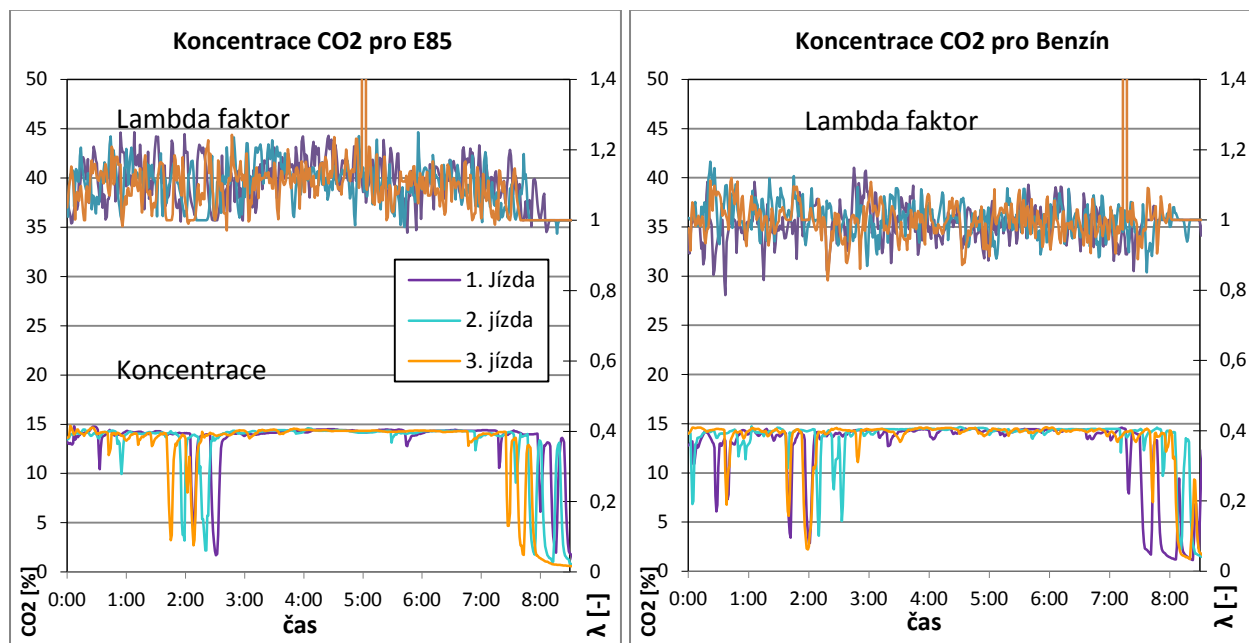
Úsek A:



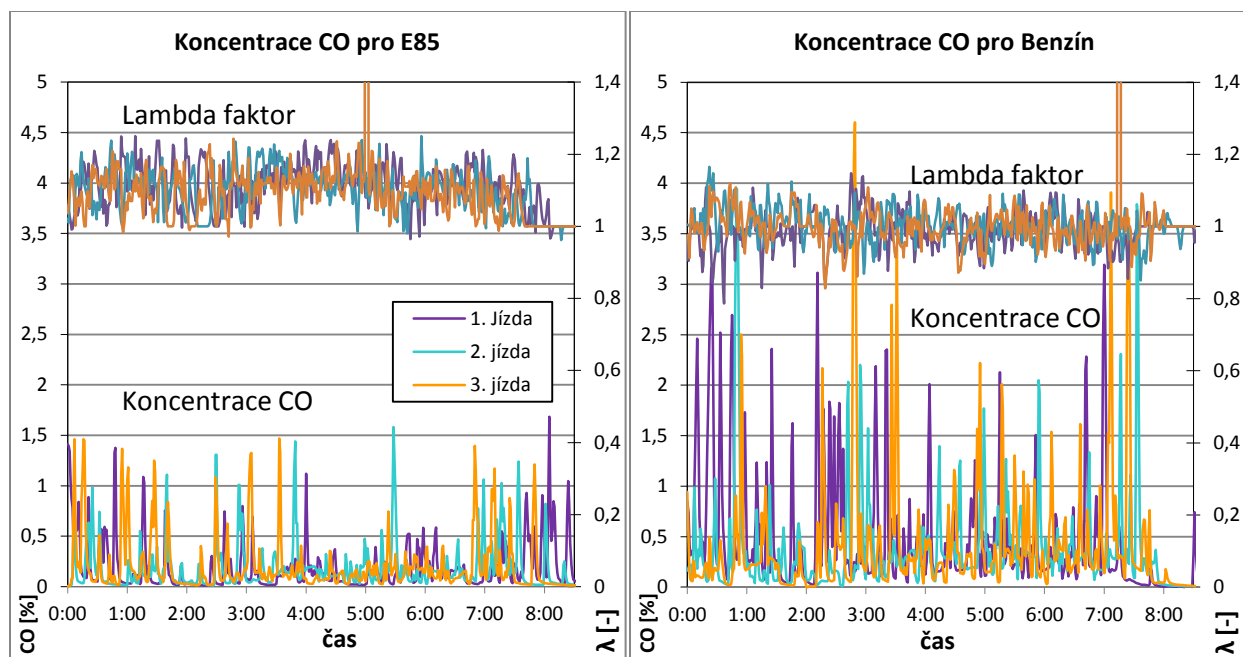
Obr. 19. srovnání koncentrací HC na úseku A



Obr. 20. Srovnání koncentrací NOx na úseku A

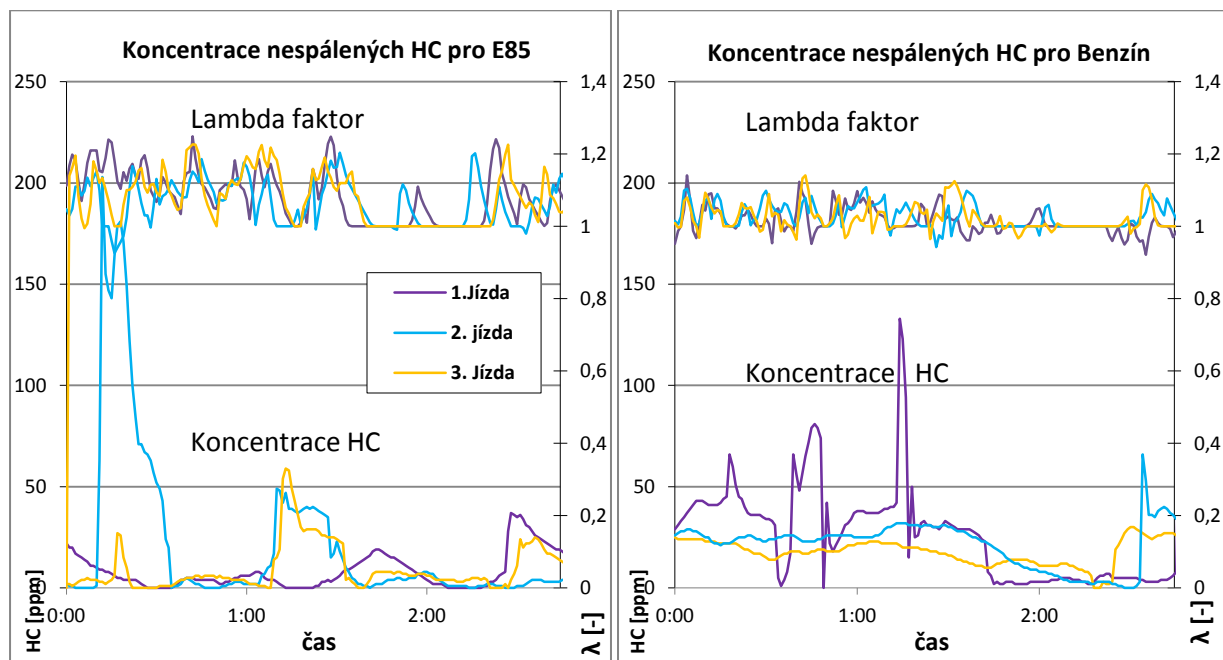


Obr. 21. srovnání koncentrací CO2 na úseku A

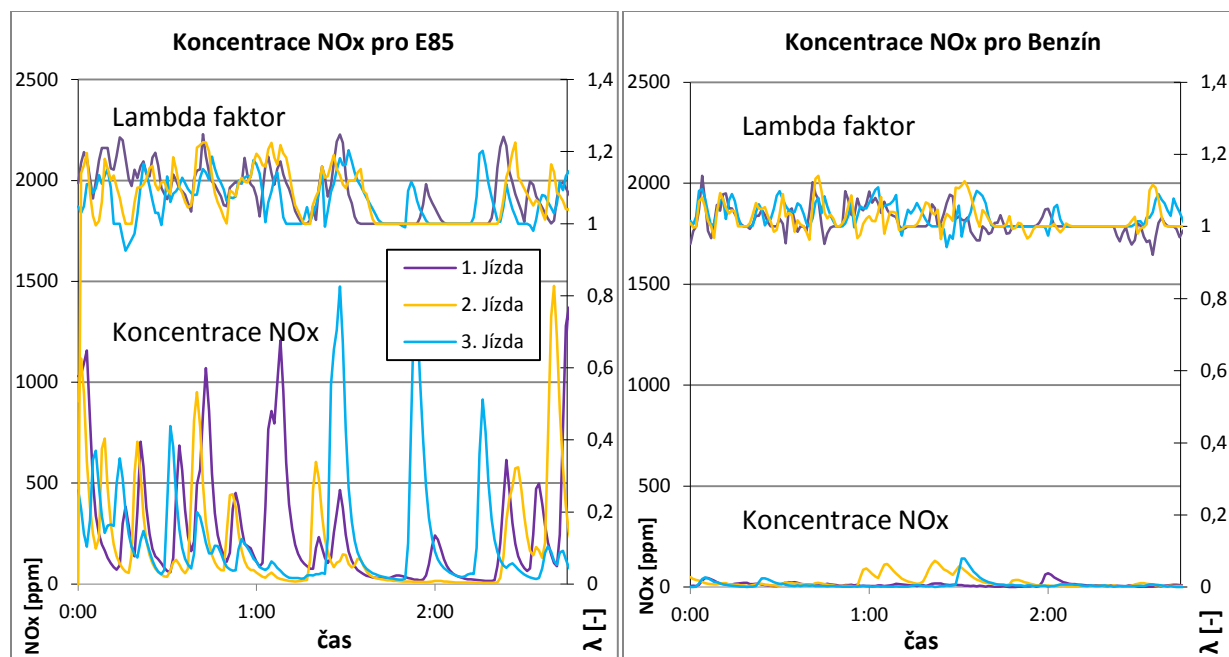


Obr. 22. srovnání koncentrací CO na úseku A

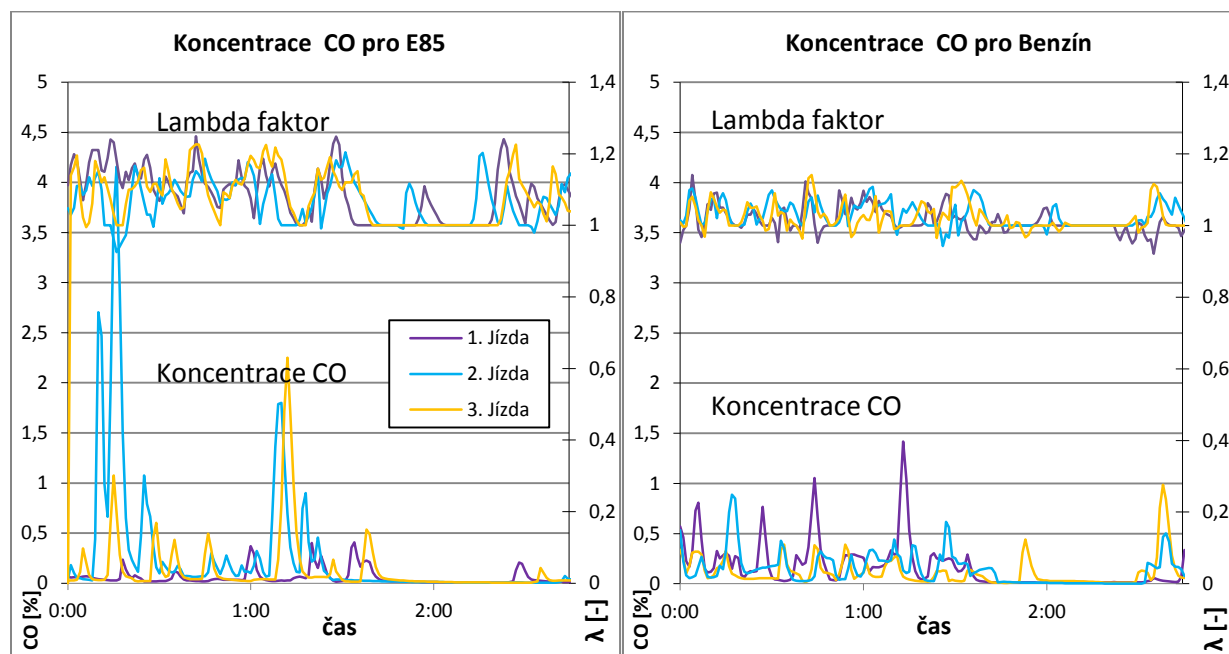
Úsek B:



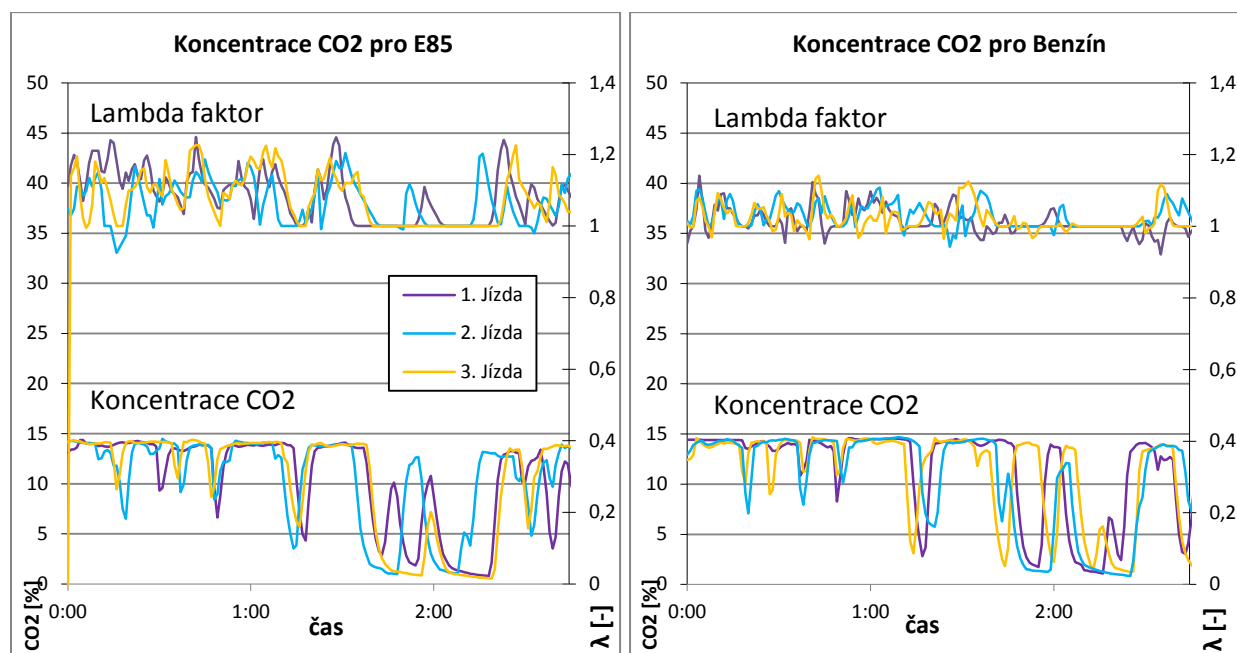
Obr. 23. srovnání koncentrací HC na úseku B



Obr. 24. srovnání koncentrací NOx na úseku B

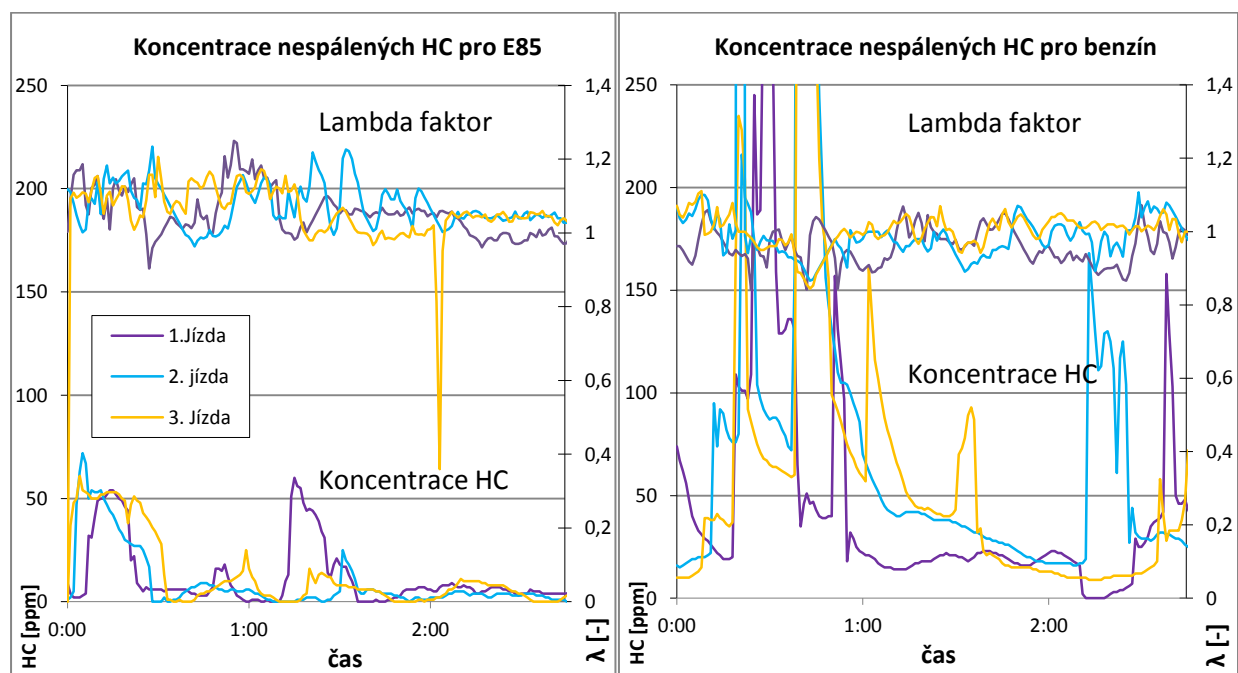


Obr. 25. Srovnání koncentrací CO na úseku B

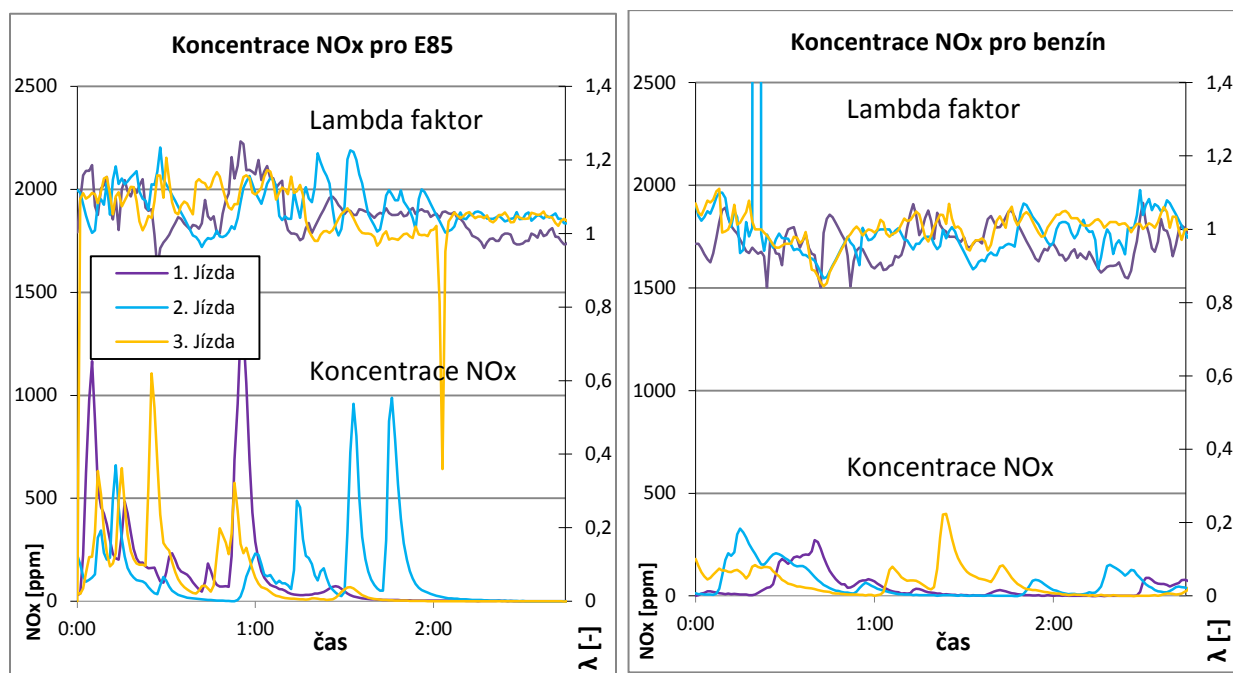


Obr. 26. Srovnání koncentrací CO2 na úseku B

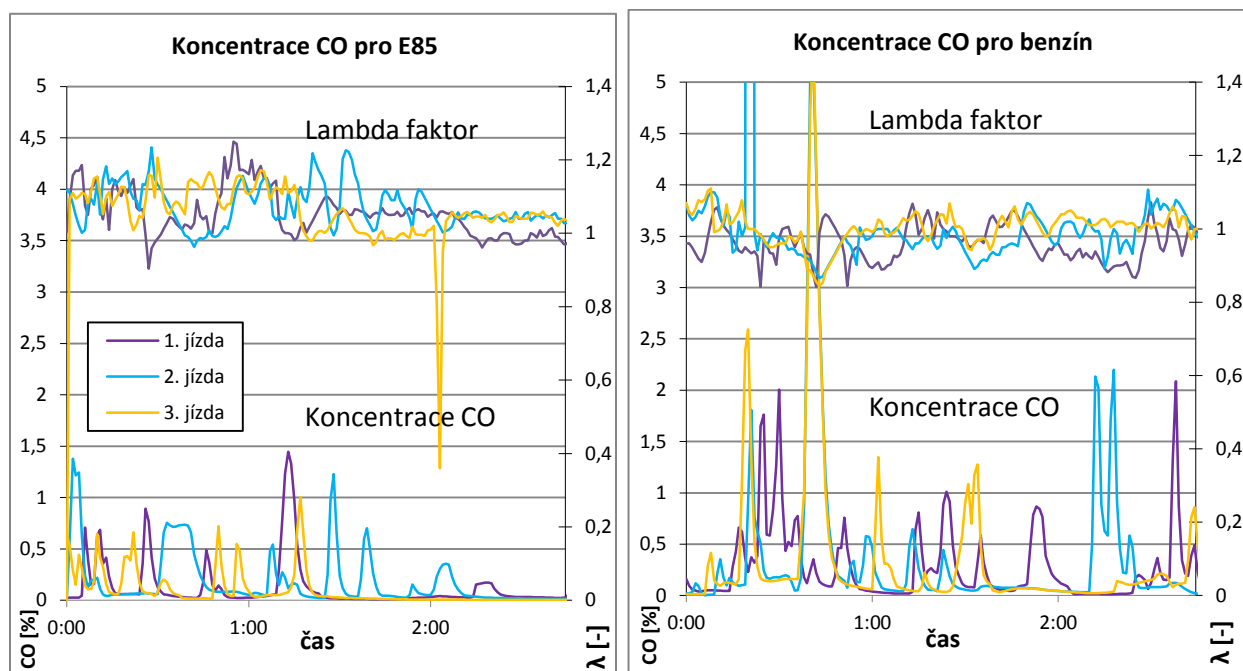
Úsek C:



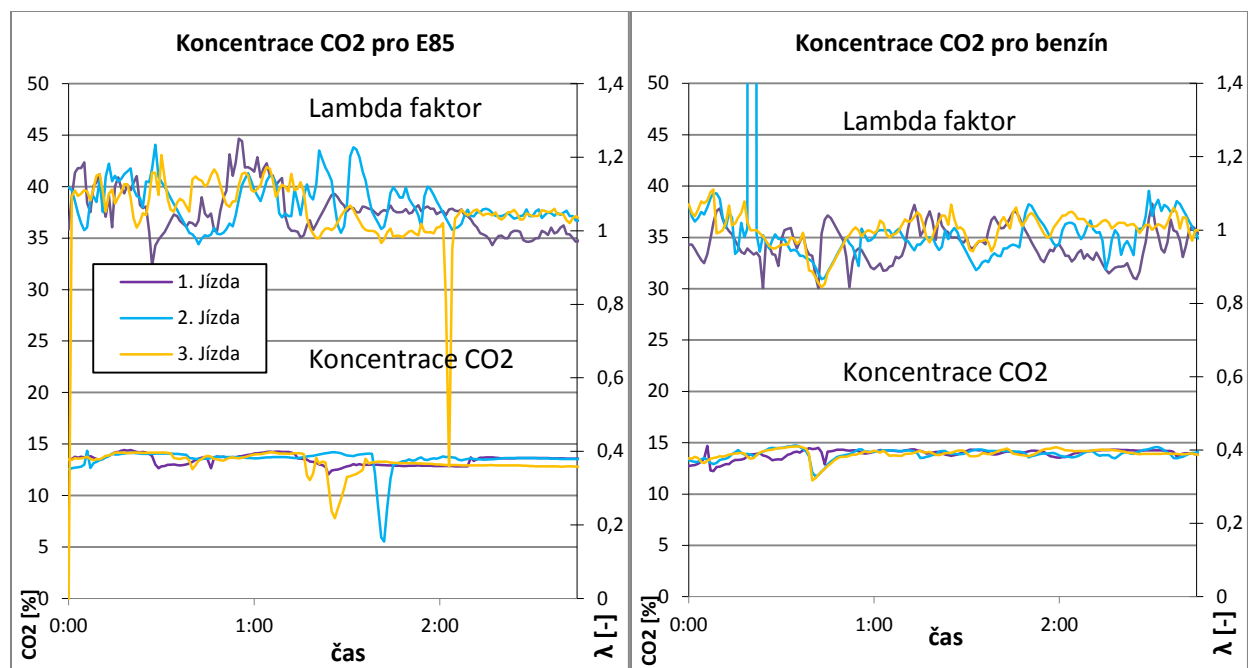
Obr. 27. srovnání koncentrací HC na úseku C



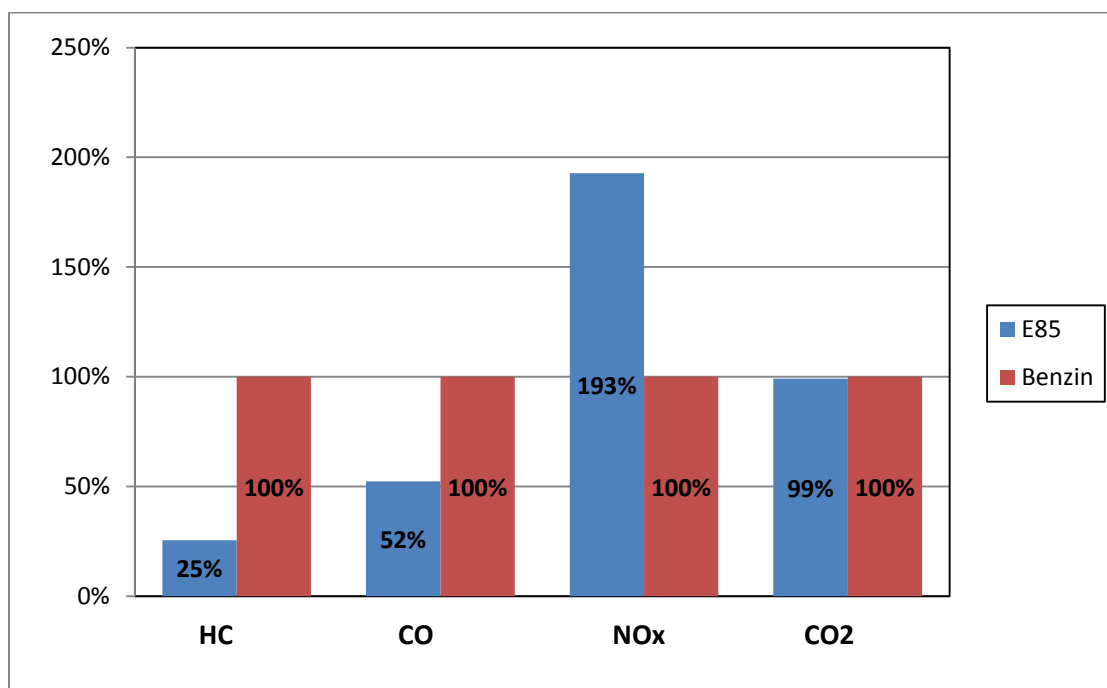
Obr. 28. srovnání koncentrací NOx na úseku C



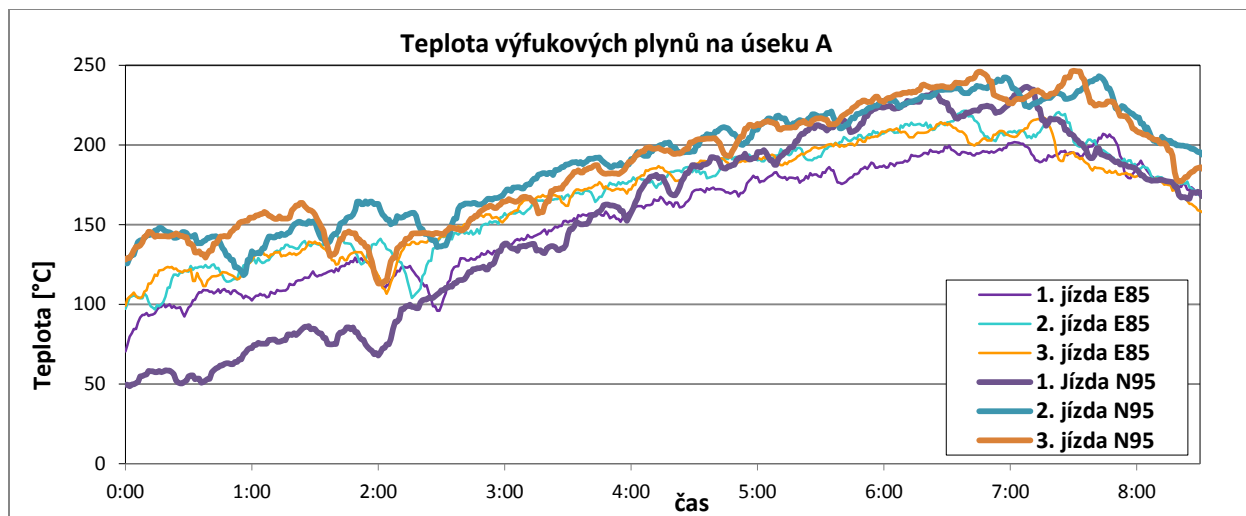
Obr. 29. srovnání koncentrací CO na úseku C



Obr. 30. srovnání koncentrací CO2 na úseku C



Obr. 31. Srovnání průměrných koncentrací výfukových plynů pro E85 a benzin.

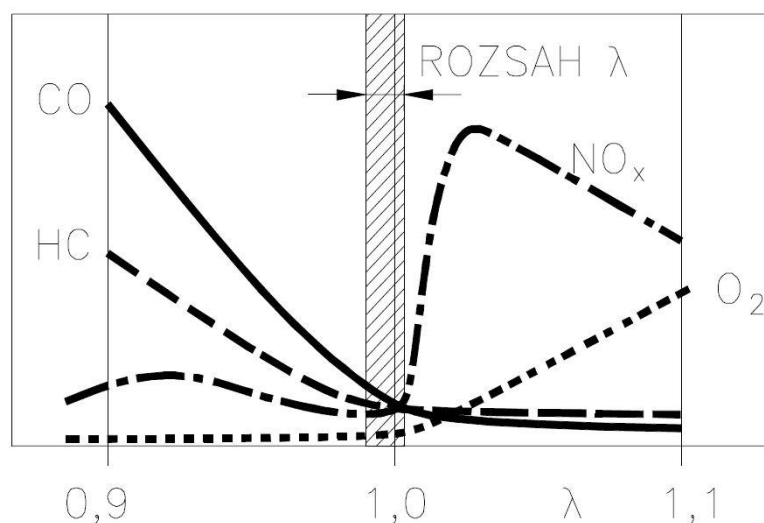


Obr. 32. srovnání teploty výfukového plynu pro benzín N95 a biopalivo E85

Naměřené hodnoty ukazují, že při jízdě na E85 s přídavnou řídicí jednotkou jsou koncentrace nespálených uhlovodíků HC a oxidu uhelnatého CO výrazně nižší (přibližně o polovinu nižší koncentrace CO a trojnásobně nižší koncentrace HC) ve srovnání s jízdou na benzín, skoro dva až třikrát vyšší koncentrace oxidů dusíku NO_x z důvodu ochuzení směsi, mírně nižší oxid uhličitý CO_2 . (obr. 31)

Behem první jízdy byly emise HC a NO_x vysoké (začátek první jízdy), a to z důvodu snížené teploty katalyzátoru, aby třístupný katalyzátor zážehového motoru fungoval dobře, musí dosáhnout na určité teploty a směs palivo-vzduch musí být stechiometrická (obr. 33). Z toho důvodu šly emise HC a NO_x na počátku hodně nahoru ale po dvou minutách se vrátily do normální hodnoty.

EMISE ZA KATALYZÁTOREM



Obr. 33. Obsah jednotlivých složek ve výfukových plynech v závislosti na bohatosti směsi za katalyzátorem (třístupný katalyzátor). (14)

Při jízdě z kopce dolů (na konci úseku A, posledních 60 sekund, obr. 19 a 20) řidič brzdil motorem, čímž do válce přestalo být dodáváno palivo a proto množství emise v této fázi bylo velmi nízké.

Během jízdy na E85 se řídicí jednotka snažila zvyšovat dávku paliva prodloužením doby vstřiku. To však nestačilo a motor byl provozován po celou dobu na mírně chudou směs, hodnota lambda-faktoru je tedy vyšší než jedna, znamená to, že směs je chudá (obr. 19, 30), ve srovnání s jízdou bez řídicí jednotky je hodnota lambda-faktor mírně nižší. (15)

Teplota výfukových plynů pro E85 je podle výsledků prakticky nižší než benzín (obr. 32). Rozíl teploty mezi jízdou na E85 a jízdou na benzín je od 20°C až 40°C, zatímco ve srovnání s jízdou bez přídavné řídicí jednotky je teplota výfukových plynů při jízdě s přídavnou řídicí jednotkou přibližně o 10°C nižší(15) . Je nutné jí věnovat pozornost, protože katalyzátor funguje efektivně jenom v určité teplotní rozmezí, pokud teplota výfukových plynů pohybuje mimo toto rozmezí, může způsobit nesprávný chod katalyzátoru a důsledkem je nárůst koncentrace výfukových škodlivin. Velmi vysoká teplota výfukových plynů může vést k rychlejšímu stárnutí až přímému poškození katalyzátoru.

Jiné parametry než výše uvedené nebyly v této práci sledovány.

10.1 Závěr

Biopalivo E85 je v dnešní době jedno z nejpobulárnějších biopativ na světě díky své nízké ceně a nižší produkci některých škodlivých plynů ve srovnání s benzínem. Komě FFV vozidel bylo dokázano že je možné upravit stará vozidla tak, aby byla schopna jezdit na palivo E85. Existuje sice několik možností úprav motoru pro provoz na E85. Ale zvolil jsem nejvhodnější možnost, to je instalace přídavné jednotky do vozidla. Čímž jsem se vyhnul potřebě zásahu do konstrukce a seřízení motoru, které je složitější a nákladnější a přináší větší riziko poškození motoru během úpravy. Vozidlo je po úpravě schopno jezdit jak na benzín, tak na E85 a nebo na libovolné kombinace těchto dvou paliv.

Měření bylo provedeno na vozidle Škoda Felicia combi 1.3-50 kW s jednobodovým elektronickým vstřikováním, třicestným katalyzátorem a vlastní řídicí jednotkou s diagnostickým rozhraním OBD. Přídavná řídicí jednotka splnila svoje funkce, dokázala připsobit množství vstřikovaného paliva a tím zlepšila jízdní vlastnosti vozidla ve srovnání s jízdou bez ní. Během jízdy se přídavná řídicí jednotka přizpsobila prodloužením doby vstřiku paliva. I přes použití přídavné řídicí jednotky došlo k ochuzení směsi, ale plynulost chodu motoru nebyla viditelně dotčena, avšak došlo ke zhoršení účinnosti redukce NOx ve výfukových plynech. Podle výsledků vidíme výrazné snížení emisí HC a CO, zvýšení NOx o dva až tři krát a mírné snížení emisí CO₂. Z tohoto vyplývá, že lze spalovat palivo E85 i ve stávajících zážehových motorech s jednoduchou úpravou řídicí

jednotky. Důsledkem pro čistotu atmosféry jsou viditelně nižší koncentrace HC a CO avšak několikanásobně vyšší produkce NO_x, což může být jedním ze znevýhodňujících faktorů při použití v oblastech s vysokou hustotou dopravy. Dále tímto rozšiřuje nabídku použitelných paliv pro zážehové motory a snižuje závislost na vyčerpatelných zdrojích energie.

Seznam použité literatury

1. OPET Czech Republic – OPEC CR. Organizace na Podporu Energetických Technologií Praha 2001. *Alkoholová paliva pro udržitelnou dopravu*.
2. Soudní inženýrství, Prof. Ing. František Vlk, DrSc. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství ústav dopravní techniky. *Alternativní pohony pro motorových vozidel* – 2004
3. Webová stránka www.jdm-meeting.cz. *paliva pro zážehové motory a jejich charakteristika*. Použito 12.10.2012
4. Petr Miler, Jan Hromádko, Jiří Hromádko, Vladimír Honig, Michal Schwarzkopf Česká zemědělská univerzita v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR. *Zhodnocení ekologického potenciálu paliva E85*, Květen-červen 2009
5. Roční zpráva k řešení projektu ministerstva dopravy v ČR. Grant MD ČR č. 1F44E/022/210 –Fakulta dopravní ČVUT Praha. *Ekonomika zavádění alternativních paliv v dopravě a možnosti internalizace externích nákladů dopravy v České Republice*, Leden 2005
6. Petr Miler, Jan Hromádko, Jiří Hromádko, Vladimír Honig, Michal Schwarzkopf Česká zemědělská univerzita v Praze a Ministerstvo životního prostředí ČR. *Využití bioethanolu jako paliva ve spalovacích motorech*. 12/2009
7. Webová stránka informační systém statistiky a reporting <http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=108>. Použito 12.10.2012.
8. Webová stránka www.ceskybenzin.cz. Použito 12.10.2012.
9. Webová stránka automobilů www.spotreby.cz/automobily.php. Použito 5.1.2013.
10. Webová stránka <http://ethanolproducer.com/articles/4463/ffvs-flourish-in-sweden>. Použito 2.1.2013
11. Otevřená webová encyklopedie <http://cs.wikipedia.org/wiki/>. Použito 7.2.2013
12. Webová stránka http://www.huffingtonpost.ca/2011/08/23/car-population_n_934291.html. Použito 6.2.2013

13. Webová stránka <http://www.feliciaklub.cz/typy-motory-13-136b.html>. Použito 29.5.2013

14. Prof. Ing. Stanislav Beroun, CSc. *Vozidlové motory*

15. SAE international. *Real-world on-road exhaust emissions from an ordinary gasoline car operated on E-85 and on butanol-gasoline blend*. 13ICE-1024, 2012.