

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

Hodnocení vlivu biopaliv pro dopravní prostředky na životní prostředí

Antonín Šaral

Bakalářská práce  
2017

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2016/2017

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Antonín Šaral  
Osobní číslo: D13814  
Studijní program: B3709 Dopravní technologie a spoje  
Studijní obor: Dopravní prostředky: Ochrana životního prostředí v dopravě  
Název tématu: Hodnocení vlivu biopaliv pro dopravní prostředky na životní prostředí  
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 :

#### Úvod

1. Analyzujte současný stav poznání v oblasti biopaliv první, druhé a třetí generace a jejich využití ve spalovacích motorech
2. Zhodnoťte povinnosti při uplatňování biopaliv ve výrobě motorových paliv.
3. Proveďte analýzu vlivu spalování biopaliv na životní prostředí

#### Závěr

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího práce

Rozsah pracovní zprávy: 30-40stran textu a přílohy

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- 1.HROMÁDKO, J., HROMÁDKO, J. Analýza škodlivých emisí vznětového motoru při provozu na rostlinný olej. Chemmagazín. 2010, 20(1): 2.
- 2.ŠEBOR, G., POSPÍŠIL, M., MAXA, D. Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel. Chemické listy, 2006, 100: 30-35.
- 3.HROMÁDKO, Jan, et al. Ekonomická analýza využití bioetanolu v zážehových motorech. Listy cukrovarnické a řepařské, 2009, 125: 101-103.
- 4.MÜLLEROVÁ, Jana; MIKULÍK, Marian. Produkce a využívání biopaliv v podmínkách slovenské republiky, 2008, 3(2): 69-74.
- 5.KOLÁŘ, M., HRADICKÝ, J. Konference - Biopaliva ve střední a východní Evropě. Listy cukrovarnické a řepařské, 2009, 125(7-8): 232-233.
- 6.JURČÍK, Radek. Dotace pro biopaliva a aktuální vývoj v roce 2015. Listy Cukrovarnické a řepařské, 2015, 131(11): 355-358.
- 7.LUKŮVKA, R., ČUPERA, J. Emissions from the combustion of vegetable oil in a diesel engine. MendelNet, 2010. 574-583. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_mendelnet/mendelnet2010/articles/21\\_lukuvka\\_357.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_mendelnet/mendelnet2010/articles/21_lukuvka_357.pdf)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marie Sejkorová, Ph.D.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2017

Termín odevzdání bakalářské práce: 2. června 2017

  
doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.  
děkan

L.S.

  
doc. Ing. Michael Lata, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. února 2017

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci 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.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 2.6.2017

Antonín Šaral

**Poděkování:**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Marii Sejkorové, Ph.D. za odbornou pomoc a vedení. Poděkování patří rovněž mé rodině za její podporu během celého studia.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá vlivem biopaliv na životní prostředí v dopravě. Ve své první části bakalářská práce uvádí základní rozdělení biopaliv podle jejich původu a skupenství. Ve své druhé části se práce zabývá problematikou legislativy a povinnostmi výrobců a distributorů biopaliv na území České republiky. Ve třetí části práce analyzuje vliv různých druhů biopaliv na produkci emisí výfukových plynů a na funkce motoru.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

biopaliva, bionafta, bioetanol, biomasa, životní prostředí

## **TITTLE**

The evaluation of the environmental impact of biofuels for transport

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with the influence of biofuels on the environment in transport. In its first part, it describes sources of biofuels and the basic distribution of biofuels by their state and generations. In the second part of his thesis it deals with legislation and obligations of producers and distributors of biofuels in the territory of the Czech Republic. In the third part of the thesis it analyzes the influence of different types of biofuels on the production of exhaust emissions and on engine function.

## **KEYWORDS**

Biofuels, biodiesel, bioethanol, biomass, environment

## Obsah

|   |    |
|---|----|
| Seznam ilustrací, tabulek a grafů .....   | 9  |
| Seznam zkratk a značek .....  | 11 |
| 0. Úvod.....  | 12 |
| 1. Vliv dopravy na životní prostředí .....  | 13 |
| 1.1 Emise z výfukových plynů z dopravy .....  | 13 |
| 1.1.1 Přehled problematických látek ve výfukových plynech.....                                | 14 |
| 1.1.2 Skleníkový efekt.....   | 15 |
| 2. Biomasa .....  | 16 |
| 2.1 Rozdělení biomasy .....   | 16 |
| 2.2 Chemické složení biomasy.....   | 17 |
| 3. Klasická paliva.....   | 18 |
| 3.1 Benzín .....  | 18 |
| 3.2 Motorová nafta .....  | 18 |
| 4. Biopaliva a jejich základní dělení .....   | 19 |
| 4.1 Kapalná biopaliva.....  | 20 |
| 4.2 Plynná biopaliva.....   | 21 |
| 4.3 Pevná biopaliva .....   | 21 |
| 5. Dělení biopaliv podle generací .....   | 22 |
| 5.1 První generace .....  | 22 |
| 5.1.1 Rostlinné oleje.....  | 22 |
| 5.1.2 HVO (Hydrogenované rostlinné oleje) .....   | 24 |
| 5.1.3 Bioetanol první generace.....   | 26 |
| 5.1.4 Bionafta první generace.....  | 26 |
| 5.2 Druhá generace.....   | 27 |
| 5.2.1 Bioetanol druhé generace .....  | 28 |
| 5.2.2 Biobutanol .....  | 28 |
| 5.2.3 Bionafta druhé generace .....   | 29 |
| 5.3 Třetí generace.....   | 30 |
| 5.3.1 Mikro-řasy a Makro-řasy.....  | 30 |
| 5.3.2 Paliva získávaná z řas .....  | 31 |
| 6. Legislativa.....   | 33 |
| 6.1 Povinnosti výrobců a distributorů biopaliv na území České republiky .....                 | 34 |
| 7. Analýza vlivu biopaliv na životní prostředí.....   | 35 |
| 7.1 Vliv řepkového oleje na funkci vznětového motoru a produkci emisí z výfukových plynů..... | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 7.2 Porovnání bioetanolu s klasickými palivy .....  | 37 |
| 7.2.1 Přidávání bioetanolu do benzínu .....   | 37 |
| 7.2.2 Přidávání bioetanolu do motorové nafty .....  | 41 |
| 7.3 Vliv MEŘO na produkci emisí z výfukových plynů .....  | 45 |
| 7.4 Vliv metylesterů různých olejů na produkci emisí z výfukových plynů .....                               | 50 |
| 7.5 Vliv metylesterů kanolového oleje a odpadního palmového oleje na produkci emisí z výfukových plynů..... | 53 |
| 8. Shrnutí analýzy vlivu biopaliv na životní prostředí.....   | 57 |
| 8.1 Analýza motivace spotřebitele při využívání biopaliva .....   | 59 |
| Závěr .....   | 62 |
| Použitá literatura .....  | 64 |



## Seznam ilustrací, tabulek a grafů

|  |    |
|--|----|
| Obrázek č. 1: Transesterifikace  | 20 |
| Obrázek č. 2: Výroba bioetanolu  | 28 |
| Obrázek č. 3: a) semena oleandru b) semena podzemnice olejné c) semena kusumy      | 50 |
| Tabulka č. 1: Rozdělení cíleně získávané biomasy                                   | 16 |
| Tabulka č. 2: Rozdělení odpadní biomasy  | 17 |
| Tabulka č. 3: Typické složení různých druhů biomasy                                | 17 |
| Tabulka č. 4: Vlastnosti metylesterů různých olejů                                 | 23 |
| Tabulka č. 5: Fyzikálně-chemické vlastnosti paliva HVO                             | 25 |
| Tabulka č. 6: Porovnání vlastností běžné nafty a bionafty třetí generace           | 31 |
| Tabulka č. 7: Obsažnost oleje u různých plodin                                     | 32 |
| Tabulka č. 8: Výsledné hodnoty parametrů nafty a řepkového oleje                   | 35 |
| Tabulka č. 9: Porovnání vlastností běžných paliv s bioetanolem                     | 37 |
| Tabulka č. 10: Měření emisí při různých cyklech provozu u Naturalu 95 a paliva E85 | 38 |
| Tabulka č. 11: Parametry Nafty smíchané s dvaceti procenty bioetanolu              | 42 |
| Tabulka č. 12: Porovnání vlastností jednotlivých paliv                             | 57 |
| Tabulka č. 13: Porovnání vlastností jednotlivých směsí MEŘO a nafty                | 58 |
| Tabulka č. 14: Vliv metylesterů z olejů různých plodin na tvorbu emisí             | 59 |
| Tabulka č. 15: Aktuální ceník různých paliv na území ČR (zaokrouhleno)             | 59 |
| Tabulka č. 16: Spotřeba paliv E85 a SMN 30   | 60 |
| Graf č. 1: Složení výfukových plynů  | 13 |
| Graf č. 2: Podíl klasických paliv a biopaliv na znečištění ovzduší                 | 27 |
| Graf č. 3: Průměrná potřeba paliva   | 36 |
| Graf č. 4: Produkce oxidu uhličitého   | 36 |
| Graf č. 5: Produkce oxidu uhelnatého   | 36 |
| Graf č. 6: Produkce uhlovodíků   | 36 |
| Graf č. 7: Produkce oxidů dusíku   | 37 |
| Graf č. 8: Spotřeba paliva při různých cyklech provozu                             | 39 |
| Graf č. 9: Emise CO <sub>2</sub> při různých cyklech provozu                       | 39 |
| Graf č. 10: Emise CO při různých cyklech provozu                                   | 40 |
| Graf č. 11: Emise HC při různých cyklech provozu                                   | 40 |
| Graf č. 12: Emise NO <sub>x</sub> při různých cyklech provozu                      | 41 |

|  |    |
|--|----|
| Graf č. 13: Spotřeba paliva (nafta + 20 % bioetanolu)                        | 42 |
| Graf č. 14: Emise CO <sub>2</sub> (nafta + 20 % bioetanolu)                  | 43 |
| Graf č. 15: Emise CO (nafta + 20 % bioetanolu)                               | 43 |
| Graf č. 16: Emise HC (nafta + 20 % bioetanolu)                               | 44 |
| Graf č. 17: Emise NO <sub>x</sub> (nafta + 20 % bioetanolu)                  | 44 |
| Graf č. 18: Produkce CO <sub>2</sub> při různých kombinacích nafta/MEŘO      | 46 |
| Graf č. 19: Produkce HC a kouřivosti při různých kombinacích nafta/MEŘO      | 47 |
| Graf č. 20: Produkce NO a CO při různých kombinacích nafta/MEŘO              | 47 |
| Graf č. 21: Hodnoty CO <sub>2</sub> a spotřeby paliva pro podíl MEŘO         | 48 |
| Graf č. 22: Hodnoty CO a NO pro podíl MEŘO                                   | 49 |
| Graf č. 23: Hodnoty HC a kouřivosti pro podíl MEŘO                           | 49 |
| Graf č. 24: Hodnoty CO při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME              | 51 |
| Graf č. 25: Hodnoty HC při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME              | 51 |
| Graf č. 26: Hodnoty NO <sub>x</sub> při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME | 52 |
| Graf č. 27: Kouřivost při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME               | 52 |
| Graf č. 28: emise CO při provozu na naftu, WPOME a COME                      | 53 |
| Graf č. 29: emise CO <sub>2</sub> při provozu na naftu, WPOME a COME         | 54 |
| Graf č. 30: emise HC při provozu na naftu, WPOME a COME                      | 54 |
| Graf č. 31: emise NO <sub>x</sub> při provozu na naftu, WPOME a COME         | 55 |
| Graf č. 32: kouřivost při provozu na naftu, WPOME a COME                     | 56 |
| Graf č. 33: Analýza peněžní úspory při provozu na paliva E85 a SMN 30.       | 60 |

## Seznam zkratek a značek

CO<sub>2</sub> – oxid uhličitý

CO – oxid uhelnatý

H<sub>2</sub>O – voda

CH – uhlovodíky

H – vodík

N<sub>2</sub> – dusík

NO<sub>x</sub> – oxidy dusíku

PM – Particular Matter (pevné částice – saze)

SMN 30 (B30) – směsná motorová nafta s 31 % aditivem ve formě bionafty

CNG – Compressed natural gas (stlačený zemní plyn)

HVO – Hydrogenované rostlinné oleje

FAME – Fatty Acid Methyl Ester (Metylestery mastných kyselin)

MTBE – Metyl butyl éter

ETBE – Etyl butyl éter

FQD – Fuel quality directive

RED – Renewable energy directive

E85 – Palivo tvořené 85 % bioetanolem a 15 % benzínem natural 95

MEŘO – Metylestery řepkového oleje

OOME – Oleander oil metylesters (Metylestery oleandrového oleje)

BGOME – Bitter groundnut oil metylesters (Metylestery podzemnice olejně)

KOME – Kusuma oil metylesters (Metylestery světlice barvířské)

COME – Canola oil metylesters (Metylestery kanolového oleje)

WPOME – Waste palm oil metylesters (Metylestery odpadního palmového oleje)

VÚVR – Výzkumný ústav rostlinné výroby

NRTC – Non Road Transient Cycle

## 0. Úvod

Začátkem 19. století přišlo lidstvo na to, jak využívat jeden z neznámějších zdrojů energie. Tento zdroj se nazývá uhlí a jeho používání nastartovalo novou éru. Hlavní pracovní silou již nebyly lidské a zvířecí svaly, ale parní stroje. Tento průmyslový boom s sebou však přinesl i neblahé vlivy na životní prostředí.

Dnes je sice uhlí stále hojně využívaným zdrojem energie, ale lidstvo mezitím přišlo na to, jak využívat další, mnohem silnější zdroje, jako je například ropa. Ropa je dnes nejdůležitějším zdrojem paliva na světě díky své flexibilitě a energetickému potenciálu. Z ropy se pomocí destilace dají získávat destilační frakce, které používáme pro pohon motorů automobilů, či jiných strojů. Pro zážehové motory je to hlavně benzín a pro vznětové motory motorová nafta.

Ropná automobilová paliva jsou sice velice dobrým zdrojem energie, ale mají hned několik nevýhod. Mezi ty největší patří to, že pochází ze zdroje, který je na naší planetě omezený a začíná velice rychle docházet, jelikož se používá nejen v dopravě, ale i při výrobě elektrické energie a tepla. Ropy tedy nenávratně ubývá a s rostoucí lidskou populací neustále roste i poptávka po tomto zdroji energie. Další velikou nevýhodou je, že při spalování těchto frakcí v motorech vzniká velké množství škodlivých látek vypouštěných do ovzduší, jako jsou například oxidy uhlíku, dusíku, síry či pevné částice.

Kvůli těmto omezujícím faktorům se lidstvo snaží najít jiné, obnovitelné zdroje energie, které by tolik nezatěžovaly životní prostředí této planety. Těmito zdroji jsou biopaliva, která se získávají z obnovitelných zdrojů a nezatěžují životní prostředí tolik, jako klasická paliva.

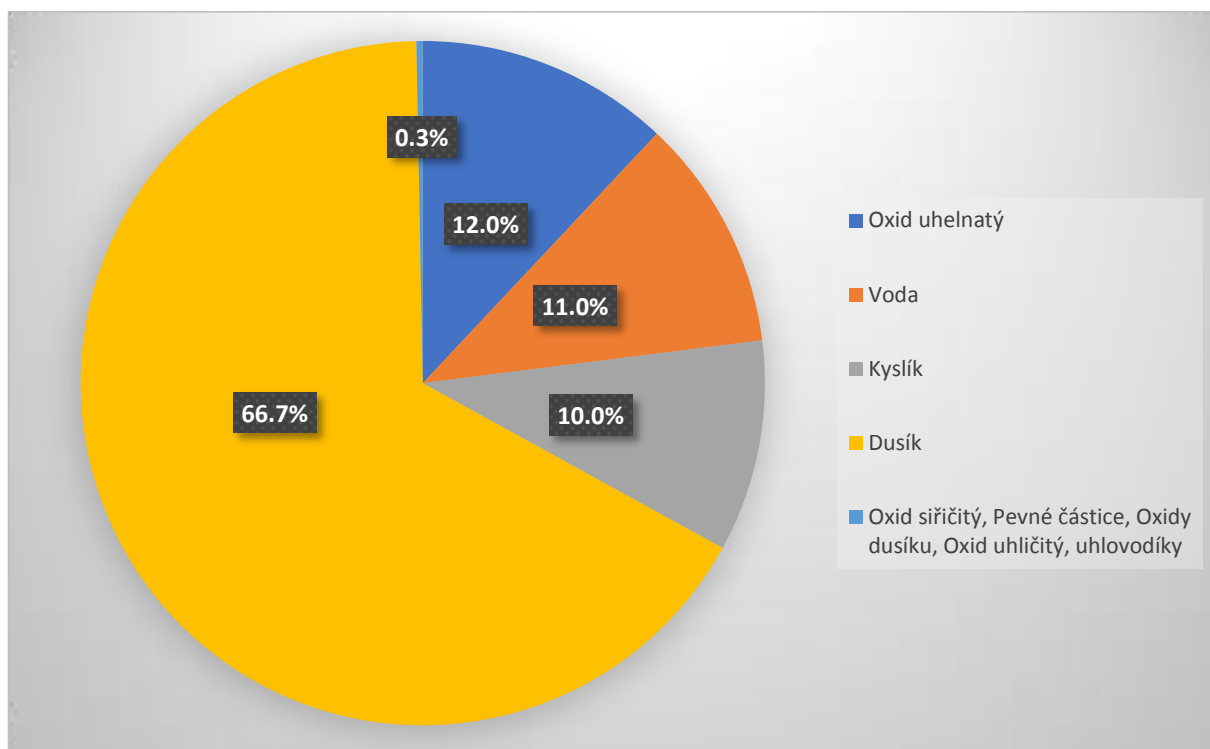
Cílem této bakalářské práce je na základě rozsáhlého studia informačních zdrojů analyzovat dopad používání biopaliv ve spalovacích motorech na životní prostředí tzn. na tvorbu emisí. Dílčím cílem je rovněž zhodnotit motivaci uživatele k používání vybraných typů biopaliv.

# 1. Vliv dopravy na životní prostředí

Doprava je v moderním slova smyslu chápána jako přesun z místa A do místa B pomocí dopravních prostředků. Tento způsob dopravy je pro uživatele velmi pohodlný, ale přináší neblahé důsledky pro životní prostředí, jako jsou vibrace, hluk, dopravní nehody, a hlavně znečištění ovzduší emisemi zdraví škodlivých plynů a vytváření skleníkového efektu. Životní prostředí je definováno jako vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Složkami životního prostředí jsou vody, ovzduší, půdy, horniny a organismy (fauna a flóra) [1].

## 1.1 Emise z výfukových plynů z dopravy

Výfukové plyny jsou látky, které jsou vypouštěny do ovzduší spalováním pohonných hmot ve spalovacím motoru. Tyto plyny jsou složeny z několika chemických látek. Tyto látky jsou uvedeny v grafu č.1.



Graf č. 1: Složení výfukových plynů [autor podle 27]

Při nedokonalém spalování uhlovodíkových paliv (benzín, nafta) vznikají, kromě oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ) a vody ( $\text{H}_2\text{O}$ ), další prvky. Jedná se o oxid uhelnatý ( $\text{CO}$ ), vodík ( $\text{H}$ ) a kyslík ( $\text{O}_2$ ).

Další složkou spalin je bezpochyby dusík ( $\text{N}_2$ ), který je běžnou součástí atmosféry, která obsahuje 78 % dusíku, 21 % kyslíku a stopové množství dalších plynů (argon 0,8 %, oxid uhličitý 0,05 % a vzácné plyny jako neon, hélium atd.). Z dusíku při vysokých teplotách ve spalovacím prostoru vznikají oxidy dusíku ( $\text{NO}_x$ ) [1].

Dalšími prvky, které mohou vznikat při spalování uhlovodíkových paliv jsou nespálené uhlovodíky ( $\text{CH}$ ) a pevné částice ( $\text{PM}$  – Particular Matter), jako je prach a popel [1].

### **1.1.1 Přehled problematických látek ve výfukových plynech**

#### **Oxid uhelnatý**

Oxid uhelnatý je bezbarvý plyn, který je bez zápachu, je hořlavý a prudce jedovatý. Jeho vdechování vyvolává ospalost, malátnost a bolesti hlavy a může vést až k udušení. Je nebezpečím hlavně pro lidi a jiné živé organismy [28].

#### **Oxid uhličitý**

Oxid uhličitý je také bezbarvý plyn, který je bez zápachu. Navíc se významně podílí na vzniku skleníkového efektu. Oxid uhličitý vzniká dvěma způsoby. Přírozenou produkcí, jako je vydechování živočichů a vulkanická činnost (sopečné výbuchy). Nebo nepřirozenou produkcí, která zahrnuje především spalování uhlovodíkových paliv. Mezi největší producenty  $\text{CO}_2$  patří lidská činnost, jako je doprava nebo provozování tepelných elektráren [29].

#### **Oxidy dusíku**

Mezi oxidy dusíku patří například oxid dusnatý, což je bezbarvý plyn bez zápachu a patří mezi skleníkové plyny (navíc je toxický) a oxid dusičitý, který je červenohnědý a má štiplavý zápach. Oxid dusičitý přispívá ke vzniku kyselých dešťů. S oxidy dusíku je spojen výskyt senné rýmy, zánětů průdušek nebo zápalů plic [30].

## **Uhlovodíky**

Uhlovodíky vznikají při nedokonalém spalování směsi, ve které je přebytek paliva (bohatá směs  $\lambda < 1$ ). Uhlovodíky způsobují malátnost, plicní onemocnění a mohou být dokonce karcinogenní. Mezi uhlovodíky z výfukových plynů patří nasycené uhlovodíky, které jsou bez zápachu a nenasycené uhlovodíky, které mají nasládlou vůni a aromatické uhlovodíky, které mají charakteristický zápach a mají neblahé dopady na nervovou soustavu [4, 26].

## **Pevné částice**

PM (Particular Matter) jsou emise ze vznětových motorů. Jsou to malé lehké částice prachu a popílku. Mohou způsobit podráždění dýchacího systému, a dokonce i rakovinu, protože na sebe vážou karcinogenní látky. Tyto částice vyvolávají dýchací problémy u dětí a srdeční onemocnění u lidí vyššího věku [26].

## **Oxid siřičitý**

Síra, jenž je obsažena v některých uhlovodíkových palivech v minimálním množství (maximálně 10 mg/kg), vytváří při spalování v motoru oxidy síry. Tento oxid je štiplavého zápachu a je bezbarvý. Silně dráždí oči a sliznici. Velkým problémem je, když se spolu s prachovými částicemi dostane do plic, kde může vytvářet kyselinu sírovou [30].

### **1.1.2 Skleníkový efekt**

Na Zemi působí světelné záření ze Slunce, které proniká naší atmosférou a odráží se od zemského povrchu nebo je povrchem planety pohlcováno. Část odraženého záření je pohlcováno atmosférou a další část se vrací zpět v důsledku skleníkových plynů. Tento jev se nazývá skleníkový efekt. V důsledku tohoto efektu dochází k postupnému oteplování planety. Mezi skleníkové plyny patří: oxid uhličitý - 50 %, freony cca 14 %, metan cca 18 %, přízemní ozón cca 12 % a oxidy dusíku cca 6 %.

Předpokládá se, že při současné úrovni znečišťování ovzduší vzroste průměrná teplota na Zemi do roku 2100 o 1,5 – 4,5 °C [1, 32]. To s sebou nese tání ledovců a následné zaplavování přímořských oblastí. V neposlední řadě pak vymírání obrovského množství živočišných druhů.

## 2. Biomasa

Biomasa je organická hmota rostlinného nebo živočišného původu, která je biologicky rozložitelná a může být využita pro spalování či jiné přeměny s následným energetickým využitím. Biomasa se dá definovat jako rostlinný materiál, který lze použít jako vstup pro výrobu paliv, pokud pochází z lesnického, zemědělského nebo potravinářského průmyslu, z výroby buničiny a z výroby papíru z buničiny. Dále může biomasa pocházet ze zpracování korku, ze zpracování dřeva a z dřevních odpadů pocházejících ze stavebnictví s výjimkou dřeva ošetřeného nátěrovými hmotami, které mohou obsahovat těžké kovy [6,8].

### 2.1 Rozdělení biomasy

Biomasa se dá rozdělit podle obsahu vody na suchou, mokrou a speciální. Mezi suchou biomasu patří zejména dřevo, dřevní odpady a sláma. Suchou biomasu je možné spalovat přímo nebo po vysušení. Zástupci tekuté biomasy jsou tekuté odpady, které nelze spalovat přímo a využívají se zejména v bioplynových technologiích [15]. Biomasy speciální jsou olejniný, škrobové a cukernaté plodiny. Využívají se ve speciálních technologiích k získávání bionafty nebo lihu [8,14].

Biomasa se pěstuje cíleně, nebo se získává z odpadů z lesního hospodářství, potravinářské a zemědělské výroby. Pro získání biomasy se dá požit i komunální odpad nebo bioodpad.

#### Cíleně získávaná biomasa

Cíleně získávanou biomasou se rozumí pěstování biomasy, tedy energetických rostlin na zemědělské půdě. Rozdělení cíleně získávané biomasy ukazuje tabulka č.1.

Tabulka č. 1: Rozdělení cíleně získávané biomasy [14]

|                  |   |
|------------------|---|
| Ligno-celulózové | Dřeviny (topol, vrba, olše, akát, vrba, platan)<br>Obiloviny<br>Travní porosty (sloní tráva, trvalé travní porosty)<br>Ostatní rostliny (Konopí seté, Čirok, Křídlatka, Šťovík krmný, Sléz) |
| Olejnaté         | Řepka olejná, slunečnice, len, semena z dýní, Lnička setá   |
| Škrobo-cukernaté | Cukrová řepa, brambory, zrno z obilí, cukrová třtina, kukuřice  |



## Odpadní biomasa

Odpadní biomasa je snadno dostupná a ekonomicky nenáročná, takže je logické, že je velmi vyhledávaným zdrojem získávání energie. Jedná se o odpady z různých lesních prací, živočišné výroby, organických odpadů a tak dále. Rozdělení odpadní biomasy ukazuje tabulka č.2.

Tabulka č. 2: Rozdělení odpadní biomasy [14,6]

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Rostlinné odpady                      | sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin |
| Lesní odpady                          | pařezy, kořeny, šišky, větve            |
| Organické odpady z průmyslových výrob | odřezky, piliny, hobliny, kůra          |
| Odpady z živočišné výroby             | hnůj, kejda, zbytky krmiv               |
| Komunální organické odpady            | kaly, organický tuhý komunální odpad    |

## 2.2 Chemické složení biomasy

Jak ukazuje tabulka č. 3, je biomasa složená z různých sloučenin a jako každé palivo produkuje do ovzduší emise oxidu uhličitého. Rozdíl oproti fosilním palivům je takový, že rostliny z ovzduší oxid uhličitý odebírají a spálením zase vrací do ovzduší. Jde o takový koloběh oxidu uhličitého.

Tabulka č. 3: Typické složení různých druhů biomasy (%) [14,15]

|        |    | dřevo      |          |         | kůra  | obilná sláma | Šťovík (cíleně pěstovaný) | Amarant (obilovina) | hnědé uhlí |
|--------|----|------------|----------|---------|-------|--------------|---------------------------|---------------------|------------|
|        |    | Jehličnaté | listnaté | smíšené |       |              |                           |                     |            |
| uhlík  | C  | 51,00      | 50,00    | 50,50   | 51,40 | 41,70        | 42,30                     | 37,90               | 69,50      |
| vodík  | H  | 6,20       | 6,16     | 6,20    | 6,10  | 5,41         | 5,20                      | 5,15                | 5,50       |
| kyslík | O  | 42,20      | 43,25    | 42,70   | 42,20 | 38,30        | 37,20                     | 40,10               | 23,00      |
| dušík  | N  | 0,60       | 0,60     | 0,60    | 0,30  | 0,53         | 1,01                      | 0,71                | 1,00       |
| síra   | S  | -          | -        | -       | -     | 0,09         | 0,09                      | 0,04                | 1,00       |
| chlór  | Cl | 0,10       | 0,10     | 0,10    | 0,10  | 0,31         | 0,11                      | 0,01                | 0,03       |

## **3. Klasická paliva**

### **3.1 Benzín**

Benzín se začal používat jako motorové palivo koncem devatenáctého století. Získává se z ropy a je používán jako palivo do zážehových motorů. Jedná se o směs těkavých kapalných a hořlavých uhlovodíků. Benzín má bod varu při atmosférickém tlaku v rozmezí 30 až 200 °C [35].

Benzín se dá rozdělit podle použití na benziny letecké, automobilové a technické. A dále se dělí podle velikosti oktanového čísla na benziny s oktanovým číslem v rozmezí 95 až 98 a benziny s oktanovým číslem větším než 98 [25]. Pod pojmem oktanové číslo rozumíme odolnost paliva proti samozápalu (klepání) při kompresi ve válci. Vyjadřuje objemový podíl dvou látek: izooktanu a n-heptanu (čistý n-heptan = oktanové číslo 0). Čím je oktanové číslo větší, tím je tato odolnost vyšší. Pokud je oktanové číslo větší než 100, je palivo odolnější proti samozápalu než čistý izooktan. V současné době je automobilový benzín nejrozšířenějším motorovým palivem pro osobní automobily [4].

### **3.2 Motorová nafta**

Jedná se o směs kapalných uhlovodíků, které jsou vyráběny pomocí rafinace a destilace ropy v teplotním rozmezí 150 až 370 °C [36]. Nafta je používána jako palivo do vznětových motorů. V porovnání s benzínem je motorová nafta značně citlivá na nízké teploty, kdy dochází k jejímu tuhnutí. [37].

Kvalitu motorové nafty popisuje takzvané cetanové číslo. Čím je cetanové číslo větší, tím rychleji se nafta po vstříknutí do válce vznítí. To přináší lepší startovatelnost, nižší spotřebu paliva a nižší emise. Toto číslo je stanoveno objemovým podílem dvou látek. Cetanu (čistý cetan = cetanové číslo 100, tudíž krátká prodleva vznícení) a metylnaftalenu (čistý metylnaftalen = cetanové číslo 0, tedy velmi dlouhá prodleva vznícení). Minimální požadované cetanové číslo paliva je 51. Cetanové číslo nesmí být ani moc veliké, neboť při velkých hodnotách cetanového čísla dochází k hoření paliva v blízkosti vstříkovací trysky. Tento jev vede k tomu, že je palivo nedostatečně promícháno se vzduchem a dochází ke tvorbě sazí ve výfukových plynech [47].

## 4. Biopaliva a jejich základní dělení

Biopaliva jsou produkty vyrobené z biomasy a slouží jako zdroje energie. Dělí se do tří generací, které se liší zdrojem pro jejich výrobu. Zdrojem pro výrobu biopaliv první generace jsou škrobnaté plodiny, jako je například obilí, cukrová řepa, cukrová třtina, nebo brambory. Pro výrobu druhé generace biopaliv se využívá dřevnatých surovin, jako je sláma, štěpiny nebo hnůj. Pro výrobu biopaliv třetí generace se využívají řasy.

Dále se pak zdroje pro výrobu biopaliv dají rozdělit na biomasu pěstovanou cíleně, jako jsou brambory, obilí, cukrová řepa, cukrová třtina, kukuřice, olejniny, trávy a biomasu odpadní, která zahrnuje například zbytky z rostlinné výroby (sláma), odpady z živočišné výroby (exkrementy, odpady komunální, odpady potravinářského a dřevozpracujícího průmyslu a lesní odpady).

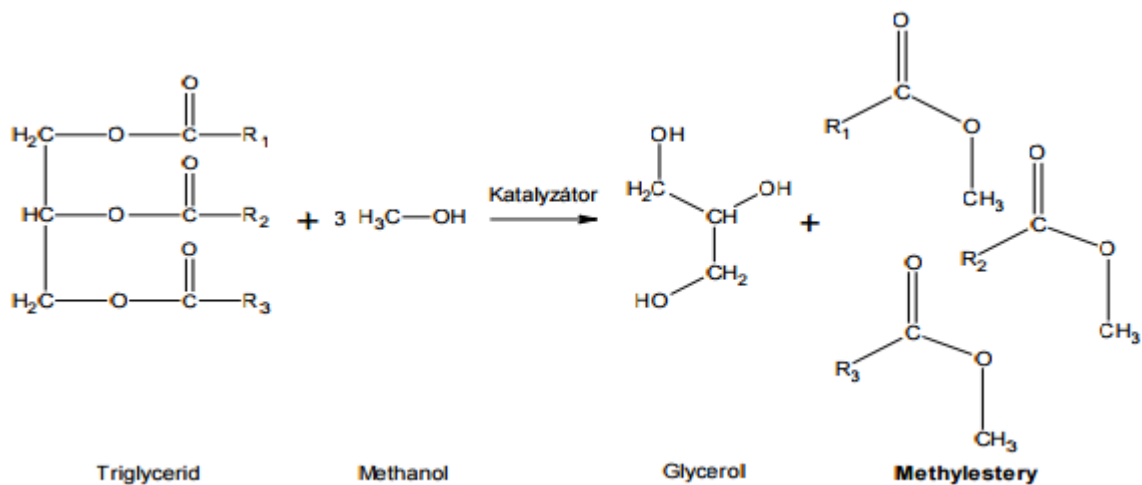
Ve srovnání s fosilními palivy, dokáží biopaliva snížit produkci skleníkových plynů. Během procesu spalování uvolní do ovzduší stejné množství  $\text{CO}_2$  (oxidu uhličitého), které během růstu spotřebovaly rostliny, ze kterých se biopaliva vyrábějí. Problém ovšem nastává při výrobě samotných biopaliv, jelikož je energeticky náročná, tudíž snižuje ekologický přínos biopaliv. Z pohledu výroby biopaliv je energeticky nejméně náročné přímé využití rostlinného oleje. To však z důvodu rozdílnosti parametrů rostlinných olejů a motorové nafty nenachází větší uplatnění [5,9].

Biopaliva se vyrábějí ve třech formách: ve formě pevné (kusové brikety, pelety), kapalné (rostlinné oleje a jejich deriváty, bioetanol a jiné chemické produkty) a plynné (bioplyn). Kapalná biopaliva se užívají k energetickým účelům jako je výroba tepla, elektrické energie a jako motorová paliva. Jako motorová biopaliva mohou být použity rostlinné oleje, jejich deriváty, a to hlavně estery mastných kyselin jako jsou metylestery nebo etylestery. Dále pak nižší alkoholy jako metanol, etanol a propanol [6].

## 4.1 Kapalná biopaliva

Kapalná biopaliva jsou biopaliva, která se v podmínkách, při nichž jsou skladována, dopravována a připravována pro energetické využití, nachází v kapalném stavu. Mezi kapalná biopaliva jsou řazena zejména biopaliva alkoholová, mezi které patří bioetanol, což je etanol vyráběný z rostlin obsahujících větší množství škrobu a sacharidů, nejčastěji z kukuřice, obilí, brambor, cukrové třtiny a cukrové řepy. Dále pak biometanol, který se vyrábí hlavně ze dřeva. Dalším alkoholovým biopalivem je butanol, který lze vyrobit fermentací (kvašením) biomasy. Může být použit přímo v benzínových motorech a je méně korozivní než etanol. Je také jedovatý [38].

Dalšími zástupci mezi kapalnými biopalivy jsou biooleje, které mohou být využity v naftových motorech (rostlinný olej, fritovací olej, bionafta – získává se transesterifikací rostlinných olejů a živočišných tuků). Při transesterifikaci reagují triglyceridy s metanolem a pomocí katalyzátoru vznikají metylestery a glycerol. Transesterifikace může být katalyzována kyselinami, zásadami nebo enzymem lipázou [24]. Tento proces je zachycen na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1: Transesterifikace [24]

A v neposlední řadě jsou to zkapalněná plynná biopaliva, mezi které se řadí bioplyn a dřevoplyn, které lze přeměnit na kapalné uhlovodíky. Oproti bioetanolu a bionaftě lze k výrobě dřevoplynu využít celou plodinu, což zvyšuje energetický výnos.

## **4.2 Plynná biopaliva**

Plynná biopaliva jsou biopaliva, která se v podmínkách, při nichž jsou skladována, dopravována a připravována pro energetické využití, nachází v plynném stavu. Nejvýznamnějším plynným biopalivem je bezpochyby biometan. Biometan je bioplyn, který obsahuje 98 % metanu a je zbaven CO<sub>2</sub>. Bioplyn se dá získat z přirozených zdrojů, jako jsou mokřady nebo sedimenty. Dalším zdrojem bioplynu mohou být odpady z hospodářství, jako jsou skládky odpadů nebo čistírny odpadních vod. Biometan je složením identický se zemním plynem (CNG – Compressed natural gas). Liší se tak pouze způsobem vzniku. Zemní plyn vznikl jako důsledek postupného rozkladu organické hmoty, bez přístupu vzduchu a za velkého tlaku, a to celé po několik miliónů let. Zemní plyn se vyskytuje společně s ropou pod zemským povrchem nebo také společně s černým uhlím v uhelných ložiscích.

Nyní se na trhu vyskytuje mnoho typů vozidel, která mohou být poháněna pomocí CNG, a tedy i pomocí biometanu, který je složením identický se zemním plynem.

## **4.3 Pevná biopaliva**

Pevná biopaliva jsou biopaliva, která se v podmínkách, při nichž jsou skladována, dopravována a připravována pro energetické využití, nachází v pevném stavu. Zástupci jsou například sláma, odpadní dřevo či palivové dřevo.

## 5. Dělení biopaliv podle generací

Paliva se takto dělí podle surovin, ze kterých jsou vyráběna. Taktéž je rozdíl mezi ekologickým přínosem těchto generací, technologií výroby, stupněm vývoje nebo rozšířeností a oblíbeností.

### 5.1 První generace

První generace biopaliv je také označována pojmem tradiční biopaliva. Patří mezi ně biopaliva vyrobená ze škrobnatých plodin, jako je například obilí, cukrová řepa, cukrová třtina, nebo brambory. Tyto zdroje mají primární využití především v potravinářském průmyslu, a to je jeden z důvodů, proč jsou tyto biopaliva v oblasti pohonných hmot stále celkem neoblíbená, nehledě na to, že bionaftu první generace lze již vyrábět z organických zbytků a nepoužitelné biomasy z potravinářského průmyslu. V České republice tyto paliva převyšují výrobu vyspělých biopaliv (druhá generace). Je to způsobeno tím, že tradiční biopaliva nejsou tak ekonomicky a energeticky náročná na výrobu, jako biopaliva vyspělá [25].

Základním biopalivem 1. generace je bionafta, která se vyrábí lisováním olejů z rostlin, které obsahují velké množství oleje, tudíž se označují jako vysokoolejnaté. Dalším stěžejním palivem je bioetanol. Ten se dá získávat dvěma způsoby. Složitějším způsobem je získávání bioetanolu z plodin, které obsahují vysoké procento škrobu (obilí, kukuřice).

Druhým, jednodušším, způsobem je získávání tohoto paliva z plodin obsahující jednoduché cukry (cukrová řepa, cukrová třtina) [25].

#### 5.1.1 Rostlinné oleje

Rostlinné oleje se dají získat z plodin, které jsou bohaté na olej. Metylestery mastných olejů se vyrábějí pomocí reesterifikace rostlinných olejů s využitím metanolu nebo etanolu. Ve středním zeměpisném pásmu se vyrábí nejčastěji z řepkového oleje (MEŘO). Čistý MEŘO se označuje jako bionafta [5].

Přes 80 % produkce rostlinných olejů je tvořeno čtyřmi oleji: řepkovým, slunečnicovým, palmovým a sójovým. Mezi nejrozšířenější oleje patří olej sójový a palmový, každý z nich se podílí 30 % na celkové světové produkci rostlinných olejů [9]. Tyto oleje můžou být použity

ve vznětových spalovacích motorech. Už Rudolf Diesel, který Diesellový motor vynalezl, představil motor poháněný arašídovým olejem a to roku 1900 v Paříži [21].

Rostlinný olej má oproti motorové naftě odlišné fyzikální vlastnosti, které se odvíjí od složení mastných kyselin. Jednou z hlavních rozdílných vlastností je, kromě nestability a tvorby uhlíkových usazenin částech motorů během spalování, i kinematická viskozita. Rostlinný olej má za teploty 20 °C dvacetkrát vyšší viskozitu, a to v závislosti na druhu rostlinného oleje [9,17,18,21].

Problém s větší viskozitou lze vyřešit pomocí předehřevu rostlinného oleje před vstříkáním do spalovacího prostoru. Tento postup sníží kinematickou viskozitu na přijatelnou mez [20]. Další možnou alternativou je smíšení rostlinného oleje s motorovou naftou [21].

Výhodou rostlinných olejů je jejich snadná dostupnost. Tyto oleje lze využívat v surovém stavu, ale pouze po důkladné filtraci po jejich zpracování (vylisování). Doporučuje se používat rostlinný olej v palivové kvalitě dle normy ČSN 65 6516, kvůli snížení rizika technické poruchy motoru [19]. Vlastnosti metylesterů různých olejů jsou vyobrazeny v tabulce č. 4.

Tabulka č.4: Vlastnosti metylesterů různých olejů [36]

| Vlastnost           | Jednotka           | Metylestery rostlinných olejů |           |              | Motorová nafta |
|---------------------|--------------------|-------------------------------|-----------|--------------|----------------|
|                     |                    | Palmový                       | Řepkový   | Slunečnicový |                |
| Hustota při 16 °C   | kg/m <sup>3</sup>  | 874,0                         | 882,0     | 885,0        | 835,0          |
| Viskozita při 40 °C | mm <sup>2</sup> /s | 4,4                           | 4,2       | 4,0          | 2,3            |
| Výhřevnost          | MJ/l               | 32,4                          | 32,8      | 32,8         | 35,5           |
| Cetanové číslo      |                    | 63,0-70,0                     | 51,0-60,0 | 61,0         | >51,0          |
| Obsah uhlíku        | % hm               | 76,3                          | 77,2      | 77,2         | 86,5           |
| Obsah vodíku        | % hm               | 12,4                          | 12,0      | 11,9         | 13,4           |
| Obsah kyslíku       | % hm               | 11,3                          | 10,8      | 10,9         | 0,0            |
| Obsah síry          | mg/kg              | <1,0                          | <1,0      | <1,0         | <50,0          |

### 5.1.2 HVO (Hydrogenované rostlinné oleje)

Jednou z možných alternativ na poli biopaliv je použití hydrogenovaných rostlinných olejů (HVO). Toto palivo se vyrábí hydrogenací rostlinných olejů, kdy dochází k odstranění dvojných vazeb působením vodíku a tvoří se tak nasycené uhlovodíky. HVO se do motorové nafty přidává například v tomto poměru: 30 % HVO / 70 % motorová nafta. HVO představují čistě uhlikovou směs obsahující pouze nasycené uhlovodíky stejných typů, které jsou přirozenou součástí motorové nafty [23].

HVO mají ve srovnání s minerální motorovou naftou poměrně nízkou hustotu a vyšší viskozitu. Primární produkty hydrogenace mají díky vysokému obsahu n-alkanů velice vysoké cetanové číslo a cetanový index (100+). Současně však mají horší nízkoteplotní vlastnosti. Ke zlepšení těchto tepelných vlastností je zapotřebí izomerace (proces, při kterém dochází ke změně uhlíkaté struktury) [23]. Na výrobu HVO se dají použít rostlinné oleje. Dále se pak dají uplatnit zejména nepotravinářské oleje a do budoucna se uvažuje o použití olejů z řas, které disponují velikou výtěžností a nemají takovou náročnost na zemědělskou půdu [23].

Aktuální legislativa České republiky umožňuje podle zákona o spotřebních daních použití HVO s daňovým zvýhodněním při přidavku minimálně 30 % V/V do motorové nafty [23]. V Evropě je nejznámějším distributorem paliva HVO finská firma Neste Oil, která vyrábí tento produkt v rafinériích ve Finsku, Singapuru a Nizozemí. Velkou část surovin, které tvoří základ pro výrobu HVO, tvoří palmové oleje a tuky odpadního charakteru, což je například rybí tuk a odpadní produkty z rafinace olejů. Neste Oil do budoucna počítá s využíváním řas jako vstupu pro výrobu HVO [23]. Ve Finsku je HVO k dostání pod názvem Neste Pro Diesel, které je tvořeno nejméně 15 % HVO. HVO se prodává i jako čisté palivo pod označením Neste Green 100. Kromě firmy Neste Oil se výrobou těchto paliv zabývají například společnost Honeywell UOP s produktem Green Diesel, Axens IFP a jeho produkt Vegan nebo UPM s výsledným produktem BioVerno [23]. Výhoda těchto paliv spočívá v jeho uhlovodíkové povaze, což zaručuje dobrou oxidační stabilitu, materiálovou kompatibilitu, nízkou rozpustnost vody a tak dále. Ve velkém počtu případů jsou vlastnosti HVO lepší než vlastnosti minerální motorové nafty [23].



Dalším plusem je pak nízký obsah síry a vysoké cetanové číslo (cca 75) s čímž souvisí extrémně nízký obsah aromatických uhlovodíků. Tyto vlastnosti pak příznivě ovlivňují emise pevných částic, tudíž jejich snížení. Dále pak tyto vlastnosti pozitivně ovlivňují i provozní vlastnosti motoru. HVO může být do motorové nafty přidána v libovolném množství, aniž by došlo ke snížení palivových vlastností, naopak dochází ke zlepšení hned několika vlastností základního paliva. Za největší benefit lze považovat zvýšení cetanového čísla, což je vidět v tabulce č. 5. Například po přidání HVO do motorové nafty v poměru 30 % HVO / 70 % motorová nafta, vrostle cetanové číslo z původních 51 jednotek na 55 jednotek. Jediným limitujícím faktorem je zde legislativa, která limituje obsah HVO v motorové naftě na 30 % v podobě normy EN 590, která nařizuje minimální hustotu paliva na 820 kg/m<sup>3</sup>, což odpovídá výše zmíněným procentům. Palivo HVO je nutné doplňovat mazivostními přísadami [23].

Tabulka č. 5: Fyzikálně-chemické vlastnosti paliva HVO ve směšovacích poměrech 30/70 a 100/0 (HVO/motorová nafta) [23]

| Parametr  | Motorová nafta | HVO30  | HVO100 |
|---|----------------|--------|--------|
| Destilační zkouška při 250 °C předestiluje [% objemu] | 40,10          | 30,60  | 2,80   |
| Destilační zkouška při 350 °C předestiluje [% objemu] | 97,00          | -      | -      |
| 95 % objemu se předestiluje při [°C]                  | 343,70         | 326,60 | 291,00 |
| Hustota při 15 °C [kg/m <sup>3</sup> ]                | 840,10         | 822,10 | 779,60 |
| Kinetická viskozita při 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]    | 2,60           | 2,65   | 2,85   |
| Cetanové číslo  | 51,10          | 55,10  | 74,90  |
| Bod vzplanutí [°C]                                    | 67,50          | 68,00  | 69,00  |
| Obsah polyaromatických uhlovodíků [% objemu]          | 5,00           | 3,60   | 0,10   |
| Obsah síry [mg/kg]                                    | 8,50           | 6,10   | <3,00  |

### **5.1.3 Bioetanol první generace**

Bioetanol první generace se vyrábí hlavně z plodin obsahujících cukry a škrob, jako je například obilí, řepa a brambory nebo kukuřice, za pomoci alkoholového kvašení. Rostliny, které obsahují cukr se fermentují přímo, zatímco u rostlin s obsahem škrobu se škrob přeměňuje na cukr. Takto vyrobený bioetanol se může přímo používat v zážehových spalovacích motorech jako pohonná hmota [6]. Velké uplatnění má třtinový alkohol ve státech Jižní Ameriky, kde se používá jako automobilové palivo. Od roku 1980 byla většina automobilů v Brazílii vybavena speciální úpravou motoru, která jim dovozovala jezdit na čistý alkohol. Brazílie je v současnosti lídrem na poli etanolu a má největší podíl vozidel používajících toto palivo. V USA se používá jako přídavek do automobilových benzínů bioetanol, který se vyrábí z kukuřice [2,7].

### **5.1.4 Bionafta první generace**

Bionaftou jsou označovány nízkomolekulární estery vyšších mastných kyselin s nízkomolekulárním alkoholem: FAME (Fatty Acid Methyl Ester). Mezi hlavní výhody bionafty patří její obnovitelnost a velmi dobrá biologická odbouratelnost, což je rozložitelnost látky biologickými reakcemi (například působením mikroorganismů v přírodě), nízká tvorba emisí a velmi dobrá mazací schopnost. Čistá bionafta je netoxické ekologické palivo, které neobsahuje síru, polyaromatické látky ani halogeny. Bionaftu lze vyrábět z vlastních zdrojů státu (pěstování olejin), který je pak méně závislý na importu ropy [16,6]. Bionaftu lze používat jako palivo ve stoprocentní koncentraci, pokud je motor speciálně upraven [16].

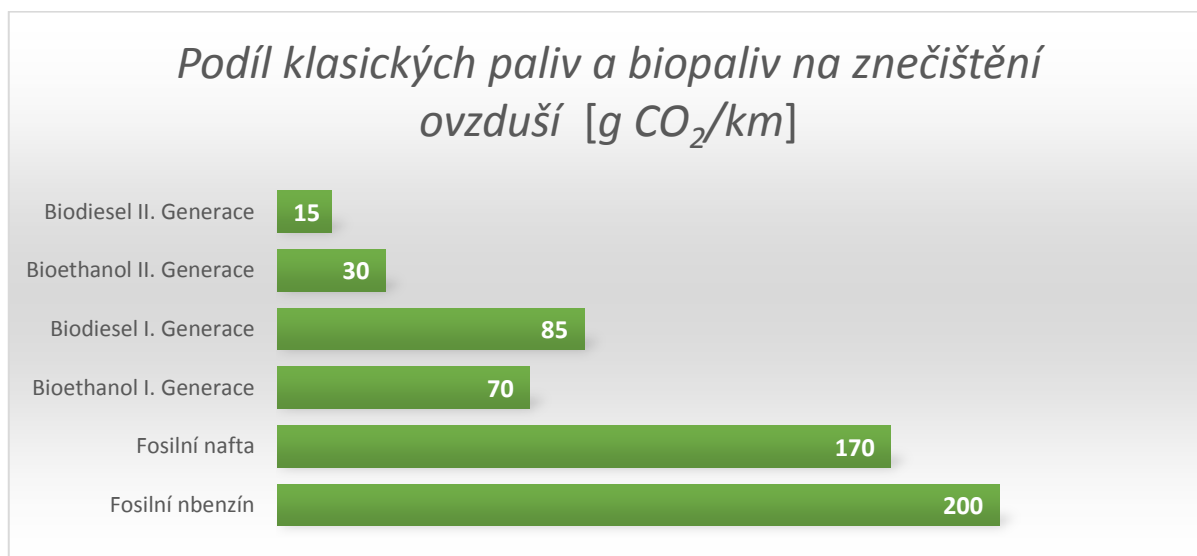
Velká nevýhoda bionafty je její ekonomická náročnost na výrobu (drahou složkou je zde vstupní rostlinný olej). Další nevýhoda tkví ve způsobování koroze palivového systému v důsledku vzniku mastných kyselin. Bionafta má také schopnost uvolňovat organické usazeniny v palivovém systému a tyto nečistoty následně zanáší celý palivový filtr [6]. V České republice se bionafta vyrábí z řepkového oleje a přidává do motorové nafty v poměru 30 % V/V. Toto palivo je známé jako SMN 30, tedy směsná motorová nafta.

## 5.2 Druhá generace

Tato generace biopaliv se také označuje pojmem pokročilá biopaliva. Rozdíl mezi první a druhou generací je zdroj, ze kterého jsou obě dvě paliva získávána. První generace, jak už bylo řečeno, se vyrábí ze škrobnatých plodin z potravinářského průmyslu, zatímco biopaliva pokročilá se vyrábí ze surovin, které se v potravinářském průmyslu nedají využít. Jedná se zejména o energetické plodiny (Vrba, Eukaliptus), které jsou rychle rostoucí a lze je, oproti plodinám z potravinářského průmyslu, pěstovat na různých místech. Dalšími zdroji pro výrobu biopaliv druhé generace jsou dřevnaté plodiny nebo živočišné tuky [13].

Nevýhoda těchto paliv tkví ve výrobě, která je spojená s vysokými náklady. Na vině je nutnost přeměny polysacharidů (celulóza) na jednoduché cukry. V blízké budoucnosti se dá očekávat, že náklady na výrobu pokročilých paliv budou klesat spolu s nárůstem vspělosti technologií výroby a přilákají tak nové investory [25].

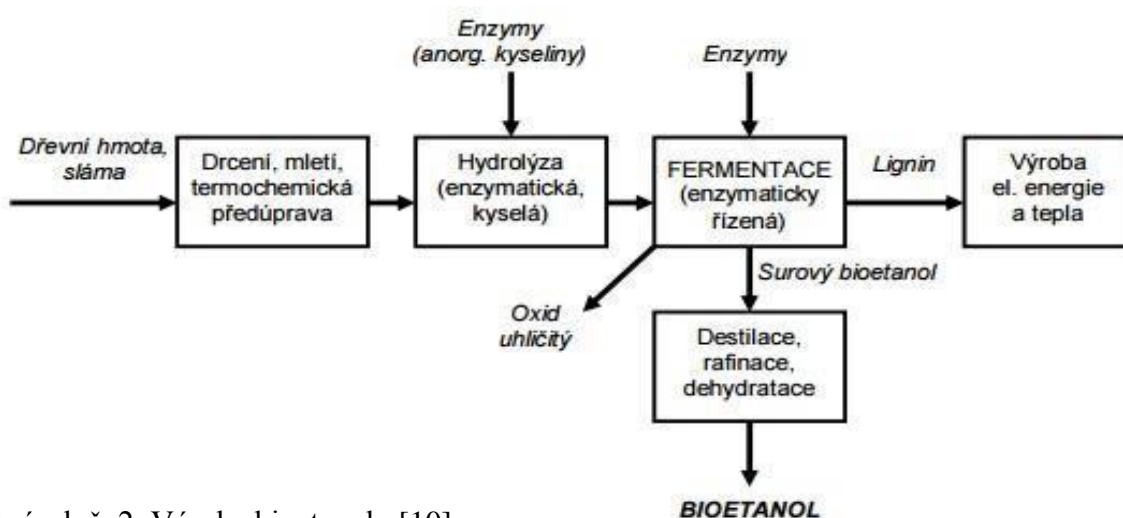
Potenciál pokročilých paliv tkví v nižší produkci oxidu uhličitého, jak je uvedeno v grafu č.2, kde je vidět razantní snížení emisí CO<sub>2</sub> oproti běžným palivům a biopalivům první generace [25].



Graf č. 2: Podíl klasických paliv a biopaliv na znečištění ovzduší [autor podle 11]

### 5.2.1 Bioetanol druhé generace

Důvodem zájmu o výrobu bioetanolu druhé generace, který se vyrábí z různých dřevin, obilovin nebo travních porostů (Lignocelulózových plodin), je skutečnost, že jsou tyto suroviny k dispozici ve vydatném množství a jsou levnější než potravinářské plodiny, zejména pokud bychom se zaměřili na různé druhy odpadů. Zpracování lignocelulosové biomasy na bioetanol vykazuje rovněž lepší energetickou bilanci [10,12]. Výzkumem technologie výroby bioetanolu z odpadní biomasy se v ČR intenzivně zabývá například Výzkumný ústav rostlinné výroby (VÚRV) [10].



Obrázek č. 2: Výroba bioetanolu [10]

### 5.2.2 Biobutanol

Biobutanol se vyrábí podobně jako bioetanol, tedy fermentací přímo zkvasitelných jednoduchých cukrů za působení jistého druhu mikroorganismů. Podíl butanolu je v konečném produktu velmi nízký, většinou od 15 do 25 objemových %. Směs navíc obsahuje aceton. Dosažení vyšší koncentrace je limitováno biologickým omezením.

Butanol i při nízké koncentraci (1,5 do 2 objemových %) zabraňuje růstu a funkci mikroorganismů a zastavuje celý fermentační proces [12]. Velkou výhodou biobutanolu je, že může být přidáván do motorových benzinů ve vyšší koncentraci, až 10 objemových %. Další velkou výhodou je, že jej lze používat bez nutnosti modifikace motoru [12].

V porovnání s bioetanolem má biobutanol až o 30 % vyšší energetický obsah, je bezpečnější díky nižší tenzi par a méně se odpařuje zvláště v letním období a v porovnání s bioetanolem prakticky nepohlcuje vodu, chová se tedy obdobně jako étery (MTBE – metyl butyl éter, ETBE – etyl butyl éter). Biobutanol je v porovnání s bioetanolem méně agresivní k většině konstrukčních materiálů, včetně plastů. Jako látka přírodního původu je biobutanol dobře biologicky odbouratelný a nepředstavuje ohrožení půdy ani vod. Určitou nevýhodou je malé oktanové číslo [12].

### **5.2.3 Bionafta druhé generace**

Bionafta druhé generace se skládá ze tří složek. První složkou je metylester řepkového oleje. Druhou složkou jsou lehké nebo těžké alkany s dobrými fyzikálně-chemickými vlastnostmi, které nesnižují biologickou odbouratelnost. Třetí složku tvoří bezsirný destilát, který díky své dobré výhřevnosti zvyšuje výkon motoru a snižuje spotřebu. Přidáním bezsirného destilátu však mohou vzrůstat vyprodukované emise a může se snižovat biologická odbouratelnost paliva [9]. Bionafta druhé generace je tedy směs čistého MEŘO a motorové nafty. Nespornou výhodou je, že bionafta druhé generace při spalovacím procesu lépe shoří (díky přidaným alkanům), čímž se snižuje kouřivost motoru, množství síry, oxidu uhličitého a aromatických látek. Bionafta má vyšší mazací schopnost než běžná nafta. Touto vlastností je bionafta druhé generace schopná snižovat opotřebení motoru a prodlužovat životnost vstřikovacích jednotek. Nevýhodou tohoto paliva je snižování výkonu motoru díky nižší výhřevnosti, než má motorová nafta. Při vyšším poměru MEŘO ve směsi s motorovou naftou může docházet i ke korozivním účinkům vlivem větší kyselosti paliva [45].

### 5.3 Třetí generace

Hlavním zdrojem pro výrobu těchto biopaliv jsou řasy. Je třeba mít na paměti, že biopaliva třetí generace jsou stále ve vývoji a jsou jen zářícím majákem v budoucnosti využití biopaliv jako paliva. Fotosyntetizující řasy mohou produkovat obnovitelnou energii a absorbovat oxid uhličitý. Tato energie by se v budoucnu mohla vyrovnat energiím získávaným z běžných paliv, jako je motorová nafta a motorový benzín. Tyto mikroorganismy jsou navíc velmi nenáročné na prostředí a prostor na rozdíl od vyšších rostlin [24].

Velkým zásobíštěm řas jsou moře a oceány, kde mořský fytoplankton tvoří jedno z nejrozšířenějších společenstev na Zemi, ne-li to nejrozšířenější. Řasy umožňují dýchání ostatním živočichům, díky své schopnosti vylučovat kyslík. Řasy mohou být autotrofní, což znamená, že získávají uhlík z anorganických látek, jako je oxid uhličitý, sůl a sluneční záření (fotosyntéza) nebo heterotrofní. Heterotrofní organismy využívají jako zdroj uhlíku organické látky vytvořené jinými organismy. Existují i řasy mixotrofní, které pro své přežití využívají anorganických i organických zdrojů. Problémem při získávání paliv z řas není jejich pěstování ale jejich zpracování. Toto zpracování je v současné době až třikrát dražší než výroba paliv z ropy [24].

#### 5.3.1 Mikro-řasy a Makro-řasy

Řasy, které jsou mikroskopické se označují jednoduchým pojmem Mikro-řasy. Tyto organismy žijí převážně ve slaných, ale i ve sladkých vodách. Mezi nejznámější mikro-řasy patří například Sinice, Zelenivky nebo Zlativky. Biomasa, která je tvořena z mikro-řas, obsahuje průměrně 50 % uhlíku, jenž pochází z oxidu uhličitého, který je dodáván během dne. Problémem je zde finanční náročnost dodávky oxidu uhličitého, který lze částečně eliminovat přiváděním oxidu uhličitého z tepelných elektráren, které spalují pevná paliva. Makro-řasy jsou na rozdíl od mikroskopických řas mnohobuněčné organismy, které rostou na skalnatých plochách. Z čehož vyplývá, že se tyto řasy vyskytují hojně u pobřeží moře. Řasy se dělí na hnědé, červené a zelené. Velmi zastoupenou skupinou jsou řasy zelené, které patří k druhově nejbohatším a v přírodě k nejrozšířenějším (až 7000 druhů). 90 % zelených řas se vyskytuje ve sladkých vodách a zástupci největších druhů se vyskytují i v mořích. Další možnou základnou pro růst zelených řas jsou půdy a lišejníky [24].

### 5.3.2 Paliva získávaná z řas

Díky kultivaci řas je možné získávat hned několik typů biopaliv a dalších různých produktů. Tento způsob získávání paliva je v povědomí lidstva již delší dobu, ale až teď je na něj pohlíženo jako na vážného konkurenta na poli paliv a biopaliv. Zcela zásadním jevem je zde fotosyntetická schopnost řas, jenž tkví v absorpci slunečního záření pomocí fotosyntetických pigmentů, jako je například chlorofyl, a přeměňována na chemickou energii [24].

Rovnice popisující fotosyntézu je následující:  $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6 \text{ H}_{12} \text{ O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$ , kde přeměna oxidu uhličitého a vody probíhá pomocí fotonů. Fotosyntézou a na ní navazujícími procesy jsou získávány uhlovodíky, sacharidy a v neposlední řadě přírodní rostlinné oleje [24].

#### Bionafta třetí generace

Bionafta získávaná z řas se vyrábí, stejně jako bionafta z rostlinných olejů, pomocí transesterifikace. Srovnání bionafty z olejů z mikro-řas a běžné nafty popisuje tabulka č. 6. Z této tabulky vyplývá, že bionafta získávaná z řas má podobné vlastnosti, jako běžná nafta a mnohdy jsou ony vlastnosti i lepší (bod vzplanutí a bod tuhnutí) [24].

Tabulka č. 6: Porovnání vlastností běžné nafty a bionafty třetí generace [24]

| Vlastnost                              | Bionafta z olejů z mikro-řas | Běžná nafta     |
|--|------------------------------|-----------------|
| Hustota při 15 °C [kg/m <sup>3</sup> ] | 864,00                       | 838,00          |
| Bod vzplanutí [°C]                     | 65,00                        | 75,00           |
| Bod tuhnutí [°C]                       | -12,00                       | -50,00 až 10,00 |
| Filtrovatelnost [°C]                   | -11,00                       | -6,70           |
| Výhřevnost [MJ/kg]                     | 41,00                        | 40,00 až 45,00  |
| Číslo kyselosti [mg KOH/g]             | 0,37                         | 0,50            |

#### Bio-olej

Olej obsažený v řasách je zastoupen v daleko větším měřítku než olej obsažený v rostlinách. Jeden hektar pro kultivaci řas vyprodukuje 10 až 100krát větší objem oleje než jakákoliv známá energetická plodina, jak je uvedeno v tabulce č. 7. Další výhodou tkví ve sklizení řas, které se dají sklízet již po třech dnech. Velkou a nespornou výhodou je, že řasy mohou růst ve slaných a odpadních vodách, tudíž se nemusí spotřebovávat sladká voda [24].

Tabulka č. 7: Obsažnost oleje u různých plodin [24]

| Plodina      | Množství získaného oleje [l/ha] |
|--------------|---------------------------------|
| Kukuřice     | 172                             |
| Sója         | 446                             |
| Řepka olejná | 1 190                           |
| Kokos        | 2 689                           |
| Palma Olejná | 5 950                           |
| Mikro-řasy   | 136 900                         |

Podle hodnot v tabulce č. 7 je možné říci, že z jednoho hektaru řas lze získat až 115x více oleje než z jednoho hektaru Řepky olejné.

Olej z řas lze získávat metodou extrakce pomocí ultrazvuku. Při této metodě jsou na řasy vysílány ultrazvukové vlny, které v rozpouštědle tvoří bublinky. Tyto bublinky prasknou v blízkosti buněčných stěn řas a vytváří vlny. Ty pak způsobí prasknutí stěn a obsah buněk je vypuštěn a z něho je extrahován olej [24].

### **Biometan a Biovodík třetí generace**

Biometan se dá vyrobit z řas pomocí procesu, který je znám jako pyrolýza. Pyrolýza je termický rozklad organických látek, který se děje bez přístupu kyslíku. Biomasa se ohřívá na mez termické stability organických sloučenin. Tyto sloučeniny se pak pod vlivem tepla štěpí na stálé nízkomolekulární produkty a pevný zbytek [24].

Mikro-řasy jsou zdrojem pro výrobu biovodíku, protože disponují genetickými a metabolickými vlastnostmi potřebné k výrobě tohoto plynu. Celý proces výroby je poněkud technicky a finančně náročný a lze vyrobit jen zlomek teoretického maxima. Náročnost spočívá v udržování anaerobních podmínek, které jsou pro výrobu biovodíku zcela zásadní. Produkce biovodíku z řas je tedy spíše teoretická a je vyhlídkou do budoucna [24].



## **6. Legislativa**

### **Zákon o ochraně ovzduší**

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší vešel v platnost dne 13. června 2012, nicméně účinnosti nabyl až 1. září 2012 a byl naposledy aktualizován 1.1.2017 a má platit až do konce roku 2019. Cílem zákona je zajistit do konce roku 2017 snížení emisí skleníkových plynů o 4 % a snížení emisí skleníkových plynů do konce roku 2020 o 6 %. Tento zákon má velký vliv na celkovou spotřebu biopaliv v dopravě v rámci ČR. Udává objem biosložky přimíchávané do fosilních paliv a udává výši pokut, které musejí distributoři pohonných hmot uhradit v případě nedodržování podmínek, které tento zákon nařizuje. Dodavatel pohonných hmot je povinen zajistit, aby v pohonných hmotách, které uvádí do volného daňového oběhu na daňovém území České republiky pro dopravní účely v příslušném období nebo které byly uvedeny do volného daňového oběhu v jiném členském státě Evropské unie a jsou dodávány na daňové území České republiky pro dopravní účely v příslušném období, bylo obsaženo minimální množství biopaliva

- a) ve výši 4,1 % objemových z celkového množství motorových benzinů přimíchaných do motorových benzinů,
- b) ve výši 6,0 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchaných do motorové nafty [25,34].

Dodavatel pohonných hmot, který nesplní tuto povinnost, vzniká povinnost uhradit pokutu z nedodaného objemu biopaliv. Pokuta se vypočte jako součin množství nedodaného biopaliva a částky 40 Kč [34].

### **Zákon o pohonných hmotách**

Zákon č. 311/2006 Sb., o pohonných hmotách, který nabyl účinnosti 22. června 2006, je zákonem, který udává předpisy, týkajících se pohonných hmot, především kvalitativní požadavky na pohonné hmoty podle ČSN. Udává jakost a složení pohonných hmot a definuje podmínky jejich prodeje, eviduje čerpací stanice a distributory pohonných hmot [25].

## **Úspora emisí skleníkových plynů**

Evropský parlament v roce 2015 schválil směrnici 2015/1513/ES, která upravuje a mění některá ustanovení v oblasti použití biopaliv a úspory emisí skleníkových plynů v dopravě. Tyto změny se týkají směrnic 98/70/ES s názvem FQD (Fuel Quality Directive) a 2009/28/ES nazývanou RED (Renewable Energy Directive) [22].

FQD zavádí požadavek na dodavatele pohonných hmot s cílem snížit intenzitu skleníkových plynů z dopravy. Směrnice dále stanovuje kritéria udržitelnosti, které musí biopaliva splňovat. Mezi tato kritéria zahrnujeme dvě základní povinnosti. První povinností je zajistit, aby při výrobě biopaliv nedošlo ke znečišťování vodních zdrojů, zvyšování cen potravin, odlesňování a snižování biodiverzity, tedy přírodní rozmanitosti ve všech formách. Druhou povinností je prokázání určité úspory emisí skleníkových plynů vyprodukovaných během celého životního cyklu biopaliva v porovnání s fosilními palivy [42].

RED je směrnice o obnovitelných zdrojích energie a zavádí celkovou politiku produkce a podpory energie z obnovitelných zdrojů ve státech Evropské unie (dále jen EU). Směrnice vyžaduje, aby EU splnila alespoň 20 % svých celkových energetických potřeb pomocí obnovitelných zdrojů energie, a to do roku 2020 [41].

### **6.1 Povinnosti výrobců a distributorů biopaliv na území České republiky**

Z předešlých zákonů tedy vyplývají určité povinnosti, které musejí distributoři paliv na našem území dodržovat. Dodavatel pohonných hmot je tedy povinen zajistit, aby v pohonných hmotách, které uvádí do volného daňového oběhu na daňovém území České republiky pro dopravní účely bylo obsaženo minimální množství biopaliva ve výši 4,1 % objemových z celkového množství motorových benzinů přimíchaných do motorových benzinů a ve výši 6,0 % objemových z celkového množství motorové nafty přimíchaných do motorové nafty.

Dále je distributor pohonných hmot na území České republiky povinen dodržovat kritéria udržitelnosti biopaliv, která stanovují prokazatelnost původu biopaliva, přičemž se musí doložit, že při pěstování biomasy určené k výrobě biopaliva nebyla narušena biodiverzita. Další kritérium je prokázání úspory emisí skleníkových plynů vyprodukovaného v celém životním cyklu daného biopaliva.

## 7. Analýza vlivu biopaliv na životní prostředí

### 7.1 Vliv řepkového oleje na funkci vznětového motoru a produkci emisí z výfukových plynů

Čistý olej se v dopravě používá minimálně a pro jejich používání musí být motor speciálně upraven. V našich zeměpisných podmínkách se, jak už se píše výše, používá nejčastěji řepkový olej [5].

Následná data čerpají ze studie [5], která se zabývala porovnáním rostlinného oleje a nafty na motoru Zetor 7701. Měření bylo provedeno na zkušebním motorovém stanovišti Katedry vozidel a pozemní dopravy na České zemědělské univerzitě v Praze. V prvním kroku byla jako palivo použita motorová nafta. Pro čtyři otáčkové režimy 1000, 1330, 1660 a 2000 min<sup>-1</sup> byly naměřeny čtyři zatěžovací body. V těchto jednotlivých bodech byla měřena spotřeba paliva a produkce jednotlivých složek škodlivých emisí. V druhém kroku bylo jako palivo použito rostlinného oleje ohřátého na teplotu 80 °C. Postup měření i rozložení měřených bodů zůstalo stejné [5]. V Tabulce č.8 jsou uvedeny výsledné hodnoty testování.

Tabulka č. 8: Výsledné hodnoty parametrů nafty a řepkového oleje [5]

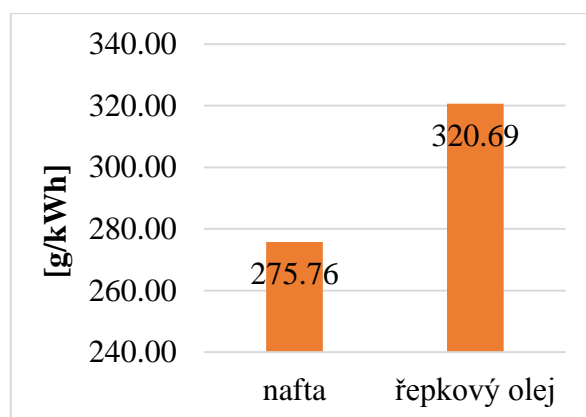
| Parametr                                     | nafta  | řepkový olej |
|--|--------|--------------|
| průměrná měrná spotřeba paliva [g/kWh]       | 275,78 | 320,69       |
| průměrné měrné emise CO <sub>2</sub> [g/kWh] | 829,32 | 903,14       |
| průměrné měrné emise CO [g/kWh]              | 25,35  | 19,54        |
| průměrné měrné emise HC [g/kWh]              | 0,16   | 0,19         |
| průměrné měrné emise NO <sub>x</sub> [g/kWh] | 6,55   | 8,12         |

Při použití rostlinných olejů jako paliva, se výkon motoru sníží o 5 % a spotřeba paliva vzroste o 15 %. Průměrná hodnota měrných emisí oxidu uhličitého vzroste o skoro 9 %, oxidu dusíku o 24 % a nespálených uhlovodíků až o 18 %.

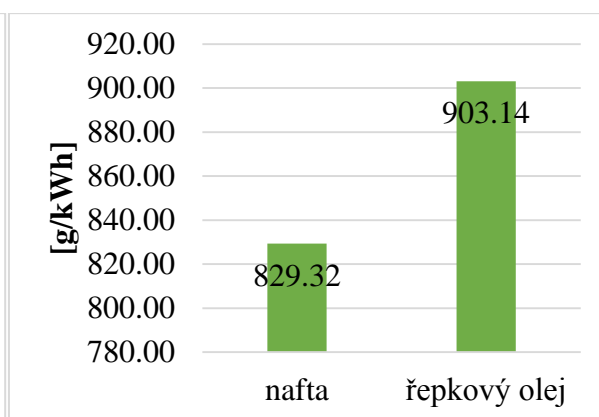
Naproti tomu klesá kouřivost motoru o 20 % a průměrná hodnota měrných emisí oxidu uhelnatého klesla o 23 %. Velkým limitujícím faktorem je zde malá životnost pístové skupiny zejména z pohledu zapékání pístních kroužků. Životnost lze prodloužit zvýšením vstřikovacího tlaku, použitím dvoupalivového systému nebo použitím dvou vstřikovačů [5].

Přes zmíněnou problematiku použití řepkového oleje jako paliva je energetická náročnost výroby nižší než u metylesterů řepkového oleje (bionafty), tudíž má toto palivo větší potenciál ke snížení skleníkových plynů. Pěstování řepky olejné dále přináší potenciál pro rozvoj našeho zemědělství [5].

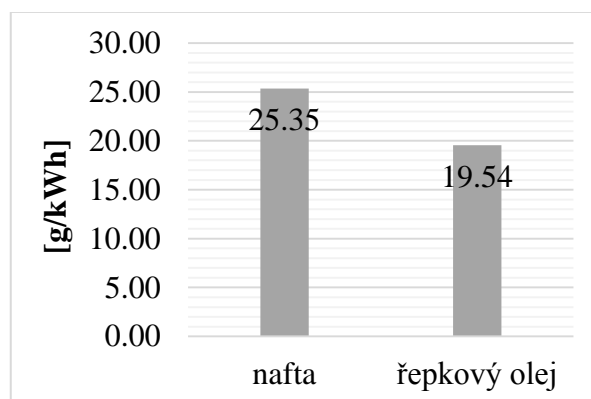
Pro lepší názornost výsledků studie jsou naměřená data převedena do jednoduchých grafů (č. 3-8)



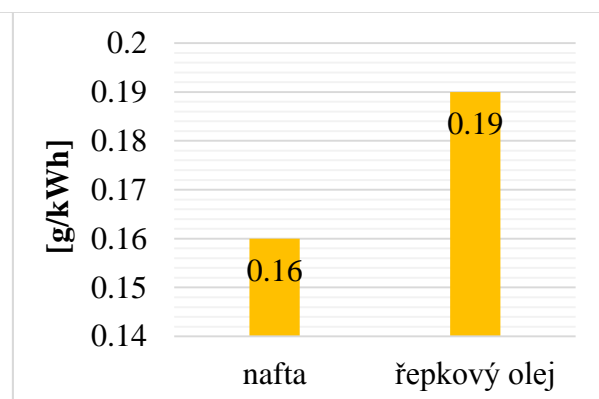
Graf č. 3: Průměrná potřeba paliva [5]



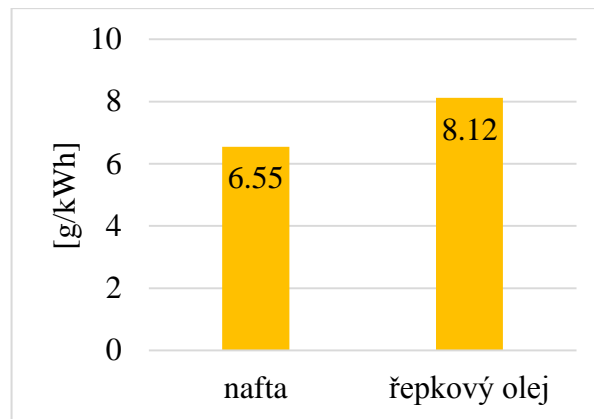
Graf č. 4: Produkce oxidu uhličitého [5]



Graf č. 5: Produkce oxidu uhelnatého [5]



Graf č. 6: Produkce uhlovodíků [5]



Graf č. 7: Produkce oxidů dusíku [5]

## 7.2 Porovnání bioetanolu s klasickými palivy

Bioetanol má oproti naftě nízkou výhřevnost, nízké cetanové číslo a špatnou mazací schopnost. Ve srovnání s benzínem má nízkou výhřevnost a vysoké oktanové číslo. Na základě nízké výhřevnosti je spotřeba bioetanolu vysoká [3]. Tyto a další rozdíly oproti klasickým palivům uvádí tabulka č. 9

Tabulka č. 9: Porovnání vlastností běžných paliv s bioetanolem [3]

| Veličina                               | Nafta   | Benzín | Bioetanol |
|--|---------|--------|-----------|
| Hustota při 15 °C [Kg/m <sup>3</sup> ] | 830,00  | 750,00 | 794,00    |
| Výhřevnost [KWh/kg]                    | 11,80   | 12,00  | 7,44      |
| Hmotnostní podíl kyslíku [%]           | <0,60   | <2,70  | 34,70     |
| Oktanové číslo VM                      | -       | 91-100 | 108,00    |
| Cetanové číslo                         | > 51,00 | -      | 7,00      |

### 7.2.1 Přidávání bioetanolu do benzínu

Do automobilového benzínu se přidává bioetanol v malém měřítku. Parametry se tak mění jen minimálně a není za potřeby dalších úprav spalovacího prostoru.

Přidáním bioetanolu do benzínu se zvyšuje oktanové číslo a zároveň také tlak par. Vyšší skupenské výparné teplo způsobuje problémy při startech motoru za nízkých teplot. Bioetanol může způsobovat korozi součástí. Agresivně působí i na některé plasty a pryže [3].

Jako palivo se používá směs vysokoobsahová. Vysokoprocentní směs představuje E85 tvořená z 85 % bioetanolem a 15 % benzínem natural 95 (oktanové číslo 95 znamená, že palivo je stejně odolné proti samozápalu jako směs skládající se z 95 % izo-oktanu a 5 % n-heptanu). Toto palivo je možné využívat i v běžných vozidlech ovšem za cenu úpravy řídicí jednotky motory. Cena takovéto řídicí jednotky se pohybuje od 6 000 Kč do cca 15 000 Kč [46]. Na toto palivo lze jezdit i bez úpravy řídicí jednotky, ale za cenu častějších výměn palivového filtru [46]. Výhodou paliva E85 je běžná dostupnost na čerpacích stanicích na západě Evropy a v České republice [3].

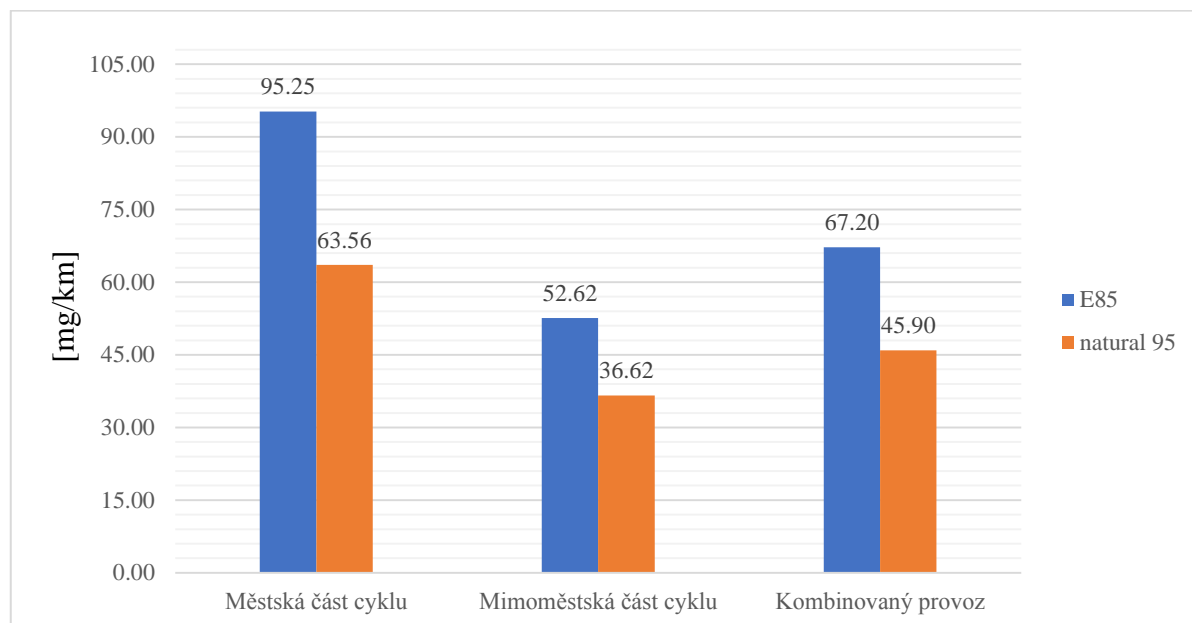
Tabulka č. 10: Měření emisí při různých cyklech provozu u Naturalu 95 a paliva E85 [3]

| Měrný parametr                               | Městská část cyklu | Mimoměstská část cyklu | Kombinovaný provoz |
|--|--------------------|------------------------|--------------------|
| Spotřeba paliva E85 [g/km]                   | 95,25              | 52,62                  | 67,20              |
| Spotřeba paliva natural 95 [g/km]            | 63,56              | 36,62                  | 45,90              |
| CO <sub>2</sub> na palivo E85 [g/km]         | 219,60             | 122,80                 | 158,05             |
| CO <sub>2</sub> na palivo natural 95 [g/km]  | 225,50             | 126,70                 | 163,06             |
| CO na palivo E85 [g/km]                      | 0,27               | 0,26                   | 0,26               |
| CO na palivo natural 95 [g/km]               | 0,43               | 0,33                   | 0,37               |
| HC na palivo E85 [mg/km]                     | 2,59               | 1,49                   | 1,89               |
| HC na palivo natural 95 [mg/km]              | 3,20               | 1,86                   | 2,35               |
| NO <sub>x</sub> na palivo E85 [mg/km]        | 17,25              | 17,42                  | 17,36              |
| NO <sub>x</sub> na palivo natural 95 [mg/km] | 24,39              | 25,46                  | 25,07              |

Pro lepší názornost jsou naměřená data převedena do jednoduchých grafů při různých cyklech (č. 8-12)

### Spotřeba paliva

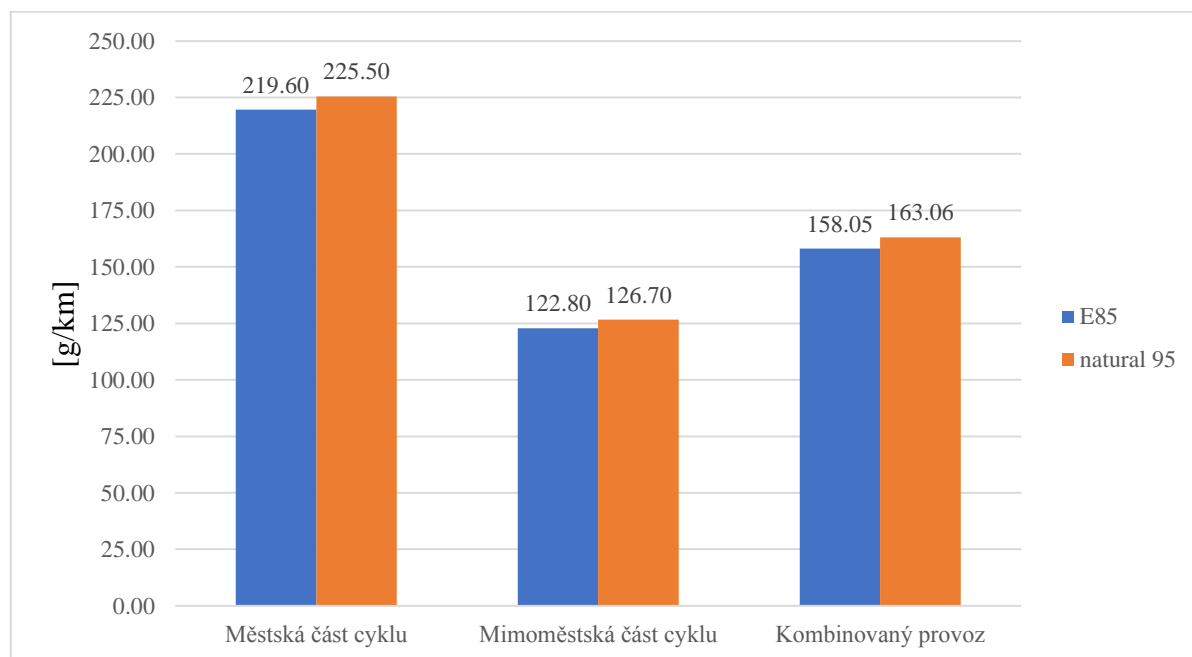
Na grafu č. 8 je znázorněno porovnání spotřeby paliva ve třech provozních cyklech. Z grafu je možno vyčíst, že spotřeba paliva E85 je větší než naturalu 95 a to ve všech cyklech provozu.



Graf č. 8: Spotřeba paliva při různých cyklech provozu [autor podle 3]

### Emise CO<sub>2</sub>

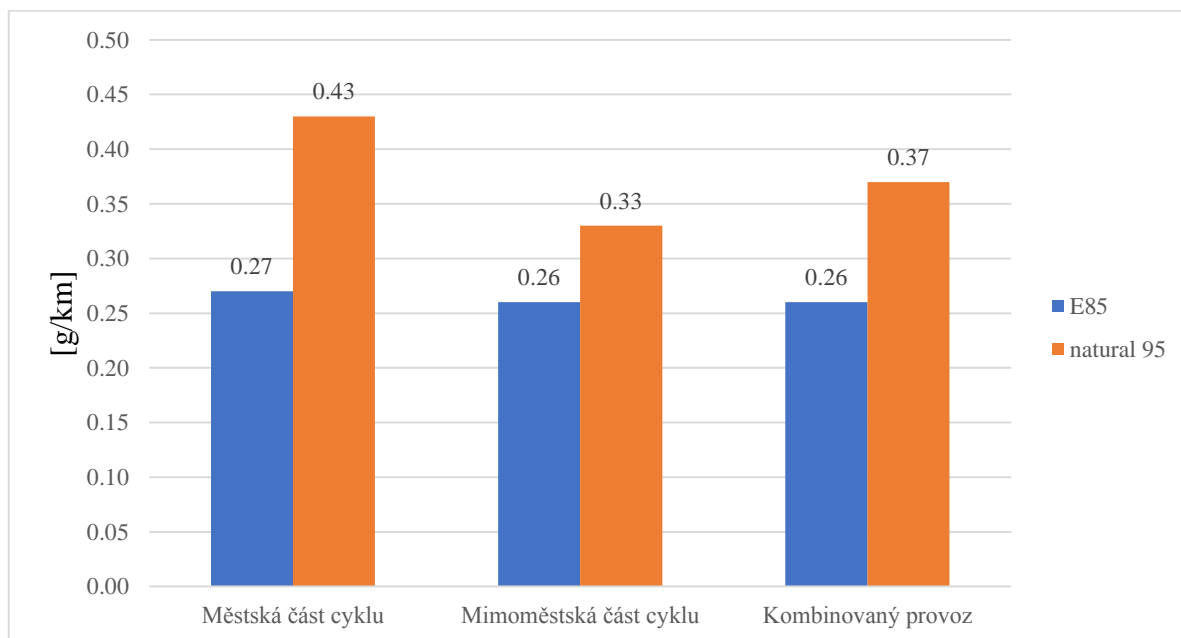
Provoz na palivo natural 95 vyprodukoval o něco více emisí oxidu uhličitého než palivo E85, a to ve všech cyklech provozu. Hodnoty jsou patrné z grafu č. 9.



Graf č. 9: Emise CO<sub>2</sub> při různých cyklech provozu [autor podle 3]

### Emise CO

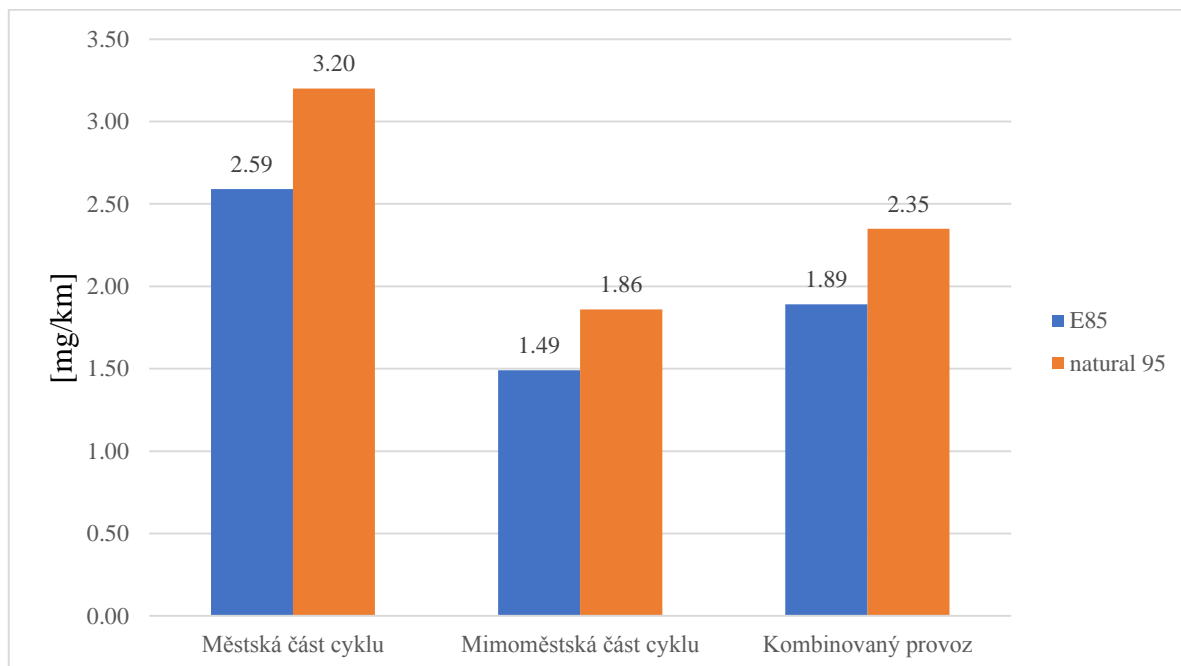
Provoz na palivo E85 vyprodukoval méně emisí oxidu uhelnatého než palivo natural 95. Nejvíce je rozdíl vidět při městské části provozu, tedy při nízkých rychlostech a častém zastavování a rozjíždění. Hodnoty jsou zobrazeny na grafu č. 10.



Graf č. 10: Emise CO při různých cyklech provozu [autor podle 3]

### Emise HC

I při měření emisí nespálených uhlovodíků prokazovalo příznivější hodnoty palivo E85, a bylo tomu tak znovu ve všech cyklech provozu, jak udávají hodnoty v grafu č. 11.

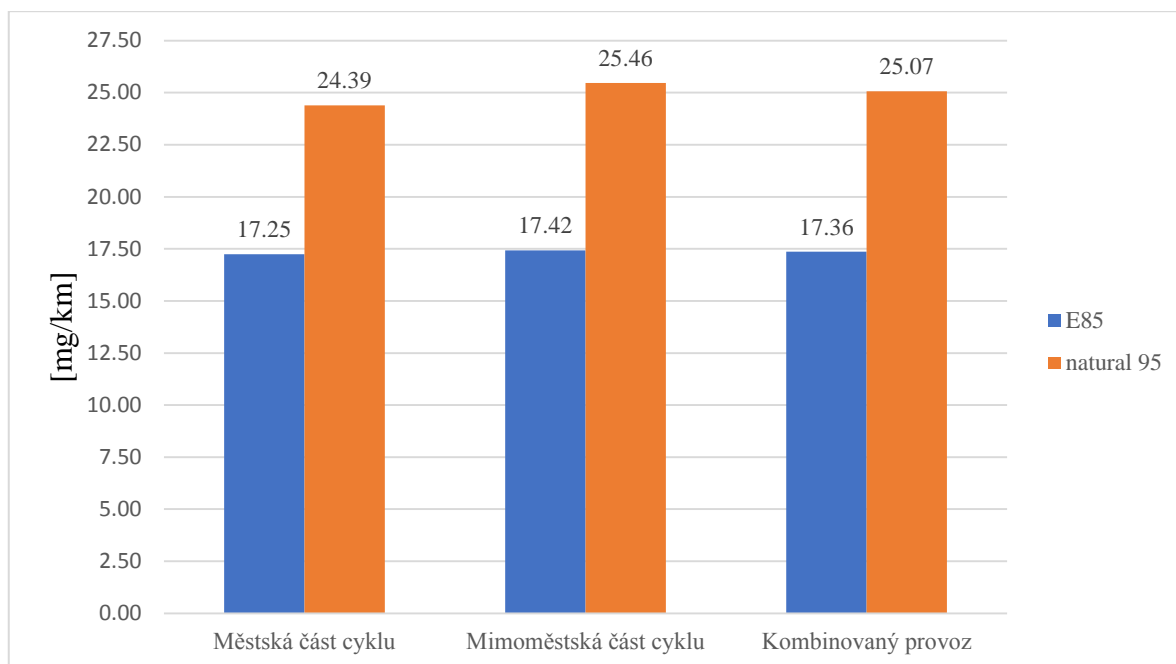


Graf č. 11: Emise HC při různých cyklech provozu [autor podle 3]



### Emise NO<sub>x</sub>

Z grafu č. 12 vyplývá, že ve všech cyklech provozu bylo znečištění ovzduší oxidy dusíku větší spalováním paliva natural 95 a výsledky byly ve všech cyklech provozu skoro totožné.



Graf č. 12: Emise NO<sub>x</sub> při různých cyklech provozu [autor podle 3]

Při používání paliva E85 lze očekávat větší spotřebu paliva, a to z důvodu nižší výhřevnosti. Toto se však může příznivě projevit na ceně paliva, které musí být konkurenceschopné. Obrovskou výhodou je snížení produkce oxidu uhelnatého o 30 %, nespálených uhlovodíků o 21 % a produkce oxidů dusíku až o 31 %. Pokles oxidu uhličitého už není tak razantní [3].

### 7.2.2 Přidávání bioetanolu do motorové nafty

Na Katedře vozidel a pozemní dopravy Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze byla zkoušená možnost přimíchávání bioetanolu do motorové nafty. Problémem tohoto řešení je obtížná mísitelnost obou paliv a také nízká stálost této směsi. Mísitelnost a stálost směsi je možné podpořit přísadami, např. butanolem [3].

Na traktorovém motoru zetor 7701 byly naměřeny celkové charakteristiky motoru pro motorovou naftu a pro směsné palivo složené z 80 % z motorové nafty a 20 % bioetanolu. Homogenita směsi byla podpořena nepřetržitým mícháním během měření. Přínos přidávání 20 % bioetanolu byl vyhodnocen pomocí simulace NRTC (Non Road Transient Cycle) [3].

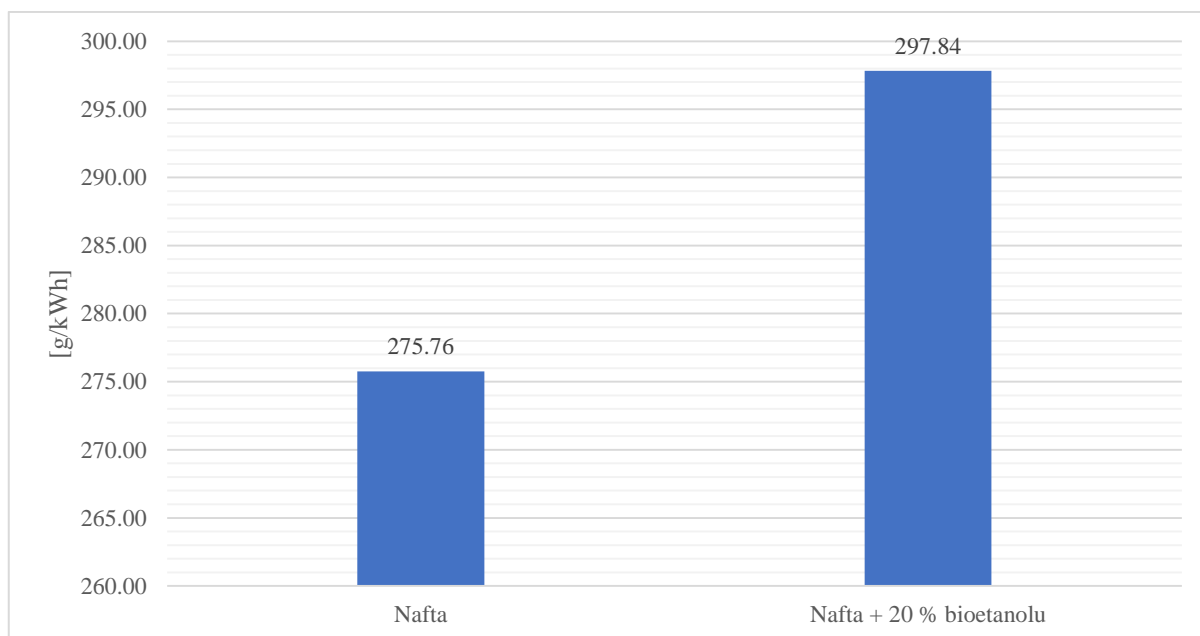
Tabulka č. 11: Parametry nafty smíchané s dvaceti procenty bioetanolu [3]

| Měřený Parametr                              | Nafta  | Nafta + 20 % bioetanolu |
|--|--------|-------------------------|
| Průměrná měrná spotřeba paliva [g/kWh]       | 275,76 | 297,84                  |
| Průměrné měrné emise CO <sub>2</sub> [g/kWh] | 829,32 | 822,01                  |
| Průměrné měrné emise CO [g/kWh]              | 25,35  | 22,29                   |
| Průměrné měrné emise HC [g/kWh]              | 0,16   | 0,13                    |
| Průměrné měrné emise NO <sub>x</sub> [g/kWh] | 6,55   | 5,43                    |

Pro lepší názornost jsou naměřená data převedena do jednoduchých grafů při různých cyklech (č. 13-17)

### Spotřeba paliva

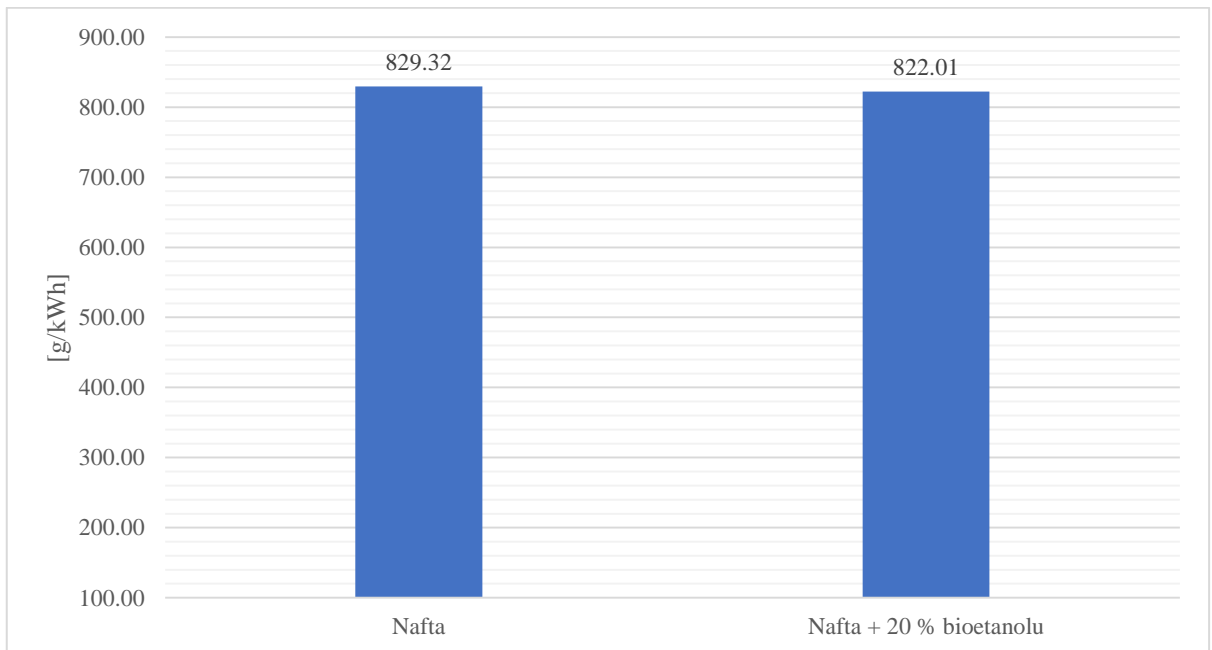
Na grafu č. 13 je jasně viditelný nárůst spotřeby paliva po přidání bioetanolu do motorové nafty.



Graf č. 13: Spotřeba paliva (nafta + 20 % bioetanolu) [autor podle 3]

## Emise CO<sub>2</sub>

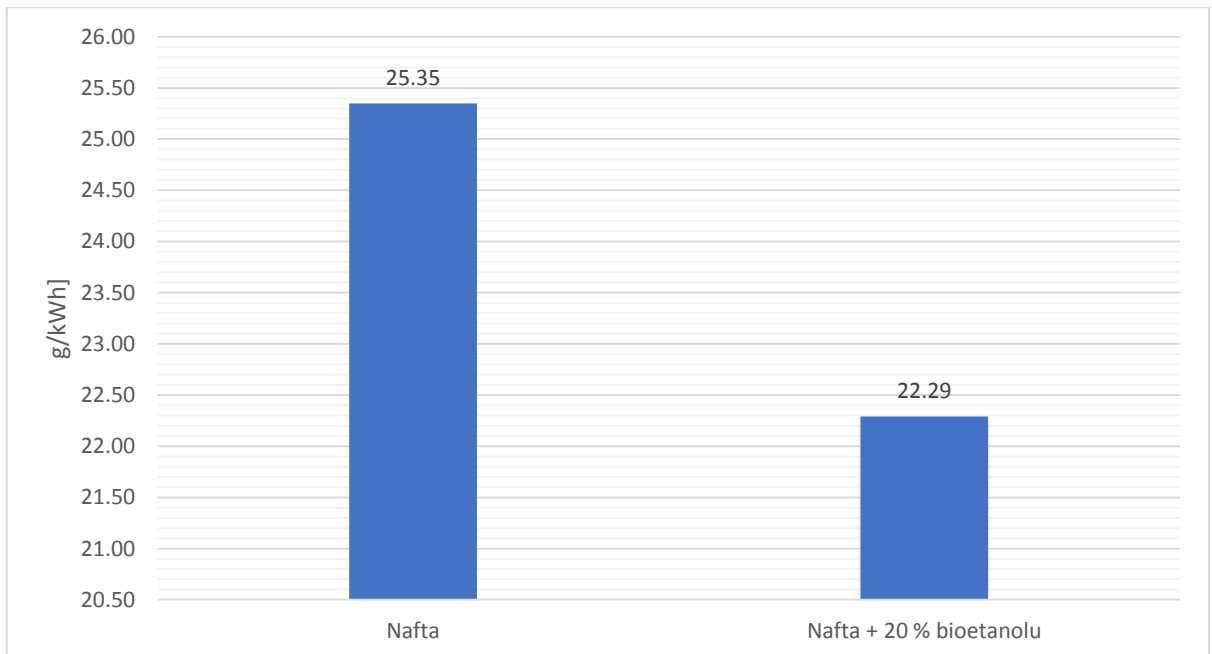
Z naměřených dat z grafu č. 14 je vidět snížení vyprodukovaných emisí oxidu uhličitého po přidání bioetanolové složky do motorové nafty.



Graf č. 14: Emise CO<sub>2</sub> (nafta + 20 % bioetanolu) [autor podle 3]

## Emise CO

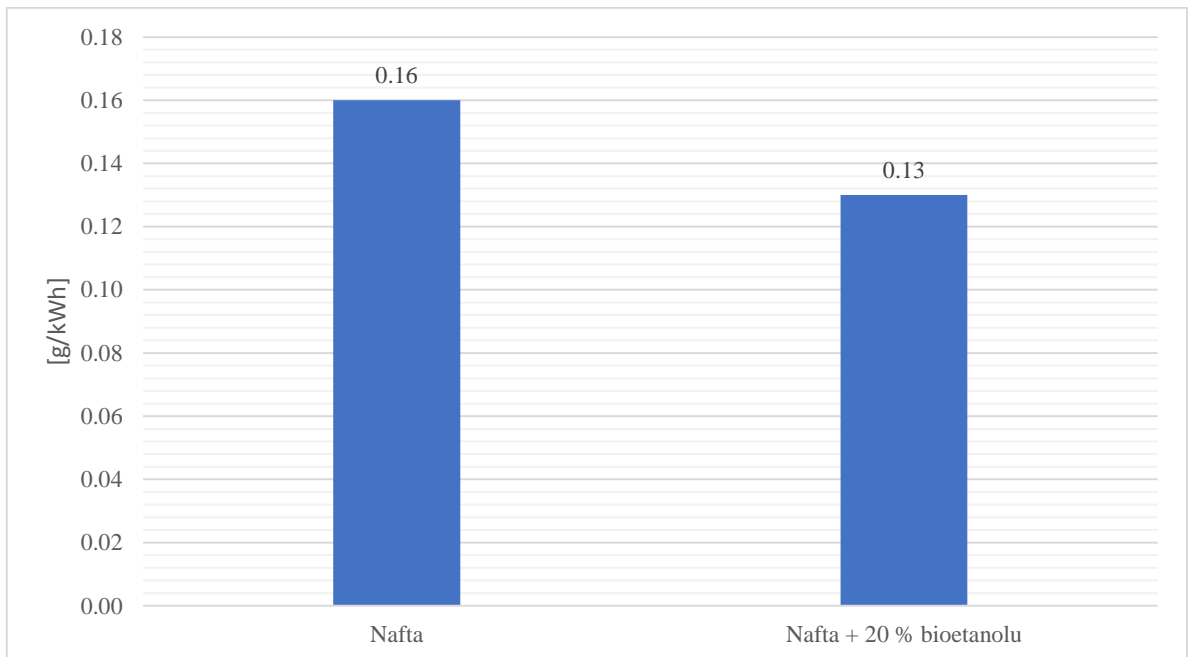
Stejně jako u emisí oxidu uhličitého, i u emisí oxidu uhelnatého bylo zaznamenáno jejich snížení u paliva s bioetanolovou složkou, jak ukazuje graf č. 15



Graf č. 15: Emise CO (nafta + 20 % bioetanolu) [autor podle 3]

### Emise HC

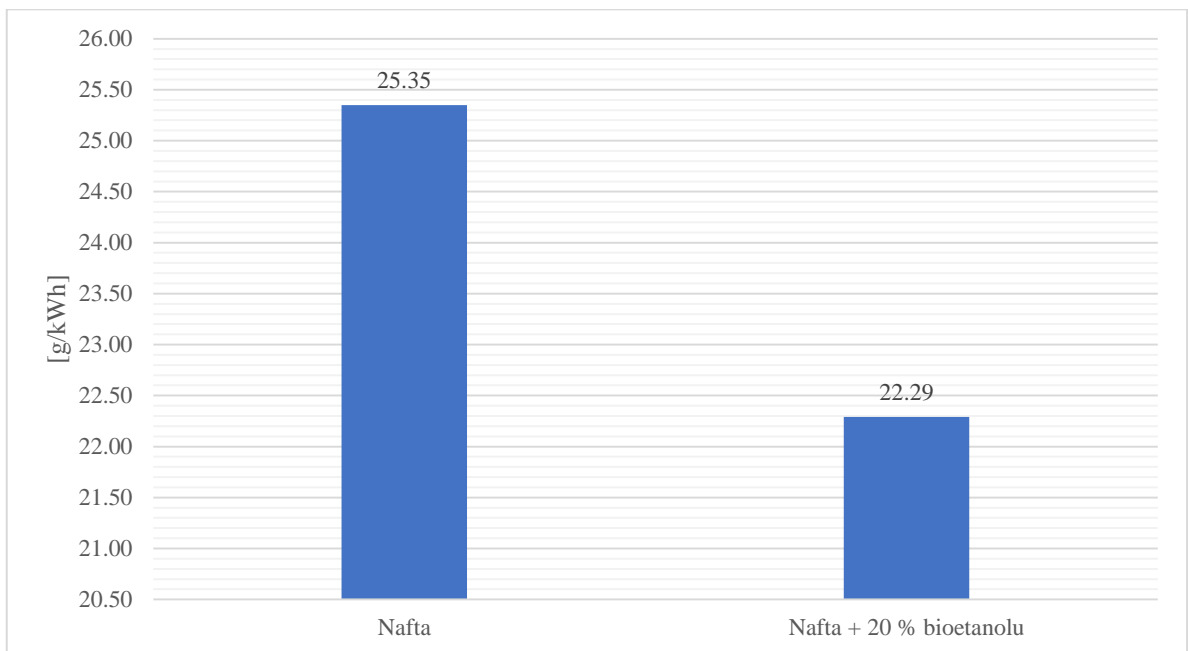
Další snížení po použití nafty s biosložkou nastalo u uhlovodíků, jak je možné pozorovat v grafu č. 16.



Graf č. 16: Emise HC (nafta + 20 % bioetanolu) [autor podle 3]

### Emise NO<sub>x</sub>

Úspora emisí oxidů dusíku se také snížila, jak je možno vyčíst z hodnot v grafu č. 17 a je tedy možno říci, že nafta s bioetanolem působí velmi dobře na snížení emisí z výfukových plynů.



Graf č. 17: Emise NO<sub>x</sub> (nafta + 20 % bioetanolu) [autor podle 3]

Výsledky ukazují na výrazný ekologický přínos přidání 20 % bioetanolu do motorové nafty. Všechny základní složky škodlivých emisí vykazují pokles. Největší pokles nastává v produkci emisí nespálených uhlovodíků (18,75 %), oxidů dusíku (17,1 %) a oxidu uhelnatého (12,07 %). Produkce oxidu uhličitého zůstává téměř stejná, kladný přínos je opět třeba hledat v biologickém původu bioetanolu. Jediný parametr, který se zhoršil, je měrná spotřeba paliva, což je způsobeno nižší výhřevností přidaného bioetanolu [3].

### **7.3 Vliv MEŘO na produkci emisí z výfukových plynů**

Vliv použití metylesteru řepkového oleje jako paliva byl vyzkoušen na České zemědělské univerzitě v Praze ve spolupráci s Výzkumným ústavem zemědělské techniky. Tato studie [33] popisuje vliv na emise z výfukových plynů po použití metylesteru řepkového oleje v různých směšovacíh poměrech s motorovou naftou. Jednalo se o tyto poměry: 85/15, 70/30 a 55/45 (nafta/MEŘO). Dále bylo sledováno použití čisté nafty (100/0) a čistého MEŘO (0/100) [33].

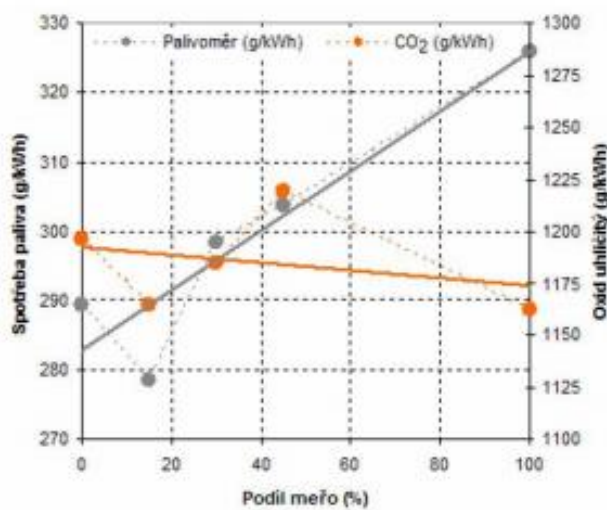
Měření bylo provedeno na novém traktoru Zetor Forterra 8641. Jako přístroj pro zaznamenávání emisí byl použit analyzátor BrainBee. Pro měření spotřeby paliva sloužil palivoměr se dvěma průtokoměry. Jeden měřil množství paliva dodávaného do motoru a druhý průtokoměr měřil množství paliva, které se vracelo zpět do nádrže [33].

Měření sledovalo tyto parametry: spotřebu paliva, emise CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> a produkci pevných částic. Bylo uskutečněno pět měření, a to se směsí paliva 100/0, 85/15, 70/30, 55/45, 0/100 (nafta/MEŘO).

Výsledky jsou předloženy pomocí grafů (č. 18-23).

## Emise CO<sub>2</sub>

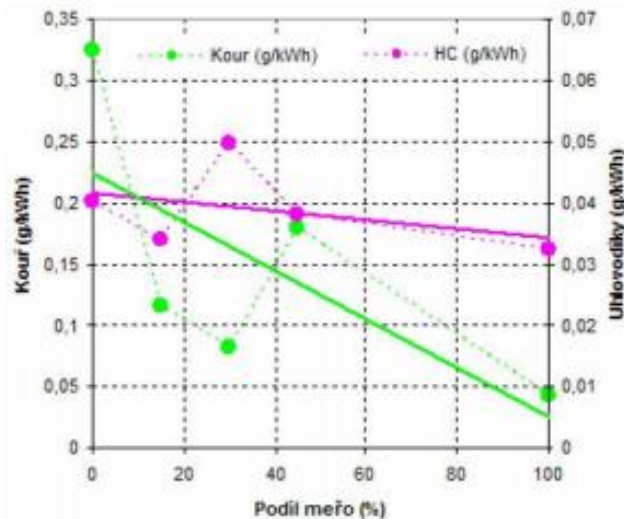
Emise oxidu uhličitého zaznamenaly největší snížení (cca 1160 g/kWh) při použití směsi 85/15 a trochu hůře na tom byla směs 70/30. Nejvyšší emise CO<sub>2</sub> pak byly zaznamenány při použití MEŘO v poměru 55/45. Čistý MEŘO dosahoval stejných výsledků jako směs 85/15, ale spotřeba paliva při použití čistého MEŘO byla několika násobně vyšší. Můžeme tedy říci, že nejlepší kombinací, co se týče vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub> (cca 1170 g/kWh) a spotřeby paliva (280 g/kWh), je směs 85/15. Tento výsledek je patrný z grafu č. 18. Nejhorší variantou, co se týče spotřeby paliva, je použití čistého MEŘO se spotřebou paliva cca 325 g/kWh. Nejvíce emisí CO<sub>2</sub> pak vyprodukovala směs 55/45 (cca 1120 g/kWh) při celkem vysoké spotřebě paliva (cca 303 g/kWh).



Graf č. 18: Produkce CO<sub>2</sub> při různých kombinacích nafta/MEŘO [33]

## Kouřivost a HC

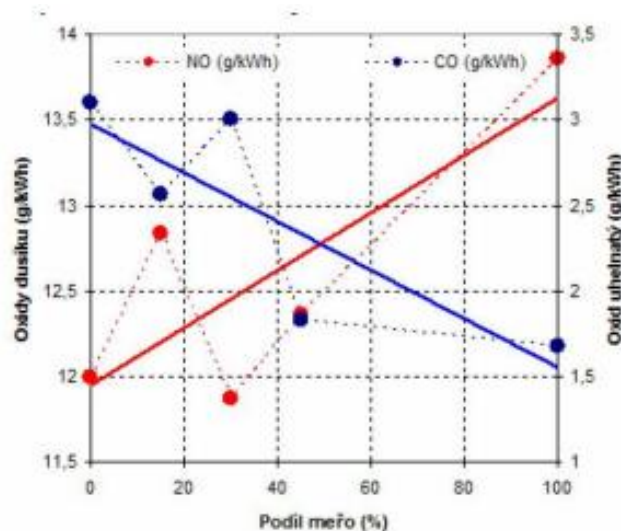
Co se týče kouřivosti (míra obsahu sazí ve výfukových plynech), tak ta byla nejmenší při použití čistého MEŘO (cca 0,05 g/kWh) a největší při použití čisté nafty (cca 0,325 g/kWh). Nejmenší produkce HC dosáhlo čisté MEŘO (cca 0,032 g/kWh). Největší produkce HC se zaznamenala při použití směsi 70/30 (cca 0,25 g/kWh). Z naměřených výsledků je tedy patrné, že čisté MEŘO je nejlepší použít pro snížení kouřivosti a emisí HC. Tyto výsledky jsou zaznamenány v grafu č. 19.



Graf č. 19: Produkce HC a kouřivosti při různých kombinacích nafta/MEŘO [33]

### Emise CO a NO

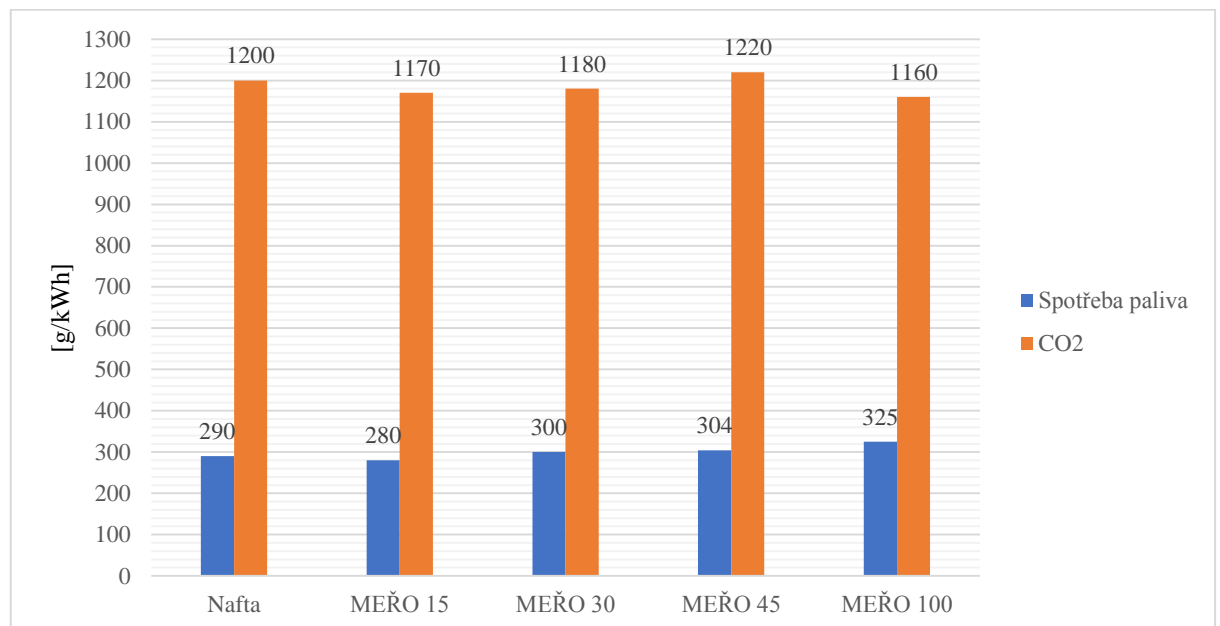
Na snížení produkce emisí CO mělo nejlepší vliv 100 % MEŘO (cca 1,7 g/kWh) a nejhůře si vedla čistá nafta (cca 3,1 g/kWh). Úplným opakem je pak vliv čistého MEŘO na emise NO<sub>x</sub>, u kterých byl zaznamenán největší nárůst a výsledná hodnota (cca 13,8 g/kWh). Nejlepší vliv na produkci emisí NO<sub>x</sub> pak mělo palivo 70/30 (cca 11,85 g/kWh). Jakýmsi kompromisem, který je v grafu č. 20 patrný, je palivo 55/45, u kterého byla zaznamenán přijatelná hodnota CO (cca 1,8 g/kWh) a NO<sub>x</sub> (cca 12,4 g/kWh).



Graf č. 20: Produkce NO<sub>x</sub> a CO při různých kombinacích nafta/MEŘO [33]

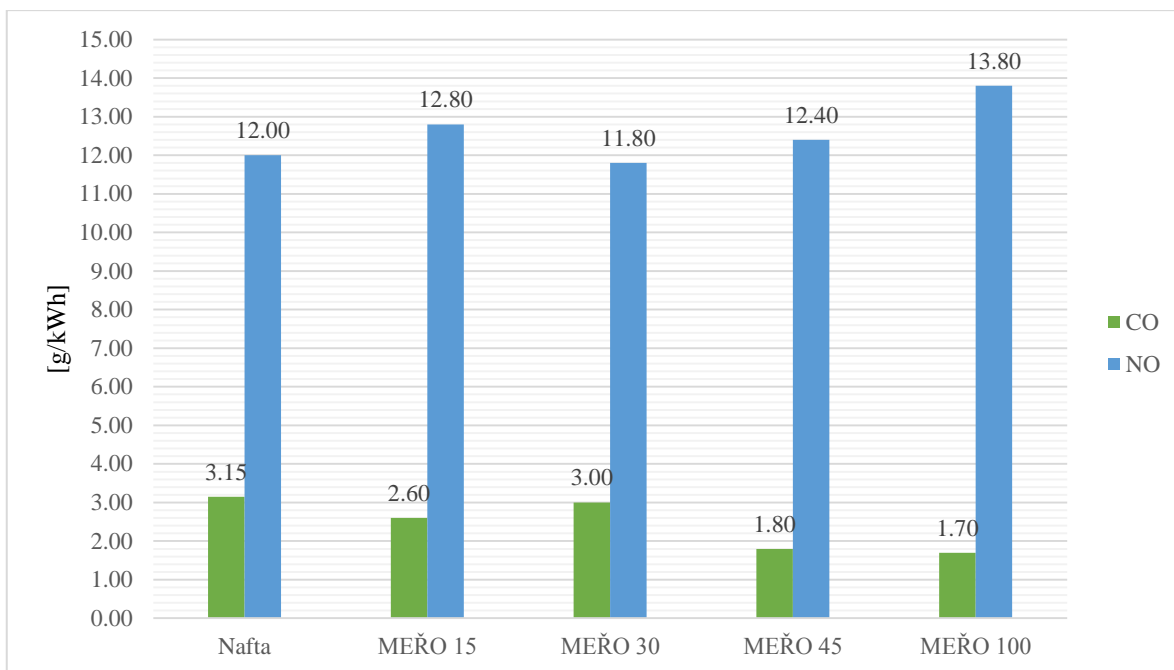
Ze spojnic trendů u grafů č. 18 až 20 je patrné, že se při zvýšeném podílu MEŘO snižuje podíl CO<sub>2</sub>, CO, HC ve výfukových plynech a taktéž se snižuje kouřivost. Problémem čistého MEŘO je pak zvýšená spotřeba paliva a větší tvorba oxidů dusíku. Nejnižší emise CO<sub>2</sub> zaznamenal čistý MEŘO a nejvyšších hodnot dosahovala kombinace 70/30. Nejnižších emisních hodnot HC dosáhl opět čistý MEŘO a nejhorších kombinace 70/30. Největší kouřivost nastala při použití čisté nafty a nejmenší kouřivost znovu při použití čistého MEŘO. Při použití paliva 70/30 bylo zaznamenáno nejnižších hodnot emisí NO<sub>x</sub>. Nejhorší vliv na tvorbu emisí NO<sub>x</sub> mělo čisté MEŘO. Emise CO nejvíce klesaly při provozu na čisté MEŘO a nejvyšších hodnot dosáhla čistá nafta.

Všechny hodnoty jsou pak přehledně zobrazeny v grafech č. 21 až 23.

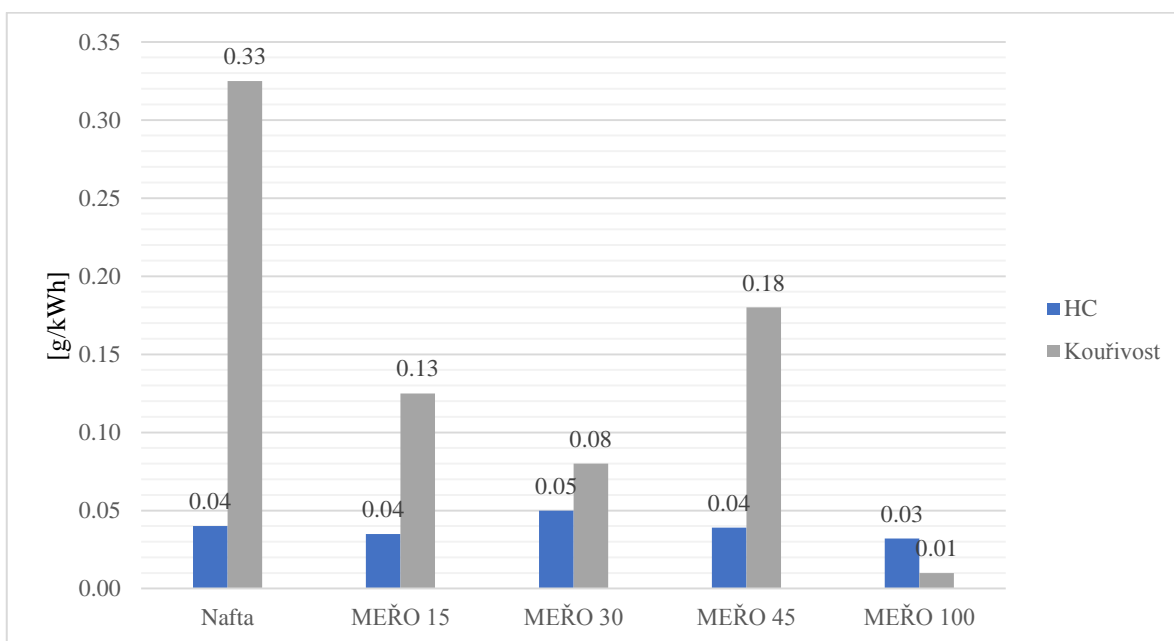


Graf č. 21: Hodnoty CO<sub>2</sub> a spotřeby paliva pro podíl MEŘO (0 %, 15 %, 30 %, 45 % a 100 %) [autor podle 33]





Graf č. 22: Hodnoty CO a NO pro podíl MEŘO (0 %, 15 %, 30 %, 45 % a 100 %) [autor podle 33]



Graf č. 23: Hodnoty HC a kouřivosti pro podíl MEŘO (0 %, 15 %, 30 %, 45 % a 100 %) [autor podle 33]

## 7.4 Vliv metylesterů různých olejů na produkci emisí z výfukových plynů

Účelem této indické studie [39], která probíhala na Univerzitě v Delhi (Delhi technological university), bylo zjistit vliv metylesterů různých olejů na vyprodukované emise CO, HC, NO<sub>x</sub> a kouřivosti. Jednalo se o oleje ze semen žlutého oleandru, podzemnice olejné a světlice barvířské, která je v Indii známá pod názvem Kusuma (tato semena jsou vyobrazena na obrázku č. 3). Metylestery oleandrového oleje se v této práci dále označují jako OOME (Oleander oil metylesters), metylestery podzemnice olejné jako BGOME (Bitter groundnut oil metylesters) a metylestery světlice barvířské jako KOME (Kusuma oil metylesters). Bionafta, tedy metylestery olejů ze semen těchto rostlin, byla získána klasickou chemickou transesterifikací a dále použita jako čisté biodieselové palivo tzn. 0/100 (nafta/metylestery z olejů) [39].



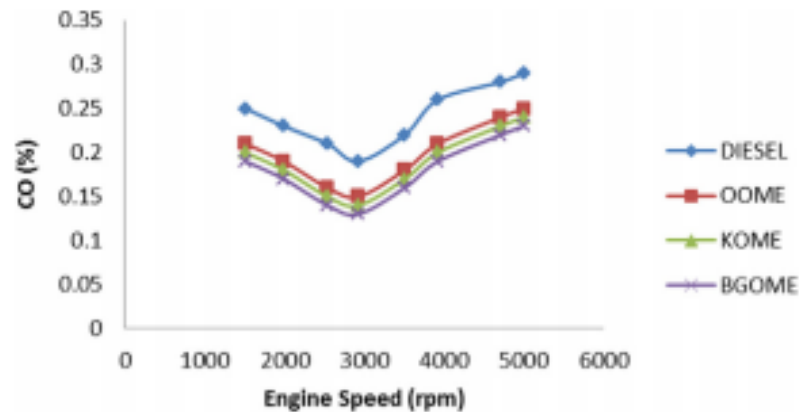
Obrázek č. 3: a) semena oleandru b) semena podzemnice olejné c) semena kusumy [39].

Čtvrtým měřeným palivem pak byla čistá nafta (100/0), aby bylo možné výsledky adekvátně porovnat. Zkouška byla provedena na čtyřdobém vznětovém motoru se čtyřmi válci, který byl umístěn ve zkušebně vznětových motorů univerzity Delhi. Pro měření emisí z motoru byl použit systém emisního rozboru AVL DIX [39].

Všechny naměřené hodnoty jsou přehledně zobrazeny v grafech č. 24 až 27.

## Emise CO

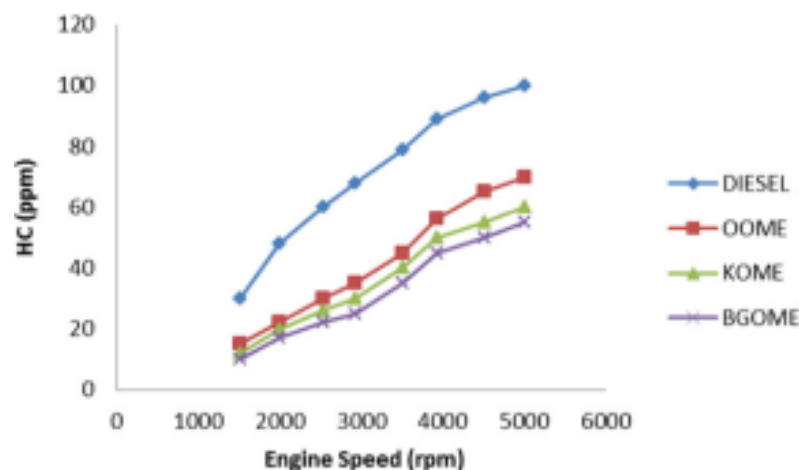
Na grafu č. 24 je zřetelné, že při různých otáčkách motoru obsahovaly výfukové plyny vyprodukované metylestery rostlinných olejů menší podíl CO, než výfukové plyny klasické nafty. Dále je znatelné, že při zvyšování otáček podíl CO klesá (až do 3000 min<sup>-1</sup>) a poté zase lineárně narůstá. Nejlepšího výsledku pak dosáhlo palivo BGOME (cca 0,125 %).



Graf č. 24: Hodnoty CO při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME [39]

## Emise HC

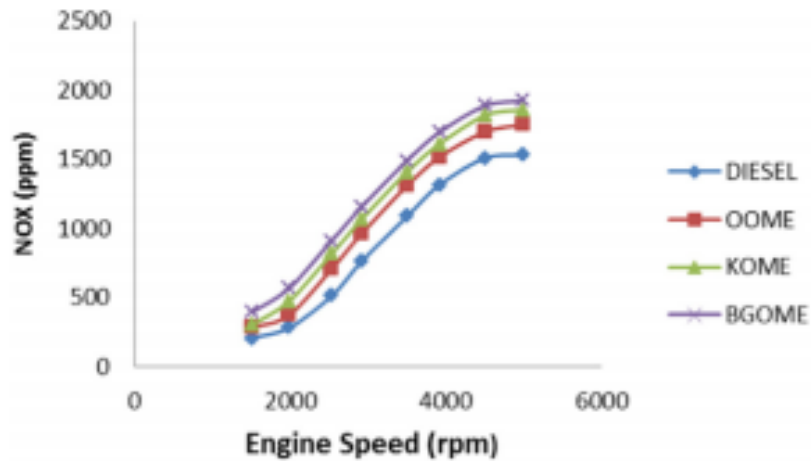
Emise HC vzrůstají lineárně s narůstajícím počtem otáček. Největší produkci HC zaznamenal provoz na čistou naftu a nejmenší opět BGOME. Na grafu č. 25 je patrné, že si metylestery rostlinných olejů vedou daleko lépe než čistá nafta, co se týče produkce emisí HC.



Graf č. 25: Hodnoty HC (parts per million – 100 ppm = 0,0001 %) při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME [39].

## Emise NO<sub>x</sub>

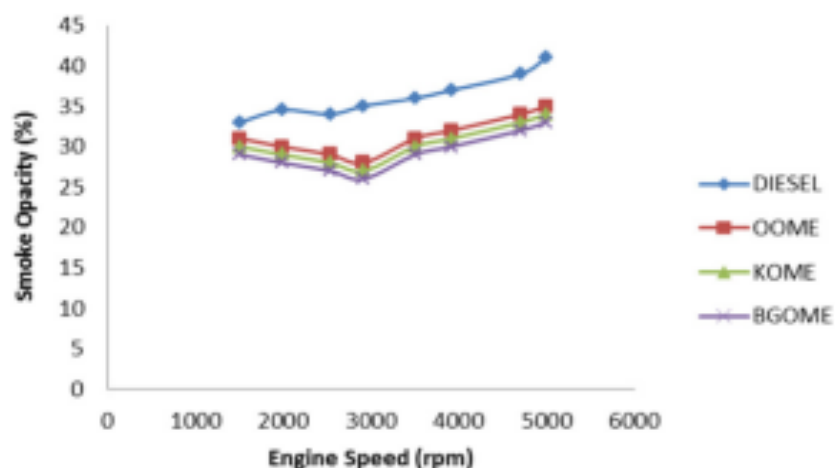
Emise NO<sub>x</sub> se zvyšují spolu s rostoucími otáčkami, stejně jako tomu bylo u emisí HC. Nejnižší množství emisí NO<sub>x</sub> bylo zaznamenáno při provozu na čistou naftu a nejvyšší množství emisí NO<sub>x</sub> bylo naměřeno při provozu na BGOME.



Graf č. 26: Hodnoty NO<sub>x</sub> při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME [39]

## Kouřivost (míra obsahu sazí ve výfukových plynech)

Na grafu č. 25 lze pozorovat, že při zvyšování otáček míra sazí ve výfukových plynech bionafty klesá (až do 3000 min<sup>-1</sup>) a poté zase narůstá. Největší kouřivost zaznamenal provoz na čistou naftu a nejmenší opět provoz na palivo BGOME. Při otáčkách 3000 min<sup>-1</sup> při provozu na BGOME byla naměřena hodnota cca 27 % a u motorové nafty při stejných otáčkách byla naměřena hodnota cca 35 %. Jedná se tedy o snížení kouřivosti o 8 %.



Graf č. 27: Kouřivost při provozu na naftu, OOME, KOME a BGOME [39]

Použitím čistých metylesterových paliv klesla produkce emisí HC a CO ve výfukových plynech. Dále poklesla i míra sazí ve výfukových plynech, a to až o 8 %. Použitím těchto paliv však narostly emise NO<sub>x</sub>, což se shoduje s výsledky českých studií, které se majoritně zabývají metylestery řepkových olejů.

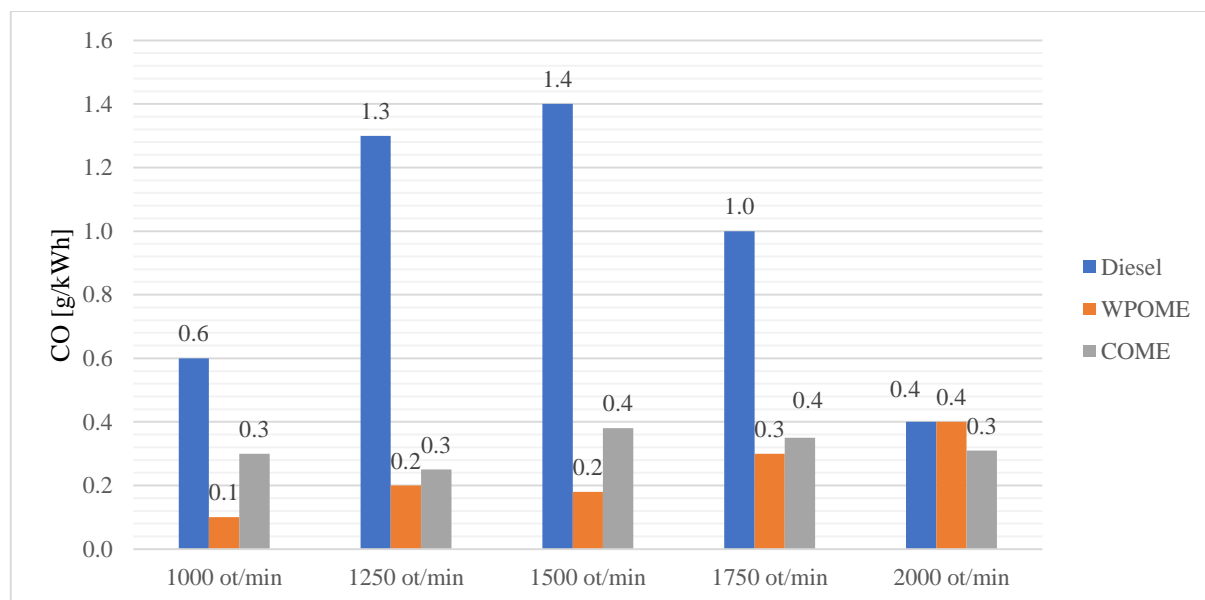
## 7.5 Vliv metylesterů kanolového oleje a odpadního palmového oleje na produkci emisí z výfukových plynů

Tato turecká studie [40] probíhala na univerzitě Kocaeli, která se nachází v tureckém městě Izmit. Zkouška probíhala na vznětovém motoru a měla za úkol sledovat vliv metylesterů kanolového oleje (COME – Canola oil metylesters), metylesterů odpadního palmového oleje (WPOME – waste palm oil metylesters) a motorové nafty na produkci emisí CO, CO<sub>2</sub>, HC, NO<sub>x</sub> a kouřivosti výfukových plynů [40].

Všechny naměřené hodnoty jsou přehledně zobrazeny v grafech č. 28 až 32. [autor podle 40]

### Emise CO

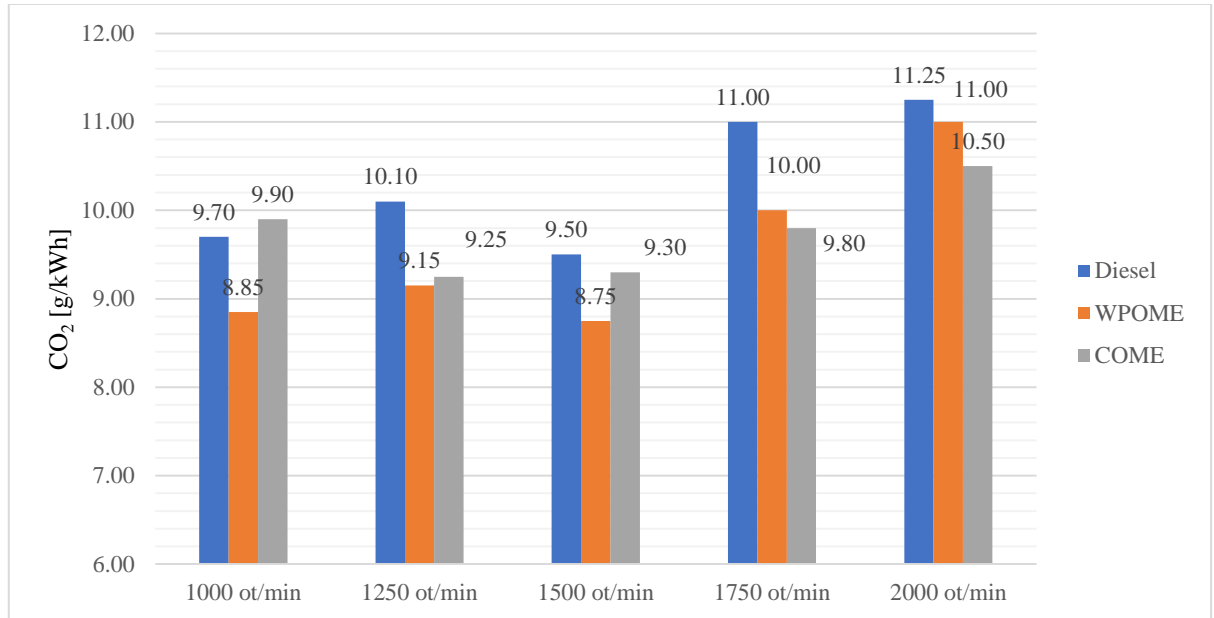
Hodnoty emisí CO z výfukových plynů se, po použití metylesterů rostlinných olejů jako paliva, oproti naftě výrazně snížily. Při otáčkách 2000 m<sup>-1</sup> jsou hodnoty skoro totožné. Průběh zkoušky můžeme pozorovat na grafu č. 28.



Graf č. 28: emise CO při provozu na naftu, WPOME a COME [autor podle 40]

## Emise CO<sub>2</sub>

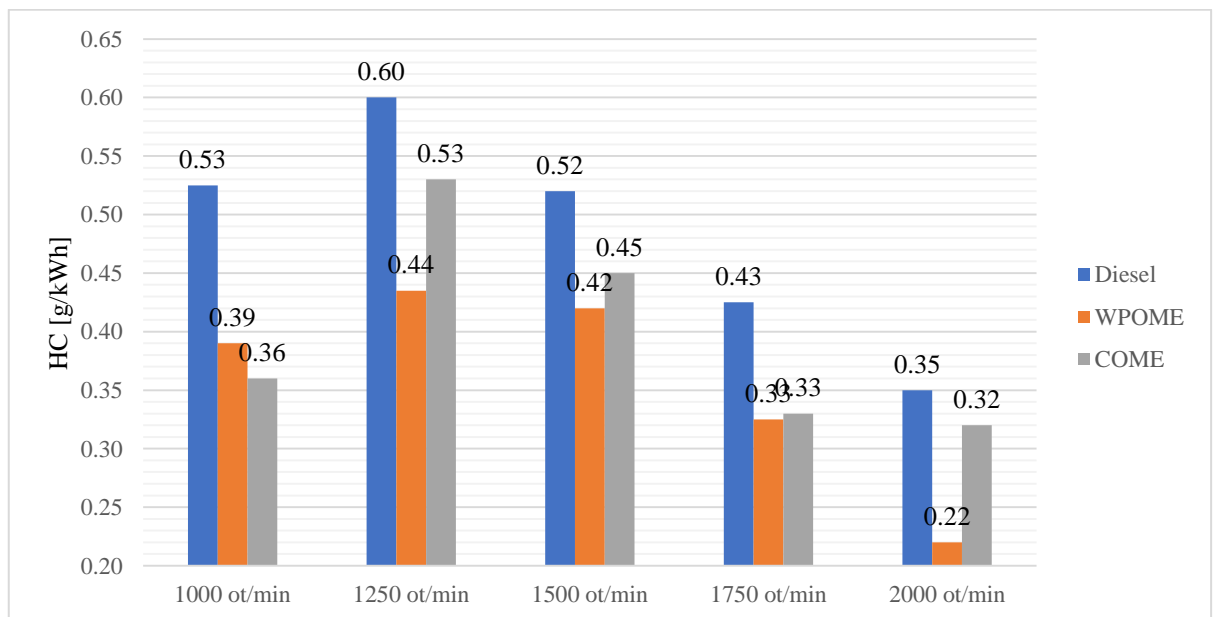
Z grafu č. 29 vyplývá drobné snížení produkce emisí CO<sub>2</sub> oproti naftě při provozu na WPOME a COME. Výjimkou je oblast otáček (1000 min<sup>-1</sup>), kde vykazovala nafta menší produkci CO<sub>2</sub> než palivo COME.



Graf č. 29: emise CO<sub>2</sub> při provozu na naftu, WPOME a COME [autor podle 40]

## Emise HC

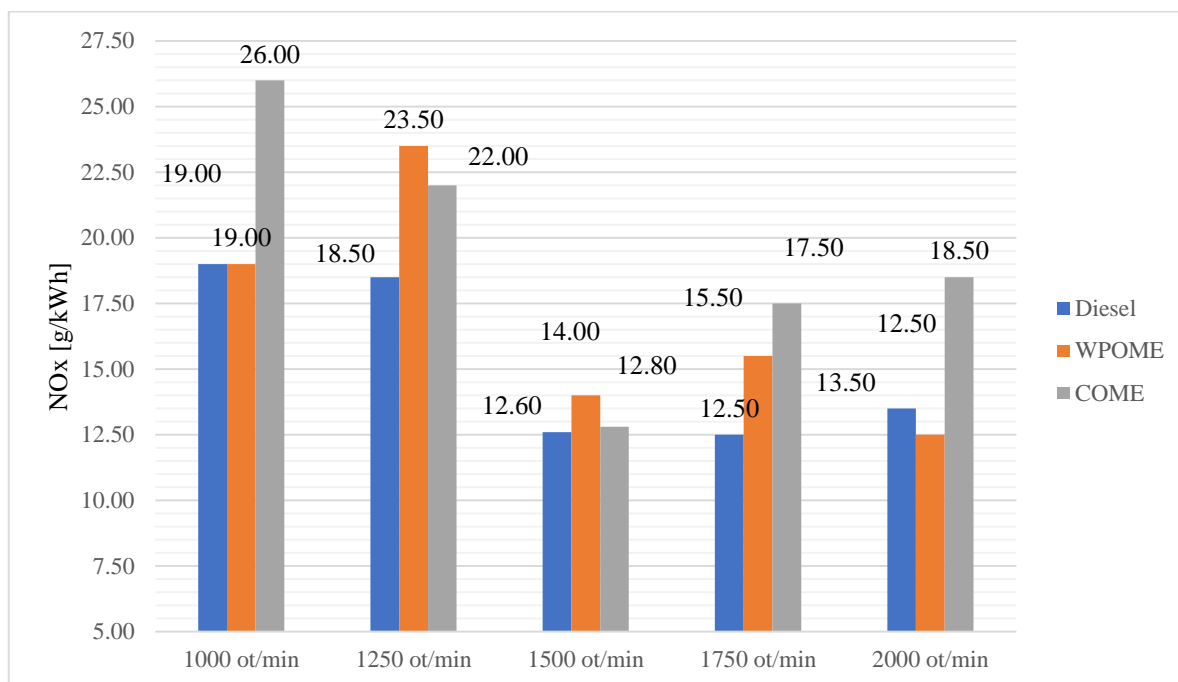
Produkce emisí HC se po použití WPOME výrazně sníží (nejvíce při 2000 min<sup>-1</sup>). COME produkci HC oproti naftě sníží o něco méně. Tyto hodnoty lze pozorovat na grafu č. 30.



Graf č. 30: emise HC při provozu na naftu, WPOME a COME [autor podle 40]

## Emise NO<sub>x</sub>

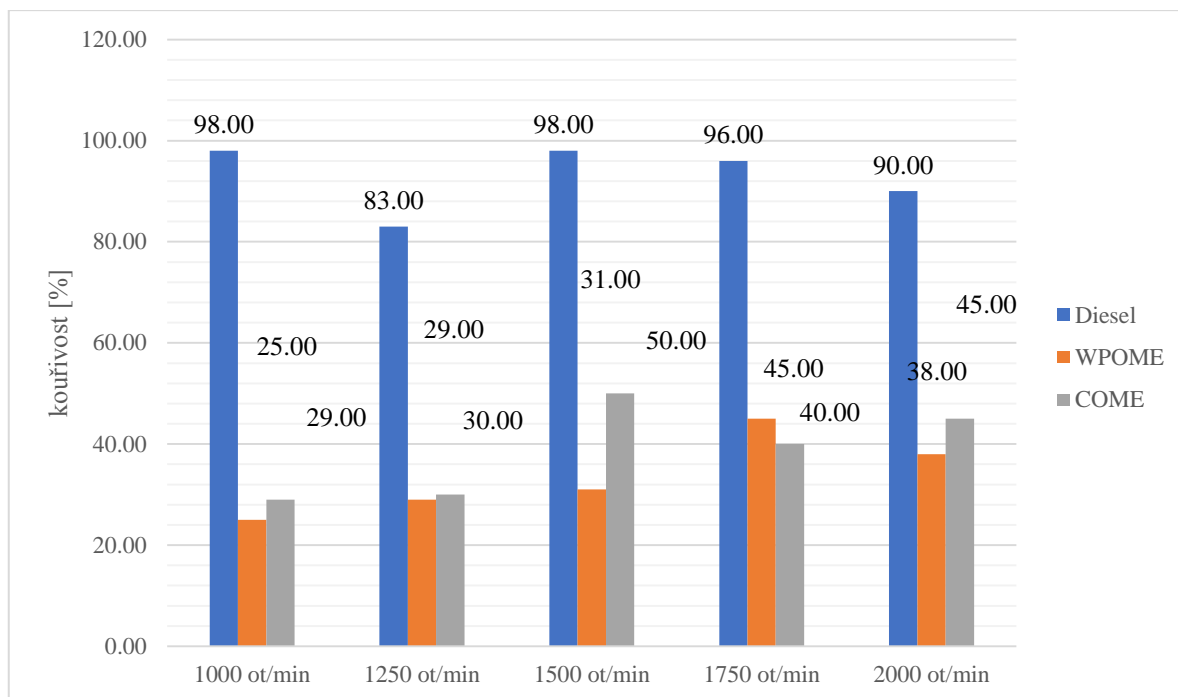
Jak už je zvykem, metylestery olejů produkci NO<sub>x</sub> nesníží, ale navýší. Nejnižších hodnot NO<sub>x</sub> dosahuje provoz na naftové palivo. Výjimkou je oblast otáček 2000 min<sup>-1</sup>, kde nabývá příznivějších hodnot palivo WPOME. COME si v produkci NO<sub>x</sub> vede nejhůře ze všech tří paliv.



Graf č. 31: emise NO<sub>x</sub> při provozu na naftu, WPOME a COME [autor podle 40]

## Kouřivost

Míra obsahu sazí ve výfukových plynech je daleko menší při provozu na metylestery rostlinných olejů než při provozu na naftu. Z grafu č. 32 je patrné, že tomu tak je ve všech oblastech otáček (od 1000 min<sup>-1</sup> do 2000 min<sup>-1</sup>). Míra obsahu sazí ve výfukových plynech při provozu na WPOME a COME se pak zvyšuje se zvyšujícími se otáčkami.



Graf č. 32: kouřivost při provozu na naftu, WPOME a COME [autor podle 40]

Provozem na paliva WPOME a COME se snížila produkce emisí HC a CO ve výfukových plynech. Razantně pak poklesla míra obsahu sazí ve výfukových plynech. Použitím těchto paliv však narostly emise  $\text{NO}_x$ . Stejný trend můžeme pozorovat u výsledků indické a české studie. U emisí  $\text{CO}_2$  pak sice nastalo zlepšení, ale nebylo tak markantní jako u sazí a emisí HC a CO.



## 8. Shrnutí analýzy vlivu biopaliv na životní prostředí

Nadějně vyhlížejícím alternativním palivem je bioetanol, respektive jeho přidávání do klasických paliv. V současné době lze očekávat další rozšíření využití bioetanolu u zážehových motorů, kde jeho aplikace nepřináší takové problémy. U vznětových motorů je používání bioetanolu pouze jen okrajovou záležitostí, kvůli nutným úpravám motoru, jenž jsou nákladné. Přimíchávání bioetanolu je problematické z důvodu problémů udržení homogenity směsi. Z ekologického hlediska je ovšem bioetanol na velice dobré úrovni. Studie [3] poukazují na veliký ekologický přínos při přidání 20 % bioetanolu do motorové nafty, kde všechny základní složky škodlivých emisí vykazují pokles oproti běžné motorové naftě. Produkce emisí nespálených uhlovodíků klesla o 19 %, oxidů dusíku o 17 % a oxidu uhelnatého o 12 %. Další směs bioetanolu E85 tvořená z 85 % bioetanolem a 15 % benzinem natural 95 se snížením produkce oxidu uhelnatého o 30 %, nespálených uhlovodíků o 21 % a produkce oxidů dusíku o 31 %. Výhody a nevýhody těchto dvou paliv jsou shrnuty a porovnány s naftou a benzinem v tabulce č. 12

Tabulka č. 12: Porovnání vlastností jednotlivých paliv [autor]

| Palivo   | Nafta  | Benzín   | E85   | Nafta + 20 % bioetanol  |
|----------|--|--|---|---|
| Výhody   | nízká spotřeba, nízké emise NO <sub>x</sub> , dobrý výkon motoru | nízká spotřeba, dobrý výkon motoru                     | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , HC, NO <sub>x</sub> | nižší emise CO <sub>2</sub> , CO, HC a NO <sub>x</sub>  |
| Nevýhody | vysoké emise CO, HC, CO <sub>2</sub> , vysoká kouřivost          | vysoké emise NO <sub>x</sub> , HC, CO, CO <sub>2</sub> | větší spotřeba  | větší spotřeba, nutná přestavba motoru, špatná homogenita směsi, obtížná mísitelnost obou paliv |

U rostlinného oleje už není ekologický přínos tím hlavním lákadlem, jelikož je zcela zanedbatelný až záporný v porovnání s motorovou naftou. Ze studií [5] plyne, že toto palivo a její směsi nemají na životní prostředí dobrý vliv. Jediným druhem emisí, který se snížil byly oxidy dusíku. Navíc se při použití rostlinných olejů výkon motoru sníží o 5 % a spotřeba paliva vzroste o 15 %. Jediným pozitivem tedy zůstává ekologický původ paliva a snížení kouřivosti a oxidů dusíku.

Jako velice dobrá paliva se jeví metylestery rostlinných olejů. Takzvaná čistá bionafta (MEŘO 100 %) má velice dobrý vliv na snížení emisí CO<sub>2</sub>, CO, HC. Při provozu na tyto metylestery se také výrazně sníží kouřivost. Zvýší se ale spotřeba paliva a tvorba emisí NO<sub>x</sub>. Nižší tvorba emisí NO<sub>x</sub> byla zaznamenána jen u paliva MEŘO 30 %. Srovnání paliv s různým procentem metylesterů přidaných do nafty je zřetelné v tabulce č. 13.

Tabulka č. 13: Porovnání vlastností jednotlivých směsí metylesterů řepkového oleje a nafty [autor]

| Palivo   | MEŘO 15 %  | MEŘO 30 %  | MEŘO 45 %  | MEŘO 100 %   |
|----------|--|--|--|--|
| Výhody   | nižší spotřeba, nižší emise CO <sub>2</sub> , kouřivost, HC,     | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , NO, kouřivost                              | nižší emise CO, HC, kouřivost  | nižší emise CO <sub>2</sub> , CO, kouřivost, HC                              |
| Nevýhody | Vyšší emise CO, NO, zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší emise HC, vyšší spotřeba, zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší spotřeba, vyšší emise NO, CO <sub>2</sub> , zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší spotřeba, vyšší emise NO, zanášení palivového filtru – častější výměna |

MEŘO se využívá hlavně v České republice a v zemích s podobnou zeměpisnou polohou. Ale v zemích v jiných zeměpisných pásech probíhají studie, které se zabývají využitím metylesterů olejů z rozličných rostlin (potažmo jejich semen) jako je Kusuma, Canula nebo i Oleandr. Čistá paliva z těchto metylesterů vykazují dobré výsledky, co se týče produkce emisí HC, CO, CO<sub>2</sub> a kouřivosti. Další výhodou těchto paliv je jejich dobrá dostupnost. Canula se například pěstuje ve velkém měřítku v Kanadě. Bohužel se při provozu na tato paliva navýší tvorba emisí NO<sub>x</sub>. Výsledky zahraničních studií, jenž se zabývají metylestery různých olejů, jsou tedy totožné se studii prováděnými s MEŘO v České republice.

Můžeme tedy říci, že je potvrzen pozitivní vliv čistých biodieselových paliv na produkci emisí CO, HC, CO<sub>2</sub> a kouřivosti. Mezi nepříznivé vlivy čisté bionafty patří zvýšení produkce emisí NO<sub>x</sub> a snížení výkonu motoru a zvýšení spotřeby. Výhody a nevýhody zahraničních paliv, které byly předměty studií, jsou uvedeny v tabulce č. 14.

Tabulka č. 14: Vliv metylesterů z olejů různých plodin na tvorbu emisí [autor]

| Palivo   | OOME 100 %   | KOME 100 %   | BGOME 100 %  | WPOME 100 %  | COME 100 %   |
|----------|--|--|--|--|--|
| Výhody   | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , HC, kouřivost                            | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , HC, kouřivost                            | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , HC, kouřivost                            | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , HC, kouřivost                            | nižší emise CO, CO <sub>2</sub> , HC, kouřivost                            |
| Nevýhody | vyšší emise NO <sub>x</sub> , zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší emise NO <sub>x</sub> , zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší emise NO <sub>x</sub> , zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší emise NO <sub>x</sub> , zanášení palivového filtru – častější výměna | vyšší emise NO <sub>x</sub> , zanášení palivového filtru – častější výměna |

## 8.1 Analýza motivace spotřebitele při využívání biopaliva

Důležitým faktorem ve využívání biopaliv je motivace samotného uživatele a jeho zájem o používání biopaliva jako pohonné hmoty vozidla. Tato motivace bývá často finanční. Na základě tohoto faktu jsem provedl průzkum cen dvou biopaliv. Tyto ceny jsou uvedeny v tabulce č. 15. Jedná se o palivo E85 a SMN30. Pro provozování vozidla na palivo SMN 30 není potřeba žádná úprava motoru, ale jeho cena za jeden litr je poměrně vysoká. Oproti tomu palivo E85 má cenu znatelně nižší, ale k jeho používání je třeba zásah do řídicí jednotky, který stojí od 6 000 do 15 000 Kč [46]. Z tohoto důvodu jsem provedl analýzu a určil bod zvratu, od kterého je jízda na palivo E85 výhodnější než provoz vozidla na směsnou motorovou naftu, a tudíž pro uživatele finančně lákavější.

Tabulka č. 15: Aktuální ceník různých paliv na území ČR (zaokrouhleno) [autor podle 44]

| Palivo      | Natural 95 | Nafta | SMN 30 | E85  |
|-------------|------------|-------|--------|------|
| Cena [Kč/l] | 30,6       | 29,6  | 28,0   | 23,0 |

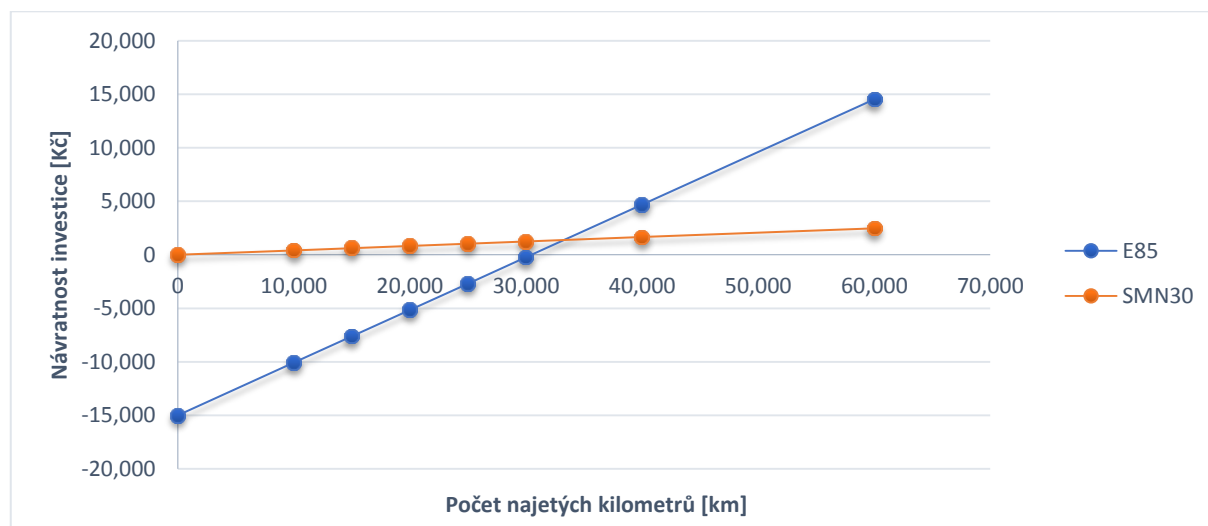
V tabulce č. 16 jsou uvedena vozidla, jejichž spotřeba byla předmětem analýzy. Pro automobil Škoda Octavia 1.6 byla stanovena spotřeba paliva E85 na 9,5 l/km [46] a pro automobil Škoda Octavia 1.9 TDI byla určena spotřeba paliva SMN 30 na 5,3 l/km [48].

Tabulka č. 16: Spotřeba paliv E85 a SMN 30 [autor]

| Automobil                   | Škoda Octavia 1.6 | Škoda Octavia 1.9 TDI |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------|
| Motor                       | zážehový          | vznětový              |
| Spotřeba nafty [l/100 km]   | -                 | 4,5                   |
| Spotřeba benzínu [l/100 km] | 7                 | -                     |
| Spotřeba SMN30 [l/100 km]   | -                 | 5,3                   |
| Spotřeba E85 [l/100 km]     | 9,5               | -                     |

Na tato dvě paliva se zároveň vztahuje rozdílná spotřební daň. Daň byla zahrnuta do analýzy, jelikož má veliký vliv na cenu paliva. Tato daň je pro palivo E85 4,28 Kč/l a pro palivo SMN 30 8,52 Kč/l. V obou případech je spotřební daň nižší než spotřební daň běžných paliv (Natural 95 – 12,84 Kč/l, nafta – 10,95 Kč/l) [49]. Pro palivo E85 byla následně vypočítána úspora 0,49 Kč/km oproti palivu Natural 95 a pro palivo SMN 30 byla vypočítána úspora 0,041 Kč/km oproti motorové naftě.

V grafu č. 33 je pak zobrazen výsledek analýzy. Provoz na palivo E85 s počáteční investicí 15 000 Kč, která je vynaložena na úpravu řídicí jednotky, se stává výhodnější po ujetí cca 30 000 km.



Graf č. 33: Analýza peněžní úspory při provozu na paliva E85 a SMN 30 [autor]

Průměrnému uživateli, který jezdí denně do práce cca 15 km a rozhodl by se k využívání paliva E85, by se vrátila investice nutná k úpravě řídicí jednotky za zhruba 3 roky. Provoz na palivo E85 bych tak doporučil spotřebitelům, kteří využívají automobil často a tento bod zvratu jsou schopni překonat dříve. Po tomto bodu je jízda na palivo E85 ekonomicky přínosnější než jízda na palivo Natural 95. Tato analýza je ovšem čistě teoretická a nepočítá s faktory jako je například rozlišování městského, mimoměstského a kombinovaného provozu, rychlostí vozidla a případných poruch vozidla.

Zájem o využívání těchto dvou paliv by mohl zvýšit stát, a to snížením spotřební daně a následným snížením cen paliv. Bohužel jsme svědky opačného trendu, kdy byla spotřební daň na palivo SMN 30 zvýšena oproti roku 2015 o 10 % a na palivo E85 dokonce o 30 %.

## Závěr

Hlavním cílem použití biopaliv je snížit závislost na těžbě ropy a eliminovat množství škodlivin ze spalovacího procesu dopravních prostředků do ovzduší, tj. chránit životní prostředí. V neposlední řadě pěstování a zpracování biopaliv má dopad na zaměstnanost obyvatelstva a ekonomický růst státu.

Biopaliva první generace jsou podle mnou provedené analýzy přínosem a svým spalováním v motorech vozidel pozitivně ovlivňují obsah škodlivin ve výfukových plynech. Biopaliva druhé generace jsou šetrnější k životnímu prostředí než biopaliva první generace a běžná paliva. Problém nastává v oblasti výroby, kdy je výroba vyspělých biopaliv značně náročná a mnoha zemím se nechce investovat nemalé finanční prostředky k jejich zkoumání a výrobě. Biopaliva 3. generace jsou stále ještě ve vývoji, ale prozatímni výsledky naznačují, že by mohla výrazně snížit tvorbu emisí, a to hlavně oxidu uhličitého, který má neblahý vliv na oteplování planety.

Problémem biopaliv je jejich nízká výhřevnost, která má negativní vliv na výkon a otáčky motoru. Dále pro využívání některých typů biopaliv je nezbytné provést úpravu motoru, jako například zásah do vstřikovacího ústrojí nebo nastavení kompresního poměru. S tím souvisí neoblíbenost těchto paliv u uživatelů, a tudíž i jejich špatná konkurenceschopnost na poli s pohonnými hmotami. V oblasti využívání biopaliv v dopravě je důležitá podpora státu, například zavedením snížené či nulové spotřební daně tak, aby tyto paliva byla konkurenceschopná klasickým automobilovým palivům. Závislost zemí bez ložisek ropy na jejím dovozu se tedy v dohledné době nezmění a je třeba usilovat o prosazení používání, výzkumu, výroby a zkoumání vyspělých biopaliv jako náhradního zdroje energie, aby se závislost na ropě omezila na úplné minimum.

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout a zanalyzovat vývoj těchto paliv, a hlavně jejich dopad na životní prostředí. Nejpřínosnější kapitolou je v tomto ohledu kapitola číslo 7, kde práce analyzuje a popisuje dopad na životní prostředí hned u několika tuzemských a zahraničních paliv, kde se ukázalo, že tato paliva výrazně snižují produkované emise. V tomto ohledu se tuzemské i zahraniční studie výsledkově nijak zásadně neliší. V kapitole číslo 8 jsou pak shrnuty výhody, nevýhody a přínosy biopaliv z jednotlivých studií. V podkapitole 8.1 bakalářská práce analyzuje finanční motivaci uživatele k provozu na biopaliva E85 a

SMN30. Z mnou získaných výsledků se jízda na palivo E85 vyplatí uživatelům, u kterých je větší frekvence ve využívání dopravního prostředku. Mají například delší cestu do práce nebo je řízení automobilu přímo jejich zaměstnáním. Dále pak může být práce použita jako studijní opora pro studenty zaměřené Dopravní prostředky: Ochrana životního prostředí v dopravě a pomoci jim k porozumění problematice biopaliv, jejich výrobě, rozdělení a vlivu na životní prostředí.

## Použitá literatura

- [1] ŠENKÝŘ, Jan. *Vliv zemědělských dopravních prostředků na životní prostředí* [online]. Pardubice, 2015 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/64010/SenkyrJ\\_VlivZemedelskych\\_MS\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/64010/SenkyrJ_VlivZemedelskych_MS_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [2] ČMARADOVÁ, Miroslava. *Výroba ethanolu z obnovitelných zdrojů energie*. Brno, 2011. Bakalářská práce.
- [3] HROMÁDKO, Jan, Jiří HROMÁDKO. Využití bioethanolu jako paliva ve spalovacích motorech. *Chemické listy*. 2011, **2011**(105), 7.
- [4] BLAŽEK, Josef a Vratislav RÁBL. *Základy zpracování a využití ropy*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 254 s. ISBN 80-7080-619-2.
- [5] HROMÁDKO, Jan a Jiří HROMÁDKO. Analýza škodlivých emisí vznětového motoru při provozu na rostlinný olej. *Chemmagazín*. 2010, **20**(1), 2.
- [6] ČERVINKA, Petr. *Využití biomasy v energetických výrobnách ČR*. Brno, 2009. Bakalářská práce.
- [7] Bioethanol. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-02-09]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Bioethanol>
- [8] JUNGA, Jan. *Biomasa jako základní surovina pro výrobu paliv a energie*. České Budějovice, 2013. Bakalářská práce.
- [9] TUZA, Jakub. *Biopaliva pro vozidlové spalovací motory*. Brno, 2012. Bakalářská práce.
- [10] VÁŇA, Jaroslav, KRATOCHVÍL, Zdeněk: Vývoj technologie výroby bioethanolu ze slámy v České republice úspěšně ukončen. *Biom.cz* [online]. 2002-08-19 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyvoj-technologie-vyroby-bioethanolu-ze-slamy-v-ceske-republice-uspesne-ukoncen>>. ISSN: 1801-2655.
- [11] VLK, Vladimír: Obnovitelné zdroje energie. *Biom.cz* [online]. 2009-03-25 [cit. 2017-05-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-kapalna-biopaliva/odborne-clanky/obnovitelne-zdroje-energie>>. ISSN: 1801-2655
- [12] POSPÍŠIL, Milan, Gustav ŠEBOR, Pavel ŠIMÁČEK a Zlata MUŽÍKOVÁ. Nové trendy výroby biopaliv a jejich využití v dopravě. *Chemické listy*. 2012, (106), 8.
- [13] SKALICKÝ, Michal. *Druhá generace biopaliv v reálném světě*. Praha, 2010. Diplomová práce.
- [14] BERANOVSKÝ, J., MACHOLDA, F., SRDEČNÝ, K., TRUFA, J. Energie z biomasy [online]. 2004 [cit. 2017-05-20]. <http://www.i-ekis.cz/?page=biomasa>



- [15] BALÁŠ, M. Energetické využití biomasy v zásobování teplem [online].27/28.5.2008, Brno,[cit.2017-05-20].<http://oei.fme.vutbr.cz/teplarenstvi/papers/balas/energ-vyuz-biomasy.pdf>
- [16] BAŽATA, Miroslav: Bionafta a směsná motorová nafta. *Biom.cz* [online]. 2013-05-06 [cit. 2017-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>. ISSN: 1801-2655.
- [17] ROUBÍČEK, V. Technologie ropy: alternativní paliva. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství , 2000. 267 s. ISBN 80-7078-690-6
- [18] VLK, František. Alternativní pohony motorových vozidel. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2004. 234 s. ISBN 80-239-1602-5
- [19] ČSN 65 6516. Motorová paliva - Řepkový olej pro spalovací motory na rostlinné oleje - Technické požadavky a metody zkoušení
- [20] LUKŮVKA, R., ČUPERA, J. Emissions from the combustion of vegetable oil in a diesel engine. *MendelNet*, 2010. 574-583. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_mendelnet/mendelnet2010/articles/21\\_lukuvka\\_357.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_mendelnet/mendelnet2010/articles/21_lukuvka_357.pdf)
- [21] BRATSKÝ, D., STACHO, D. Biopaliva pre dieselové motory. In: Sborník přednášek 16. ročníku konference Reotrib 2010 – Kvalita paliv a maziv. VŠCHT Praha. Praha, 2012. s. 102-108. ISBN: 978-80-7080-748-4.
- [22] PRAŽÁK, Václav. Fosilní motorová paliva a biopaliva Legislativní změny a jejich dopady. In: Sborník přednášek 22. ročníku konference Reotrib 2016 – Kvalita paliv a maziv. VŠCHT Praha. Praha, 2012. s. 102-108. ISBN: 978-80-7080-962-4.
- [23] KRAJÍČEK, Ivo. Výkonové a emisní parametry paliv s vysokým obsahem HVO. In: Sborník přednášek 22. ročníku konference Reotrib 2016 – Kvalita paliv a maziv. VŠCHT Praha. Praha, 2012. s. 102-108. ISBN: 978-80-7080-962-4.
- [24] VOBEČÁ, Kateřina. *Biopaliva z vodních řas* [online]. Praha, 2012 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/130071625/?lang=cs>
- [25] DOLSKÝ, František. *Využití bionafty jako paliva pro nákladní silniční dopravu* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66558/F6-DP-2016-Dolsky-Frantisek-Diplomova\\_prace\\_Dolsky.pdf?sequence=-1](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66558/F6-DP-2016-Dolsky-Frantisek-Diplomova_prace_Dolsky.pdf?sequence=-1)
- [26] RNDr. MARŠÁLKOVÁ, Marcela. Metodický materiál s komponentou životního prostředí [online]. [cit. 2017-5-20] Dostupné z: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pENT4ABZa\\_0J:www.spsauto.cz/files/dokumenty/Doprava%2520a%2520%25C5%25BEivotn%25C3%25AD%2520prost%25C5%2599ed%25C3%25AD.doc+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:pENT4ABZa_0J:www.spsauto.cz/files/dokumenty/Doprava%2520a%2520%25C5%25BEivotn%25C3%25AD%2520prost%25C5%2599ed%25C3%25AD.doc+&cd=1&hl=cs&ct=clnk&gl=cz)
- [27] Polétavý prach – neviditelný prach. *Hluk & Emise* [online]. 2007 [cit. 2017-5-6]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/poletavy-prach-%e2%80%93-neviditelna-hrozba/>

- [28] MULLEROVÁ, M. a M. ŠVÁB. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, *Ústav chemie ochrany prostředí* [online]. Praha, Červenec 2006 [cit. 2017-5-6]. Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/oxid\\_uhelnaty.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhelnaty.pdf)
- [29] MULLEROVÁ, M. a M. ŠVÁB. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, *Ústav chemie ochrany prostředí* [online]. Praha, Červenec 2006 [cit. 2017-5-6]. Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/oxid\\_uhlicity.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhlicity.pdf)
- [30] MULLEROVÁ, M. a M. ŠVÁB. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, *Ústav chemie ochrany prostředí* [online]. Praha, Červenec 2006 [cit. 2017-5-6]. Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy\\_siry.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_siry.pdf)
- [31] MULLEROVÁ, M. a M. ŠVÁB. VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE, *Ústav chemie ochrany prostředí* [online]. Praha, Červenec 2006 [cit. 2017-5-6]. Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy\\_dusiku.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/oxidy_dusiku.pdf)
- [32] ADAMEC, Vladimír a kolektiv. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008, 160s. ISBN 978-80-47-2156-9
- [33] KUBIN, Karel. Vliv podílu biosložky v palivu na výkon traktorového motoru. *Výzkumný ústav zemědělské techniky* [online]. 2015-11-5 [cit. 2017-5-7]. Dostupné z: [http://svtpisek.cz/VUZT1/index.php?P=P2010\\_19](http://svtpisek.cz/VUZT1/index.php?P=P2010_19)
- [34] Zákon č. 2012 Sb., o ochraně ovzduší. *ÚplnéZnění.cz* [online]. 2012-5-2 [cit. 2017-5-6]. Dostupné z: <http://www.uplnezneni.cz/zakon/201-2012-sb-o-ochrane-ovzdusi>
- [35] *Encyclopedia Britannica* [online]. London: Encyclopedia Britannica, 2016 [cit. 2017-04-07]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/technology/gasoline-fuel>
- [36] BLAŽEK, Josef a Vratislav RÁBL. *Základy zpracování a využití ropy*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 254 s. ISBN 80-708-0619-2.
- [37] Nafta v ČR. *Oenergetice.cz* [online]. Dian Hrozek, 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/ropa/nafta/>
- [38] Kapalné biopalivo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Kapalné\\_biopalivo](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kapalné_biopalivo)
- [39] YADAV, Ashok, Mohd Emran KHAN, Alok Manas DUBEY a Amit PAL. Performance and emission characteristics of a transportation diesel engine operated with non-edible vegetable oils biodiesel. *Case Studies in Thermal Engineering* [online]. 2016, **2016**(8), 9 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214157X16300739>

- [40] OZSEZEN, Ahmet Necati a Mustafa CANAKCI. Determination of performance and combustion characteristics of a diesel engine fueled with canola and waste palm oil methyl esters. *Energy Conversion and Management* [online]. 2011, **2011**(8), 9 [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: [http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/canakci/sci/canakci24.05.2011\\_11.45.54sci.pdf](http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/canakci/sci/canakci24.05.2011_11.45.54sci.pdf)
- [41] Renewable energy directive. *Ec.europa.eu* [online]. [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive>
- [42] Transport & Environment. *Ec.europa.eu* [online]. 2016 [cit. 2017-05-20]. Dostupné z: <http://ec.europa.eu/environment/air/transport/fuel.htm#top-page>
- [43] Seznam čerpacích stanic s E85. *Biopalivafrci.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/mapy/seznam-cerpacich-stanic-s-e85/>
- [44] MAPA AKTUÁLNÍCH CEN PHM V ČESKÉ REPUBLICE. *Www.ceskybenzin.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [https://www.ceskybenzin.cz/index.php?akce=fuelprices&typ\\_palivo=10](https://www.ceskybenzin.cz/index.php?akce=fuelprices&typ_palivo=10)
- [45] Bionafta 2. generace – Biopaliva, *Význam biopaliv – Biopaliva* [online]. Dostupné z: <http://biopaliva.webgarden.cz/rubriky/bionafta-2-generace>
- [46]auta na E85: přestavba za nulu, palivo o 10 Kč levnější, tak kde je problém? *Www.penize.cz* [online]. Jindřich Hradecký, 2012 [cit. 2017-05-29]. Dostupné z: <http://www.penize.cz/nakupy/231815-auta-na-e85-prestavba-za-nulu-palivo-o-10-kc-levnejsi-tak-kde-je-problem>
- [47] Cetanové číslo. *Www.autolexicon.net* [online]. Jan Sajdl [cit. 2017-05-29]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/cetanove-cislo/>
- [48] Evidované tankování. *Www.spotreby.cz* [online]. [cit. 2017-05-31]. Dostupné z: <http://www.spotreby.cz/skoda-octavia-1-9tdi-66-kw-90-hp-a1604/>
- [49] CIMPL, Pavel. Vysokoobjemová biopaliva ČEPRO, a.s v kontextu legislativních změn. In: Sborník přednášek 22. ročníku konference Reotrib 2016 – Kvalita paliv a maziv. VŠCHT Praha. Praha, 2012. s. 102-108. ISBN: 978-80-7080-962-4.