

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**  
**ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace  
Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky  
Katedra: Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Porovnejte vliv různých druhů biopaliv (složení, výrobce) pro vznětové motory  
na jejich výkon a měrnou spotřebu.**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Frolík, CSc.

Autor: Martin Holý

České Budějovice, duben 2012

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Fakulta zemědělská

Akademický rok: 2010/2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin HOLÝ**  
Osobní číslo: **Z09048**  
Studijní program: **B4106 Zemědělská specializace**  
Studijní obor: **Dopravní a manipulační prostředky**  
Název tématu: **Porovnejte vliv různých druhů biopaliv (složení, výrobce) pro vznětové motory na jejich výkon a měrnou spotřebu.**  
Zadávací katedra: **Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky**

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

Cílem práce je porovnat na trhu dostupná biopaliva od různých výrobců na provozní parametry motoru - především výkon a měrnou spotřebu a dále vyhodnotit různé směšovací poměry bio složky se základním palivem - motorovou naftou.

1. Základní suroviny pro výrobu biopaliva.
2. Technologické postupy získávání biopaliva a jejich složení a fyzikální vlastnosti.
3. Navrhnout metodiku postupu měření a zpracování naměřených hodnot.
4. Provést experimentální měření na motorové brzdě.
5. Zpracovat a vyhodnotit výstupy měření.

Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie dle potřeby**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 50 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:


**Vlk, F.: Paliva a maziva motorových vozidel. František Vlk, nakladatelství a vydavatelství, Brno, 2006;**  
**Bauer, F., Sedlák, P., Šmerda, T.: Traktory. Profi Press, Praha, 2006. ISBN 80-86726-15-0.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Josef Frolík, CSc.**  
Katedra zemědělské dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2012**

  
prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentská 13  
370 05 České Budějovice

  
doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 22. března 2011

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejich internetových stránkách.

Dne 12. dubna 2012

.....

## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu Ing. Josefu Frolíkovi, CSc., vedoucímu bakalářské práce, za věcné rady a pokyny při řešení zadaného úkolu.

## **Abstrakt**

Práce se zabývá problematikou využití tekutých biopaliv v dopravě. V první části je pozornost zaměřena na technické aspekty jejich využití. Jsou zde shrnuty zdroje pro výrobu biopaliv, charakterizovány jednotlivé výrobní technologie a uvedeny fyzikálně - chemické vlastnosti jejich produktů, způsoby distribuce a ekologické aspekty použití. Je zde rovněž stručně popsána historie používání biopaliv v České republice. Dále je popsána technologická jednotka na výrobu FAME společnosti PREOL, a. s., Lovosice. Závěrem je uveden používaný sortiment biopaliv v dopravě v České republice. Druhá část práce obsahuje experimentální měření na motorové brzdě u traktoru Zetor 6211 v dílnách Zemědělské fakulty, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích a jeho zpracování s vyhodnocením výstupu měření.

Klíčová slova: biopaliva, vznětový motor, výkon, měrná spotřeba.

## **Summary**

This work deals with the issue of using liquid biofuels in transport. The first part concentrates on technical aspects of their use. It summarizes sources for producing biofuels, characterizes individual production technologies and states physical and chemical properties of their products, ways of distribution and ecological aspects of their uses. It also briefly describes the history of using biofuels in the Czech Republic. Further on, it describes a technological unit to produce FAME by the company PREOL, a.s., Lovosice. Finally, it summarizes the existing range of biofuels used in transport in the Czech Republic. The second part contains experimental measuring on the motor brake of tractor Zetor 6211 in workshops of Agricultural faculty of South Bohemia University in České Budějovice and its processing with measurement evaluation.

Key words: biofuels, diesel engine, performance, comparative consumption.

## Obsah

1. Úvod .....	9
2. Literární přehled .....	10
2.1 Historie používání biopaliv v České republice .....	10
2.2 Základní suroviny pro výrobu biopaliva .....	10
2.2.1 Biopaliva první generace .....	12
2.2.1.1 Bionafta .....	12
2.2.1.2 Bioetanol .....	13
2.2.2 Biopaliva druhé generace .....	14
2.2.3 Bioplyn .....	14
2.3 Technologické postupy získávání biopaliva, jejich složení a fyzikální vlastnosti .....	15
2.3.1 Kapalná biopaliva .....	15
2.3.1.1 Bionafta .....	15
2.3.1.2 Rostlinné oleje .....	18
2.3.1.3 Bioetanol (bioláh) .....	20
2.3.1.4 Potencionální vliv na životní prostředí .....	23
2.3.2 Bioplyn .....	23
2.3.2.1 Výroba bioplynu .....	23
2.3.2.2 Potencionální vliv na životní prostředí .....	26
3. Technologie na výrobu FAME – společnost PREOL, a. s., Lovosice .....	27
4. Certifikace udržitelnosti biopaliv .....	28
5. Cíl práce .....	30
6. Používání biopaliv v dopravě v České republice .....	31
6.1 Bionafta jako palivo pro pohon vznětových motorů .....	31
6.1.1 Porovnání provozních parametrů motoru s MEŘO a motorovou naftou .....	31
6.2 Ekonomická podpora biopaliv .....	34

7. Měření technických parametrů na motorové brzdě .....	34
7.1 Stávající metody měření hlavních parametrů spalovacích motorů ....	34
7.2 Materiál a metodika .....	35
7.3 Naměřené a vypočtené hodnoty s grafy charakteristik.....	41
7.4 Výsledky měření a diskuze.....	48
8. Závěr .....	51
Seznam použité literatury a zdrojů .....	52



## 1. Úvod

V odvětví dopravy je v současné době realizováno více než 30 % celkové spotřeby energie v členských zemích Evropské unie. K této hodnotě se pozvolna blíží i spotřeba energie v dopravě na území České republiky, což znamená prudký nárůst emisí oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>). Jedná se především o emise vznikající spalováním fosilních paliv, které jsou největší příčinou absolutního nárůstu obsahu skleníkových plynů v atmosféře. Jeho emise musí být v zájmu minimalizace dopadů změny klimatu důsledně omezovány. Hrozba globálních změn klimatu je v současnosti jednou z nejdiskutovanějších otázek. Mnohými klimatology, ekology a dalšími odborníky, a také politiky či nevládními organizacemi je považována za jeden z nejzávažnějších problémů, se kterými se lidstvo bude muset v blízké budoucnosti potýkat.

Na základě vědeckých poznatků a následných prognóz vznikla Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, která byla přijata na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru v roce 1992. Následně došlo k ratifikaci Kjótského protokolu, který rozvinutým zemím stanovuje závazek na snižování emisí skleníkových plynů.

Evropská unie přistoupila k opatřením, jejichž realizace by měla zajistit omezení skleníkových plynů do roku 2020 až o 20 % v rámci čehož byl navržen cíl nahradit do roku 2020 v oblasti silniční dopravy až 10 % tradičních pohonných hmot alternativními palivy. Jedná se o směrnici Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě a směrnici 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES.

Směrnice byly do české legislativy transportovány především prostřednictvím zákona č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění zákona č. 180/2007 Sb., jimž je uzákoněna povinnost pro osoby, které uvádějí do volného daňového oběhu, tj. na tuzemský trh, motorové benzíny a motorovou naftu (výrobci, distributoři a dovozci uvedených motorových paliv), zajistit, aby v pohonných hmotách uváděných do volného daňového oběhu bylo obsaženo i minimální množství biopaliv. Novela zákona č. 86/2002 Sb. od 1. 4. 2010 navyšuje minimální podíl biopaliv u motorové nafty na 6,3 % objemových a u motorového benzínu na 4,5 % objemových.

Vzhledem k tomu, že výroba biopaliv je nákladnější než výroba klasických fosilních paliv, je nutné biopaliva finančně zvýhodnit, aby byla zajištěna jejich konkurenceschopnost na trhu ve srovnání s čistě fosilními pohonnými hmotami. Podaří - li se nastavit optimální systém finančního zvýhodnění, lze předpokládat, že zainteresované subjekty komerční sféry budou mít snahu vybudovat dostatečnou distribuční síť těchto paliv a bude vzrůstat také počet uživatelů vozidel využívajících tato paliva.

## **2. Literární přehled**

### **2.1 Historie používání biopaliv v České republice**

Biopaliva se používala v podstatě do doby, kdy se masově začalo těžit uhlí, ropa a zemní plyn. Zemědělská výroba sloužila nejen k zajištění potravy pro lidi, ale i k produkci krmiva pro koně a skot. Osobní a nákladní doprava zprostředkovaná koňmi a voly měla jediný zdroj energie a ten pocházel ze zemědělské výroby.

Podle Vlka (2006) historie používání biopaliv u nás začíná již po první světové válce, kdy se začaly vyrábět a prodávat lihobenzinové směsi. Pod názvem Dynakol se prodávaly směsi s obsahem 50 % etanolu, 30 % benzenu a 20 % benzinu. Až do roku 1932 konkuroval tento výrobek autobenzinu obsahujícímu jen ropný benzin. V letech 1926 až 1936 bylo v Československu zavedeno ze zákona povinné mísení 20 % bezvodného etanolu s benzinem. Používání lihobenzinových směsí zaniklo u nás až počátkem padesátých let minulého století.

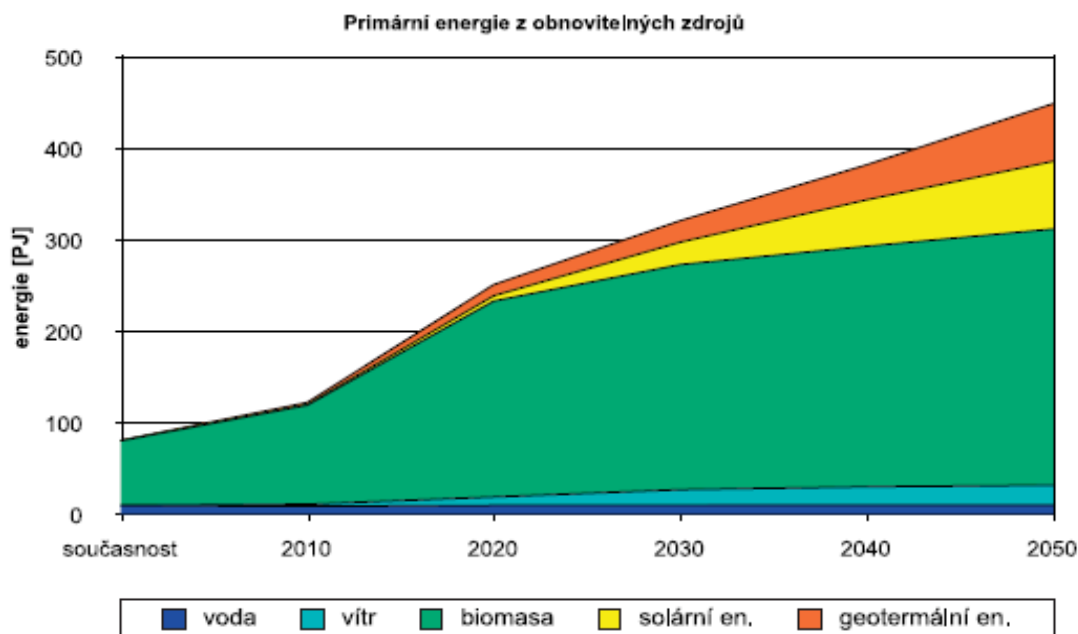
Další etapa využití biopaliv byla v České republice zahájena v roce 1992 tzv. Olejovým programem, který byl dotován státem. Program byl zaveden pro podporu výroby a užití metylesterů řepkových olejů (MEŘO) v rámci cíleného osazování orné půdy řepkou olejnou. V letech 1992 až 1996 byla podpora poskytována formou návratných finančních výpomocí na výstavbu i nákup technologií a od roku 1997 pro uplatnění přídatku min. 30 % MEŘO do motorové nafty na výrobu směsné nafty. Tato příznivá situace skončila zvýšením DPH z 5 % na 19 % a naším vstupem do Evropské unie. Jediným zvýhodněním směsné motorové nafty zůstala nižší sazba spotřební daně. Podmínky pro využití MEŘO pro pohon se na tuzemském trhu zhoršily, a proto směsná nafta počínaje rokem 2004 dočasně začala mizet z českého trhu. (Vlk, 2006)

V roce 2007 byla zvýšena sazba spotřební daně směsné nafty na stejnou úroveň jako čistá fosilní motorová nafta. Z toho důvodu se stala směsná nafta prakticky neprodejnou. V roce 2008 byla opět snížena sazba spotřební daně na směsnou naftu, což vedlo k znovuoživení obchodu s tímto produktem.

### **2.2 Základní suroviny pro výrobu biopaliva**

Jako biopaliva označujeme paliva, která jsou z větší části nebo zcela vyrobena z obnovitelných zdrojů. Liší se tím od fosilních paliv, jejichž zdrojem je ropa a zemní plyn, tedy ty suroviny, jež se tvořily po miliony let a jejichž zásoby postupně docházejí. Obnovitelnými zdroji energie obecně potom máme na mysli energii větru a slunečního záření, geotermální energii, energii vody, půdy, vzduchu, biomasy, skládkového a kalového plynu. Na obr. 2.1 je pro ilustraci uveden

předpoklad využití obnovitelných zdrojů v PJ (1 PJ = 10<sup>15</sup>) podle představ NEK (Nezávislé odborné komise pro posuzování energetických potřeb České republiky v dlouhodobém časovém horizontu - tzv. Pačesovy komise). (Srdečný et al., 2009)



Obr. 2.1 Předpoklad využití obnovitelných zdrojů. Zdroj: Srdečný et al., 2009 (cit. NEK)

I když je potenciál obnovitelných zdrojů obrovský, zásadním problémem zůstává účinnost přeměny. Zejména u biomasy je účinnost velmi nízká - sklizené rostliny obsahují méně než jedno procento sluneční energie. To je dáno i tím, že rostliny využívají sluneční paprsky jen během několika měsíců vegetačního období. Účinnost se dále snižuje tím, že využíváme jen část biomasy (např. zrno). Další významné ztráty vznikají při jejím spalování, zatímco při přeměně na teplo v kotlích na biomasu využijeme až 80 % energie v rostlinách, automobilový motor poháněný třeba řepkovým olejem má účinnost jen okolo 25 % (Srdečný et al., 2009). Důsledkem ztrát v celém řetězci je pak potřeba velkých ploch pro pěstování biomasy, zejména při výrobě biopaliv. Významnou výhodou biopaliv (nejen tekutých) je to, že slouží jako akumulátor energie, neboť je lze poměrně jednoduše a dlouhodobě skladovat. To se o teple nebo elektřině říci nedá. Současně také platí, že diverzifikace zdrojů zvyšuje bezpečnost dodávek. Tím, že jsou obnovitelné zdroje na území České republiky dostupné, jejich využíváním se snižuje energetická závislost (v současnosti se k nám asi 40 % energie dováží, zejména ropa a plyn). Obnovitelné zdroje v současnosti pokrývají asi 5 % spotřeby primárních zdrojů. Teoretický potenciál obnovitelných zdrojů mnohokrát přesahuje současnou spotřebu. Pro využití však můžeme použít pouze ekonomicky dostupné technologie, což potenciál značně snižuje. (Srdečný et al., 2009)

Pokud se týká energetického využití biomasy, lze ji spalovat přímo, anebo jsou spalovány kapalné, resp. plynné produkty jejího zpracování. Základní postupy přípravy, resp. zpracování biomasy lze na základě jejich principu rozdělit do následujících skupin:

- mechanické – štípání, drcení, lisování, peletace, mletí (výroba pevných paliv), lisování (výroba olejů);
- termochemické – pyrolýza, zplyňování, hydrokrakování;
- biochemické – fermentace, anaerobní kvašení (výroba bioetanolu) a anaerobní kvašení (metanizace, výroba bioplynu);
- chemické – esterifikace (výroba bionafty a přírodních maziv).

Pro výrobu biopaliv lze použít poslední tři z uvedených postupů přeměny biomasy (Šebor et al., 2006; Srdecný et al., 2009).

Evropská unie přijala směrnici podle které by v roce 2020 měla biopaliva krýt 10 % spotřeby paliv v silniční dopravě. Odhad potenciálu biopaliv pro Českou republiku předpokládá naplnění výše uvedeného požadavku. Odhaduje se, že při využívání dosavadních postupů pro výrobu biopaliv by bylo potřeba 600 tis. ha orné půdy pro výrobu bionafty z řepky a biolihu z obilí a cukrovky. Očekávat lze nicméně rychlejší vývoj ve výrobě biopaliv z odpadu a jiných surovin, které nevyžadují cílné pěstování, takže zábor půdy bude ve skutečnosti menší. Podíl biopaliv se může dále zvýšit tím, že klesne spotřeba ropných produktů a v silniční dopravě se bude více využívat elektřina, případně vodíkové technologie. (Srdecný et al., 2009)

Podle Srdecného et al. (2009) biopaliva rozlišujeme dle toho, zda mají nahradit naftu ve vznětových (dieselových) motorech, nebo benzín v zážehových motorech. Jiné rozlišení je podle získání vstupní suroviny na biopaliva první a druhé generace. Do první generace patří paliva vyráběná z cíleně pěstovaných plodin. Může jít o etanol z obilí, bionaftu a rostlinné oleje z řepky, slunečnice a jiných zemědělských plodin. Biopaliva druhé generace se vyrábí z nepotravinářských surovin, např. ze slámy, dřeva a dřevního odpadu, papíru aj. Jejich produkce tedy nevyžaduje zemědělskou půdu, která by se mohla využít pro pěstování potravin. Energie pro získání vstupní suroviny je nižší. Vyžadují však náročnější technologii, proto se teprve začínají rozšiřovat.

## **2.2.1 Biopaliva první generace**

### **2.2.1.1 Bionafta**

Termín bionafta byl zaveden pro metylestery mastných kyselin – FAME (Fatty Acid Methyl Ester). Podstatou výroby je tzv. transesterifikace, do které vstupuje olej z olejnatých rostlin (sója, řepka olejná, slunečnice) nebo živočišný tuk

(např. hovězí lůj, drůbeží a vepřové sádlo, rybí tuk) a metanol. Dále lze jako surovinu použít i upotřebené fritovací oleje a tuky. V současné době je 80 % světové roční produkce bionafty realizováno na bázi řepkového oleje. Na 1 t metylesterů řepkového oleje je potřeba okolo 2,5 t řepky. (Šebor et al., 2006)

Řepka olejná (obr. 2.2) je stará kulturní rostlina. Pěstuje se jako olejnína pro semena obsahující 44 - 47 % oleje vysoké kalorické hodnoty. Olej se používá k potravinářským i technickým účelům. Pokrutiny se využívají jako krmivo pro hospodářská zvířata.



Obr. 2.2 Květ řepky olejky. Zdroj: Preol

### 2.2.1.2 Bioetanol

Podle Šebora et al. (2006) surovinou pro výrobu bioetanolu je vhodná jakákoliv biomasa, která obsahuje dostatečné množství cukru (cukrová řepa, cukrová třtina) nebo látek, které lze na cukr převést, jako jsou škrob nebo celulóza. Pokud se týká škrobnatých surovin, patří k nim rostliny jak poskytující hlízy (brambory), tak zrno (pšenice, kukuřice, ječmen, tritikale - kříženec žita a pšenice). Dalšími surovinami pro výrobu bioetanolu jsou polysacharid inulin, který obsahují hlízy topinamburů a čekanky (štěpení inulinu je snadnější než štěpení škrobu). Intenzivní pozornost je ve světě věnována využití biomasy a trav jako surovin pro výrobu bioetanolu. Tato biomasa, která je považována za perspektivní surovinu, je tvořena celulózu, která může být převedena na jednoduché cukry, i když podstatně obtížněji než je tomu v případě škrobu. Průměrný hektarový výtěžek bioetanolu se pohybuje v rozmezí 21 - 56 hl v závislosti na typu suroviny, v případě obilných zrn je to asi

28 hl. Vyjádřeno jiným způsobem lze říci, že na výrobu 1 t etanolu je potřeba asi 3 t zrn, resp. 2 - 4 t suché dřevní nebo travní suroviny.

### **2.2.2 Biopaliva druhé generace**

Biopaliva druhé generace se vyrábějí z organických složek komunálního odpadu, ze slámy a jiných zemědělských odpadů, odpadního dřeva nebo starého papíru. Vyžadují sice náročnější výrobní technologii, ale nezatěžují tolik životní prostředí získáváním vstupních surovin. V současnosti jsou ale biopaliva druhé generace pro komerční využití zatím ještě příliš drahá. (Srdecný et al., 2009; Šebor et al., 2006)

Na českém trhu se zatím nevyužívají, ale v Evropě je již v provozu několik zařízení, které tato biopaliva vyrábí. Za všechny je jmenována firma Choren v německém Freiburgu, která vyrábí syntetickou naftu pod názvem sun - diesel. Evropská unie počítá s jejich výraznějším uplatněním na trhu až po roce 2015. (Srdecný et al., 2009; Sladký, 2010)

### **2.2.3 Bioplyn**

Termín bioplyn je v současné technické praxi používán pro plyný produkt anaerobní metanové fermentace organických látek, tj. rozkladu bez přístupu vzduchu. Okruh surovin pro výrobu bioplynu je poměrně široký. Významnou surovinu pro výrobu bioplynu představuje zbytková biomasa, která vzniká nejvíce v zemědělství. Jedná se především o odpady z živočišné výroby (exkrementy z chovů hospodářských zvířat) a zbytky rostlin. Dále jde o zbytky z rostlinné výroby, pro které není další uplatnění, případně o cíleně pěstovanou nepotravinářskou produkci. Důležitým zdrojem biomasy jsou také odpady z údržby zeleně a kaly z čistíren odpadních vod. Dalším významným zdrojem zbytkové biomasy je komunální sféra. Biologický rozložitelný odpad tvoří asi 40 % ní hmotnostní podíl komunálního odpadu. Odpady vhodné pro zpracování anaerobní fermentací vznikají rovněž v průmyslu, zejména potravinářském. V neposlední řadě je významným zdrojem odpadní biomasy lesnictví. Odpady z těžby a zpracování dřeva s vysokým obsahem lignocelulózy a sušiny pro výrobu etanolu a syntézního plynu pro Fischer – Tropschovu syntézu BTL - Biomass to Liquids / GTL - Gas to Liquids technologie. (Šebor et al., 2006)

## **2.3 Technologické postupy získávání biopaliva, jejich složení a fyzikální vlastnosti**

Za biopaliva se považují kapalné nebo plynné pohonné hmoty vyráběné z biomasy: bionafta, bioetanol, bioplyn, biometanol, biodimetyléter, bio - ETBE (etyl-terc-butyl-éter), bio - MTBE (metyl-terc-butyl-éter), biovodík, rostlinné oleje a syntetická paliva, jejichž složky byly vyrobeny z biomasy. Pro vznětové (naftové motory), u nichž dochází ke vznícení paliva vstříkovaného do válců motoru, se mohou uplatnit bionafty, směsné motorové nafty (směsi motorové nafty s bionaftou, případně s rostlinným olejem), výjimečně i čisté rostlinné oleje a bioetanol. Pro zážehové (benzínové) motory, u kterých se palivová směs ve válci zapaluje zapalovací svíčkou, jsou použitelnými biopalivy bioetanol, bioplyn, biometanol, biodimetyléter, bio - ETBE, bio - MTBE, biovodík a syntetická paliva. (Vlk, 2006; Laurin, 2008)

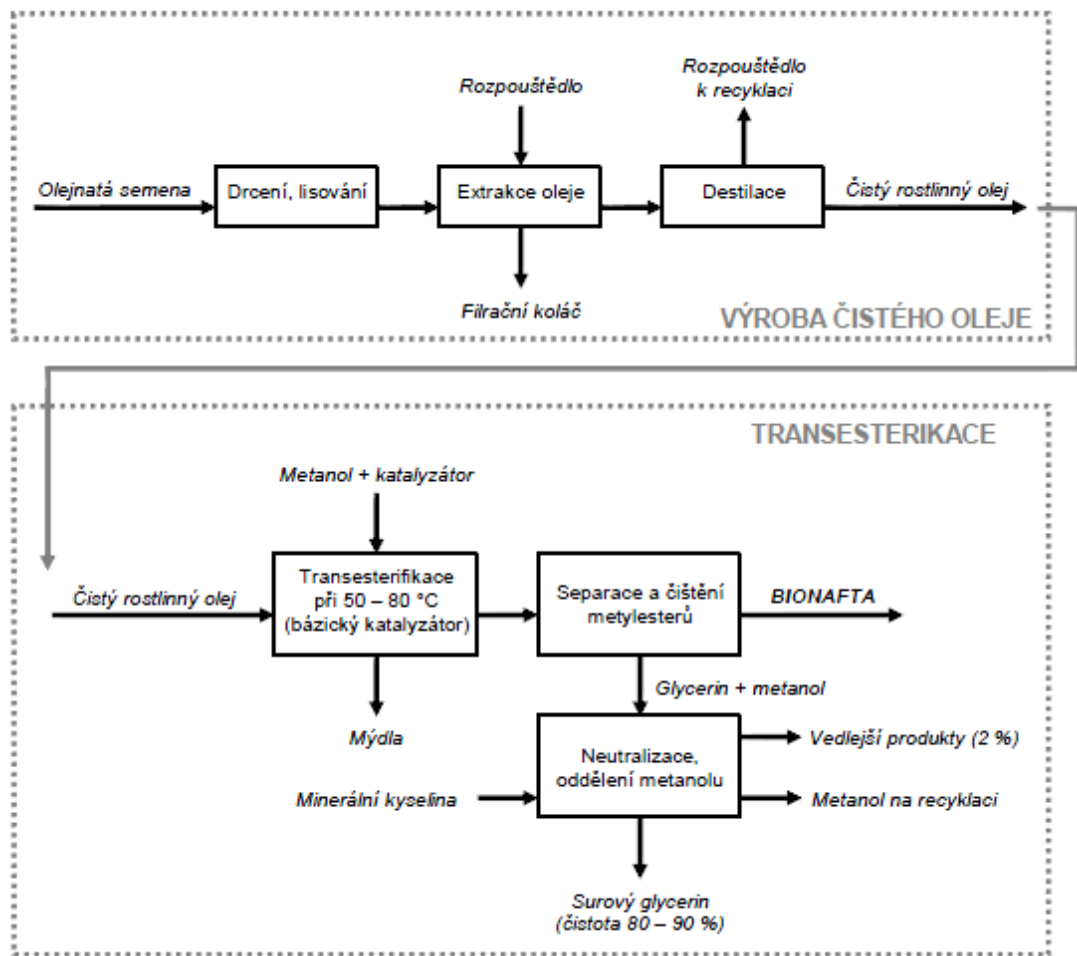
### **2.3.1 Kapalná biopaliva**

Kapalná biopaliva první generace lze rozdělit na tři druhy: bionaftu, rostlinné oleje a bioetanol. Dále jsou tyto výrobní technologie stručně popsány.

#### **2.3.1.1 Bionafta**

Podle Srdecného et al. (2009) jde o dosud nejrozšířenější biopalivo první generace. Vyrábí se z oleje, nejčastěji řepkového. Působením katalyzátoru a vysoké teploty se řepkový olej mění na metylester řepkového oleje (MEŘO), který se nazývá „bionafta první generace“. V současnosti se MEŘO mísí s lehkými ropnými produkty, a tak vzniká „bionafta druhé generace“, která musí obsahovat alespoň 30 % MEŘO.

Výroba bionafty patří k zavedeným technologiím a předpokládá se, že již nedozná podstatných změn. Celý výrobní proces se skládá z lisování oleje, filtrování a následné chemické reakce oleje, metanolu a katalyzátoru na metylester a glycerin (esterifikace). Pro získání čistého rostlinného oleje se používá postup běžně používaný při výrobě rostlinných olejů v potravinářském průmyslu. Extrakcí, lisováním za studena nebo kombinací obou způsobů se získá rostlinný olej a následnou destilací se oddělí rozpouštědlo, které se recykluje. Jednoduché blokové schéma výroby bionafty je znázorněno na obr. 2.3.



Obr. 2.3 Blokové schéma výroby bionafty transesterifikací rostlinných olejů.

Zdroj: (Šebor et al., 2006)

V prvním kroku přeměny rostlinného oleje do formy metylesterů mastných kyselin se v metanolu nejprve rozpustí použitý katalyzátor, kterým je obvykle hydroxid draselný nebo sodný, a směs obou látek je společně s rostlinným olejem dávkována do uzavřeného reaktoru na transesterifikaci. U suroviny je třeba kontrolovat obsah vody a volných mastných kyselin. Jejich větší množství je příčinou tvorby mýdel. Reakční teplota se obvykle pohybuje v rozmezí 50 – 80 °C a reakční doba je od 1 do 8 hodin. Po transesterifikaci následuje oddělení glycerolu od metylesterů. Protože jak bionafta, tak glycerol obsahují metanol, je dalším krokem jeho oddestilování. Obě oddělené fáze je nutno před oddestilováním metanolu nejprve zneutralizovat přidávkem minerální kyseliny. Kyselina tak neutralizuje přítomný katalyzátor a rozštěpí vzniklá mýdla. Oddělený metanol je recyklován. Na 1 t bionafty vzniká asi 100 kg glycerolu. Bionaftu je po odstranění metanolu ještě třeba důkladně promýt teplou vodou a odstranit tak zbytky katalyzátoru, mýdel a nakonec zbavit vody. (Šebor et al., 2006; Vlk, 2006)

V České republice je vybudováno 17 jednotek na výrobu FAME, které zpracovávají převážně řepkový olej na MEŘO. Významnými producenty podle roční



výrobní kapacity jsou zpracovatelské závody – PREOL, a.s., Lovosice (100 tis. t/r MEŘO), AGROPODNIK, a. s., Jihlava (68 tis. t/r MEŘO) a PRIMAGRA, a. s., Milín (35 tis. t/r MEŘO). Výrobní jednotka společnosti PREOL, a. s. je popsána v kap. 3. Na stávajících výrobních MEŘO lze vyrábět také EEŘO, tj. etylestery řepkového oleje náhradou metanolu při transesterifikaci triglyceridů bioetanolem.

Z vlastností metylesteru řepkového oleje a klasické motorové nafty, které jsou pro ilustraci uvedeny v tab. 2.1, vyplývá, že základní charakteristiky jsou velmi podobné. Vysoké cetanové číslo MEŘO dokládá, že MEŘO se dobře vzněcuje, jeho stechiometrické spalování vyžaduje méně vzduchu, nevýhodou je při jeho spalování vznikající specifický zápach. MEŘO má větší viskozitu, rovněž jeho hustota je v porovnání s naftou o něco větší, což částečně kompenzuje jeho menší výhřevnost vztážená na jednotku objemu, která souvisí s velkým obsahem kyslíku. Nevýhodou menšího energetického obsahu vztážené na jednotku objemu je větší spotřeba MEŘO v porovnání s motorovou naftou. MEŘO má dále vyšší bod vzplanutí, který je důležitý z hlediska bezpečného zacházení s palivem. MEŘO proto vyžaduje ohřev na vyšší teplotu než klasická nafta pro vznik plynné směsi se vzduchem před jejím vznícením ve válci. Výhodou MEŘO je skutečnost, že má dobré mazací vlastnosti. Z ekologického hlediska je další výhodou její velmi dobrá biologická odbouratelnost, na druhou stranu to však znamená, že bionafta je méně stabilní, což je její nevýhoda při skladování. (Šebor et al., 2006)

Tab. 2.1 Porovnání některých vlastností MEŘO a klasické motorové nafty

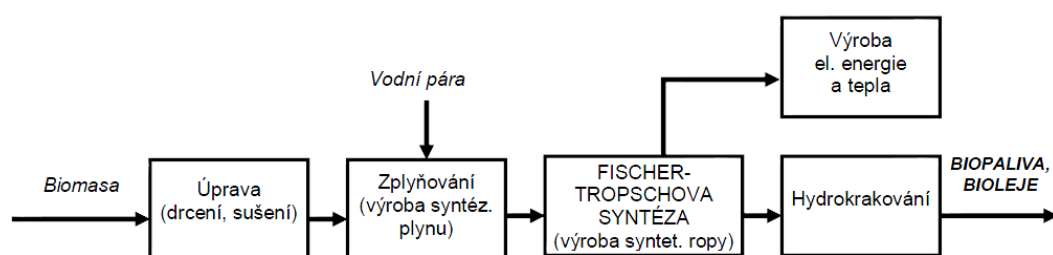
Vlastnosti paliva	Bionafta (FAME)	Motorová nafta
Rel. molekulová hmotnost [g/mol]	~ 300	170 - 200
Cetanové číslo	~ 54	51
Hustota při 15 °C [g/cm <sup>3</sup> ]	0,88	0,84
Výhřevnost [MJ/kg]	37,3	42,7
Výhřevnost [MJ/l]	32,0	35,7
Stechiometrický poměr vzduch/palivo [hm.]	12,3	14,53
Obsah kyslíku [% hm.]	9 – 11	< 0,6
Kinematická viskozita při 20 °C [mm <sup>2</sup> /s]	7,4	4,0
Bod vzplanutí [°C]	91 - 135	77

Zdroj: (Šebor et al., 2006)

Podle Matějovského (2005) produkty z dnešních moderních technologií kvalitou odpovídající požadavkům ČSN EN 14 214, jsou téměř zcela zbaveny zbytků metanolu, glycerinu, glyceridů, volných kyselin, zbytků alkalických katalyzátorů a dokonce i fosforu obsaženého v řepkovém oleji.

Bionafta je významně bezpečnější než klasická motorová nafta. Pro skladování a distribuci nafty je možné využít stejnou technologii jako pro klasickou motorovou naftu. Palivo je nutné skladovat v suchém a čistém prostředí bez přístupu světla, v ocelových či hliníkových skladovacích nádržích, případně nádržích vyrobených z organických polymerních materiálů (polyetylen, polypropylen). V případě čisté bionafty bez přídavku antioxidačních a biocidních aditiv by uskladnění nemělo přesáhnout dobu 3 – 6 měsíců. Vlivem působení mikroorganismů může číslo kyselosti při dlouhodobém skladování překročit maximální přípustnou mez. Vlivem nízké oxidační a skladovací stability přicházejí v úvahu pouze dvě varianty distribuce směsných paliv s obsahem bionafty, a to doprava vyrobeného paliva přímo z terminálu výrobce do maloobchodní sítě anebo doprava obou složek paliva, FAME i motorové nafty, odděleně do skladovacích prostor distribuční společnosti, kde je palivo z obou složek namícháno a následně expedováno. (Šebor et al., 2006)

Existuje už i biopalivo druhé generace, označované jako sun-diesel (syntetická nafta). Vyrábí se z komunálního odpadu a jiných odpadů (zemědělské a potravinářské odpady, plasty, dřevo a další) Fischer – Tropschovou (FT) syntézou. Je založena na nízkoteplotní pyrolýze, kdy se oxid uhelnatý a vodík, pod velkým tlakem a za teploty 350 °C přeměňuje na různé kapalné uhlovodíky. Výsledný produkt se více podobá ropné naftě než bionaftě. Výhodou tohoto procesu je, že se současně likviduje komunální a jiný odpad. Zbytky z procesu tvoří 5 až 10 % hmotnostní vstupní suroviny. Blokové schéma výroby kapalných paliv z biomasy FT syntézou je uvedeno na obr. 2.4. (Srdečný et al., 2009; Šebor et al., 2006)



Obr. 2.4 Blokové schéma výroby kapalných paliv z biomasy FT syntézou. Zdroj: (Šebor et al., 2006)

### 2.3.1.2 Rostlinné oleje

Rostlinné oleje lze spalovat v upravených dieselových motorech přímo. Oproti výrobě bionafty tak odpadá proces esterifikace. Zásadní nevýhodou je, že motor je třeba pro spalování oleje upravit. Úprava spočívá především v doplnění tepelného výměníku, kde se olej zahřeje na 80 až 90 °C, aby tak klesla jeho viskozita a olej mohl vstoupit do vstřikovacího čerpadla motoru. Schéma motoru s provozem na rostlinný olej a naftu je znázorněn na obr. 2.5. Studený olej má totiž při nízkých

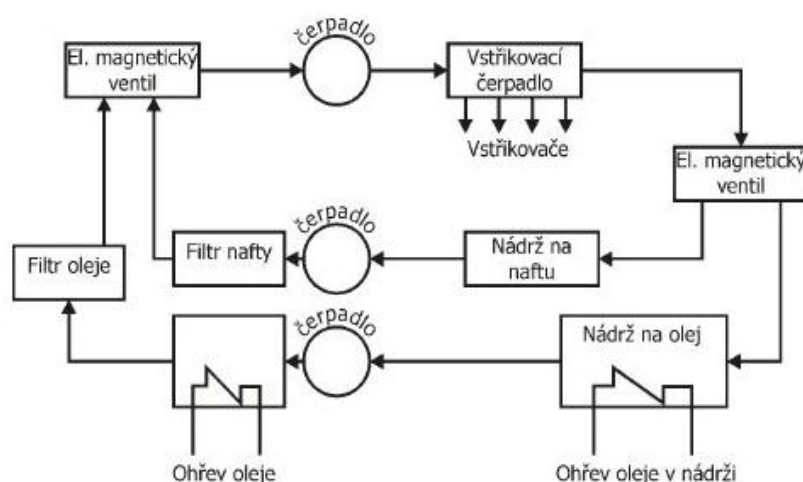
teplotách vysokou viskozitu, takže ho vstřikovací zařízení motoru nedokáže zpracovat. Upravené automobily nebo traktory startují na ropnou naftu, a teprve po zahřátí motoru se přepne na provoz s olejem. Před ukončením jízdy je nutno opět přepnout na naftu, aby olej nezůstal v palivovém systému. Existují systémy, kde se nafta nepoužívá vůbec a olej je ohříván elektronicky. U některých motorů se doporučuje míchat olej s naftou nebo bionaftou, aby se snížila viskozita. (Vlk, 2006; Laurin, 2008; Srdecný et al., 2009)

Rostlinné oleje mají v porovnání s motorovou naftou vysokou viskozitu, vysokou teplotu splnutí, vysokou teplotu tání, nízké cetanové číslo, vyšší měrnou hmotnost, nižší výhřevnost, malou oxidační stabilitu a snadno polymerují. Obsahují přibližně 11 % kyslíku (Laurin, 2008). Významnější vlastnosti řepkového oleje a motorové nafty jsou uvedeny v tab. 2.2.

Tab. 2.2 Vybrané vlastnosti motorové nafty a řepkového oleje

Vlastnosti paliva	Motorová nafta	Řepkový olej
Hustota při 15 °C [g/cm <sup>3</sup> ]	0,84	0,92
Výhřevnost [MJ/kg]	42,5	36
Kinematická viskozita při 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	3,0	35
Bod vzplanutí [°C]	>55	246
Cetanové číslo	51	38

Zdroj: (Vlk, 2006; Laurin, 2008)

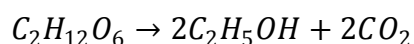


Obr. 2.5 Schéma motoru s provozem na rostlinný olej a naftu. Zdroj: (Laurin, 2008)

### 2.3.1.3 Bioetanol (biolíh)

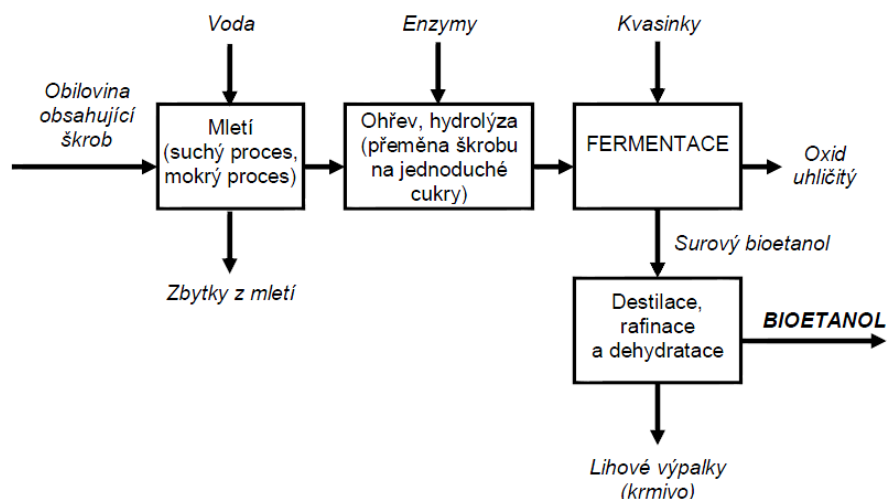
Podle Srdecného et al. (2009) lze biolíh použít jako palivo pro benzínové motory. U biopaliv první generace se pro výrobu používá obilí, brambory, cukrová řepa, kukuřice a další. Čím více sacharidů nebo škrobu rostlina obsahuje, tím je výnos etanolu vyšší. Etanol je látka, která se v přírodě vyskytuje jen sporadicky.

Kvasný neboli fermentační způsob výroby bioetanolu z biomasy je založen na působení enzymů mikrobiální buňky (většinou buněk některých kvasinek) v procesu, kterému se říká lihové kvašení. Jde o proces, který probíhá převážně bez přístupu vzduchu. Enzymové vybavení mikroorganismů určuje tzv. zkvasitelnost sacharidů. Přímo zkvasitelné jsou jen monosacharidy. Složitější sacharidy (oligosacharidy až polysacharidy) musí být před zkvašením hydrolyzovány na monosacharidy. Kvašení, při kterém jsou zkvasitelné sacharidy přeměňovány na bioetanol a oxid uhličitý, lze popsat rovnicí:



Při fermentaci je zapotřebí udržovat pH 4 - 6 a vhodnou teplotu 27 - 32 °C. Po určité době 24 - 36 hodin dojde vlivem působení vznikajícího etanolu na kvasinky k postupnému zastavení fermentace. Tím je dána hraniční koncentrace vzniklého etanolu 12 - 13 %. Po fermentaci následuje destilace. Ta má za úkol oddělit surový bioetanol od prokvašené zápary, při které se jako vedlejší produkt získává destilační zbytek - obilné výpalky (hodnotné krmivo). Při rafinaci je zapotřebí odstranit další vedlejší produkty, kterými jsou např. organické kyseliny, glycerol, vyšší alkoholy, estery atd. Následným procesem dehydratace je zajištěno odvodnění bioetanolu. Popsaný obecný způsob fermentace prováděný za účelem výroby etanolu platí pro všechny technologické postupy využívající různé surovinové zdroje. Tyto postupy se liší pouze ve způsobu přípravy zápary a případně ve zpracování produktů kvasného procesu. (Šebor et al., 2006)

V podmínkách České republiky je v současnosti možné realizovat dva základní technologické postupy výroby bioetanolu vhodného pro pohon motorových vozidel, a to z obilovin a z cukrové řepy. Vzdálenější budoucnost zatím představuje výroba etanolu z lignocelulósové hmoty. Jednoduché blokové schéma výroby bioetanolu z obilovin je uvedeno na obr. 2.6. (Šebor et al., 2006)



Obr. 2.6 Blokové schéma výroby bioetanolu z obilovin. Zdroj: (Šebor et al., 2006)

Etanol vyrobený fermentací z biomasy je možné použít buď jako palivo pro speciálně konstruované motory, nebo jako přísadu do benzínu do 5 %, nebo do 15 % bio - ETBE. ETBE, které vzniká reakcí etanolu s nenasyceným plynným uhlovodíkem isobutanem, se ve světě stalo důležitou přísadou do bezolovnatých benzinů (Vlk, 2006; Čappo, 2011; Šebor et al., 2006).

Základní fyzikálně - chemické vlastnosti bioetanolu a z něho odvozeného ETBE jsou pro srovnání s benzinem uvedeny v tab. 2.3. Etanol má oproti benzinu vyšší oktanové číslo, což znamená, že je vhodný pro spalování v zážehových motorech. Naproti tomu není tolik vhodný pro motory vznětové, kde je nevýhodou jeho nízké cetanové číslo způsobující malou vznětlivost paliva. Zvýšení cetanového čísla je možné aditivami. Avšak pro dosažení cetanového čísla 50 je nutno přidávat aditiva v množství, které se pohybuje v řádu procent. Dále mají vozidla v důsledku nižší výhřevnosti vyšší spotřebu, ale vyšší obsah kyslíku v etanolu znamená menší spotřebu vzduchu. Stechiometrický poměr směsi etylalkoholu a vzduchu je 9,0 : 1. Tlak par podle Reida, který je mírou těkavosti, je u čistého paliva velmi nízký. Avšak velkým problémem je chování směsi etanolu s benzinem, kdy je směs méně stabilní (vyšší tlak nenasycených par). Největším problémem etanolu je jeho rozpustnost ve vodě. Požadavky na vlastnosti etanolu jako složky automobilového benzínu jsou specifikovány v jakostní normě ČSN EN 15 376.

Tab. 2.3 Vybrané vlastnosti etanolu, ETBE a klasického automobilového benzínu

Vlastnosti paliva	Etanol	ETBE	Benzin
Rel. molekulová hmotnost [g/mol]	46	102	111
Oktanové číslo RON/MON	109/92	118/105	96/85
Cetanové číslo	11	-	8
Tlak par podle Reida [kPa]	16,5	28,0	75,0
Hustota 15 °C [g/cm <sup>3</sup> ]	0,80	0,74	0,75
Výhřevnost [MJ/kg]	26,4	36,0	41,3
Výhřevnost [MJ/l]	21,2	26,7	31,0
Stechiometrický poměr vzduch/palivo [hm.]	9,0	-	14,7
Bod varu [°C]	78	72	30-190

Zdroj: (Šebor et al, 2006)

Výhodou ETBE je ve srovnání s etanolem jeho větší výhřevnost, menší tlak par a vyšší oktanové číslo. Ve srovnání s alkoholy se s benzinem také lépe mísí. Vzniklá směs je stabilní. (Vlk, 2006; Šebor et al., 2006; ČSN EN 15 376)

V případě bioetanolu a motorových paliv tuto složku obsahujících je situace týkající se dopravy, skladování a distribuce ještě komplikovanější než v případě bionafty. Ve skladovacích ani přepravních systémech nesmí být přítomna žádná voda. Voda způsobuje rozdělení směsi etanolu a benzínu na dvě složky. Etanol dále přechází do vodné fáze. To má za následek zhoršení kvality paliva. Distribuce paliva probíhá tedy dvěma způsoby. Palivo se dopraví přímo z terminálu výrobce do maloobchodní sítě. Nebo si distribuční společnosti dopraví obě složky, bioetanol i benzin, odděleně a ta pak palivo namíchá. Bioetanol a benzin mají odlišné vlastnosti, a tak benzin dodávaný distribuční společností musí mít zvláštní specifikaci, aby po smíchání obou složek splňovalo vyrobené palivo požadavky normy. Z technického hlediska je vhodnější variantou využití bio - ETBE, jak po stránce skladovací, tak i z hlediska dopravy. (Šebor et al., 2006)

Biolíh druhé generace se získává z odpadů obsahujících celulózu. To může být sláma, dřevní odpad a starý papír. Rozklad celulózy na cukr a vodu je složitější, vyžaduje náročnější technologii. (Srdecný et al., 2009)

#### **2.3.1.4 Potenciální vliv na životní prostředí**

Podle Srdecného et al. (2009) jsou emise motorů spalujících biopaliva srovnatelné s emisemi při provozu na ropné produkty. Používáním bionafty se ale snižuje kouřivost motoru. Případný únik biopaliv je méně rizikový, protože jsou biologicky výrazně lépe rozložitelná. Biopaliva první generace vyžadují plodiny pěstované na zemědělské půdě. V Evropě, kde je potravin přebytek, je pěstování řepky a jiných plodin pro výrobu biopaliv pro mnoho zemědělců vítanou alternativou. Pokud jsou dodržovány osevní postupy, nemělo by docházet ani ke snižování kvality půdy. Jistým negativem je spotřeba energie a hnojiv na pěstování a výrobu biopaliv. Nejméně náročná je výroba rostlinných olejů. Nejnáročnějším palivem je biolih, jehož destilace spotřebuje mnoho energie. Uvádí se, že na výrobu jedné kWh v bioetanolu se spotřebuje 0,7 až 3,4 kWh vstupní energie. Z těchto důvodů se v Evropské unii definovala kritéria pro trvale udržitelná biopaliva. Vyžaduje se, aby použitím biopaliv došlo ke snížení produkce CO<sub>2</sub> nejméně o 35 % (od roku 2018 to bude 60 %). Biopaliva nesmějí být pěstována na zemědělské ploše, která by způsobila zánik území, nebo zánik mokřadů. Většinu těchto problémů by měla vyřešit biopaliva druhé generace, která se vyrábí z odpadních surovin. Takovéto energetické využití odpadů pomůže i řešit problém s likvidací odpadů.

#### **2.3.2 Bioplyn**

Bioplyn a bioplynové systémy představují energetické zdroje s pozitivními přínosy pro ochranu životního prostředí. Termín bioplyn je v současné technické praxi používán pro plynný produkt anaerobní metanové fermentace organických látek, tj. rozkladu bez přístupu vzduchu. Název bioplyn je pak obecně míněna plynná směs metanu a oxidu uhličitého, která v menší míře obsahuje ještě některé další minoritní složky organického či anorganického charakteru (Šebor et al., 2006). Současné bioplynové stanice zpracovávají kejdu a další zemědělské a potravinářské odpady. Můžeme se setkat i se stanicemi, které zpracovávají kukuřici a jiné cílené pěstované plodiny. Využit lze i bioodpad vyseparovaný z komunálního odpadu. Zpracování odpadu je dnes důležitým, ale nikoli primárním účelem bioplynové stanice, na rozdíl od bioplynových technologií v čističkách odpadních vod. (Srdecný et al., 2009)

##### **2.3.2.1 Výroba bioplynu**

Základní princip technologie výroby je poměrně jednoduchý, pokud se organická hmota rozkládá bez přístupu vzduchu, vzniká plyn s vysokým obsahem

metanu, který je dobře hořlavý (Srdecný et al., 2009). Bioplyn se získává metanogením kvašením organických látek neboli metanovou fermentací. Metanovou fermentaci je třeba chápat jako soubor na sebe navazujících procesů, které probíhají za nepřístupu vzduchu tj. anaerobně, a kde rozklad organických látek probíhá působením mikroorganismů. Metan je v bioplynu zastoupen v poměrně širokém rozmezí 55 - 75 %. Podíl 25 - 45 % připadá na oxid uhličitý a 1 - 3 % na další plyny (vodík, dusík, sirovodík). Tyto hodnoty se liší v závislosti na složení reagujícího substrátu a na způsobu výroby. Způsoby výroby bioplynu lze rozdělit na mokré a tzv. „suché“. V prvním případě se bioplyn vyrábí fermentací zbytkové biomasy za přítomnosti vody v bioreaktorech (fermentorech), resp. ve vyhnívacích nádržích čistíren odpadních vod. Druhý „suchý“ způsob představuje produkce bioplynu ve skládce tuhých odpadů. Aby však bioplyn u tohoto způsobu výroby mohl vznikat, musí tyto skládky obsahovat biologicky rozložitelné komponenty. Nevýhodou je proměnlivé složení skládkových plynů, kdy navíc v tomto složení může být obsah metanu velice nízký. Kvalitní skládkový plyn se však také může svým složením velmi podobat složení reaktorových plynů. V prvním případě, kdy bioplyn vzniká anaerobní fermentací v reaktoru, musí surovina pro fermentaci obsahovat dostatečné množství biologicky rozložitelných látek a vodu obvykle v množství 60 % hm., případně i více. Rozklad organických látek až na bioplyn vyžaduje koordinovanou metabolickou součinnost anaerobních mikroorganismů. Dále je třeba zajistit vhodné fyziologické podmínky pro jejich činnost – anaerobní prostředí, složení substrátu a jeho pH (6,5 - 7,5), fermentační teplota (35 - 42 °C), míchaní, živiny. Pevné zbytky z výroby bioplynu jsou zbaveny pachových látek a používají se jako hnojivo. (Šebor et al., 2006; Vlček, 2006)

Vyrobený bioplyn je nutno skladovat v plynojemu, protože produkce není vždy rovnoměrná (Srdecný et al., 2009).

Podle Šebora et al. (2006) lze obecně bioplyn využít všude tam, kde se uplatňuje zemní plyn. Před vlastním použitím je obvykle vyrobený surový bioplyn potřeba vyčistit, tj. zbavit nežádoucích složek, především vody, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, kyslíku, dusíku, vyšších uhlovodíků, halogenderivátů uhlovodíků a křemíku resp. organokřemičitých sloučenin. Požadavky na úpravu bioplynu jsou samozřejmě dány způsobem jeho použití. Pokud by měl být použit jako pohonná hmota pro motorová vozidla, je nutné jej vyčistit na kvalitu zemního plynu (obsah metanu nad 95 %, výhřevnost srovnatelná) a po kompresi jej pak lze přidávat do distribuční sítě zemního plynu, resp. přímo plnit do vozidel. Toto čištění bioplynu je však nákladné a společně s náklady na kompresi významně zvyšuje jeho celkové výrobní náklady a tedy i jeho prodejní cenu. Většina vyrobeného bioplynu je však využita pro jednodušší výrobu elektrické energie a tepla v kogeneračních jednotkách. Pro pohon motorových vozidel v přímé konkurenci s levným zemním plynem může najít uplatnění pouze velmi malá část produkce bioplynu.

Technologii bioplynové stanice je třeba navrhnout již od začátku s ohledem na suroviny, které se budou zpracovávat. Například přimíchání většího množství trávy a odpadní zeleně do kejdy proces fermentace zpomalí. Zařízení tedy buď





Tab. 2.4 Vybrané fyzikálně – chemické vlastnosti bioplynu

Parametr	Druh bioplynu		
	Skládkový plyn (Dolní Chabry)	Bioplyn z ČOV	Bioplyn (60% CH <sub>4</sub> , 38% CO <sub>2</sub> 2% ost.)
Hustota [kg/Nm <sup>3</sup> ] <sup>1)</sup>	1,18	1,12	1,21
Spalné teplo [MJ/Nm <sup>3</sup> ]	24,7	26,6	-
Výhřevnost <sup>2)</sup> [MJ/Nm <sup>3</sup> ]	22,2	23,9	21,5
<b>Teor. spotřeba pro spalování</b> [m <sup>3</sup> vzduchu/m <sup>3</sup> bioplynu]			
<b>vzduch</b>	5,90	6,27	5,71

1) Nm<sup>3</sup> tzn. normativní m<sup>3</sup>

2) Výhřevnost skládkového plynu se může pohybovat v intervalu 18–22 MJ/m<sup>3</sup>, výhřevnost fermentačně vyrobeného bioplynu se může pohybovat v intervalu 20–24 MJ/m<sup>3</sup>.

Zdroj: (Šebor et al., 2006)

Bioplyn po vyčištění na kvalitu odpovídající kvalitě zemního plynu může být distribuován obvyklým způsobem jako zemní plyn. Surový (nevyčištěný) bioplyn musí být bezpodmínečně přepravován v separátních potrubních systémech či tlakových nádobách. (Šebor et al., 2006)

### 2.3.2.2 Potencionální vliv na životní prostředí

Podle Srdecného et al. (2009) se během několika posledních let v České republice vyskytly i bioplynové stanice, z nichž některé obtěžovaly okolí zápachem. To způsobilo, že záměr výstavby nové bioplynové stanice téměř vždy vyvolá obavy a odpor místních obyvatel. Problémům se zápachem lze předejít správným návrhem bioplynové stanice. Při povolování stavby lze stanovit požadavky a omezení, např. ochranné pásmo. Při provozu je pak nutné dbát zejména na dodržování technologických postupů a provozních předpisů. Bioplynové technologie se hodí především k likvidaci odpadů. Přeměna exkrementů na hnojivo je bez bioplynové technologie o dost pomalejší. Důležité však je, že při rozkladu biomasy vzniká metan, který významně zesiluje skleníkový efekt. Při samovolném rozkladu (např. hnůj v hromadě na poli) uniká metan volně do ovzduší. Naproti tomu v bioplynové stanici je metan zachycen a následně spálen, tedy přeměněn na vodu a CO<sub>2</sub>, který ve srovnání s metanem není tak silný skleníkový plyn. Likvidace zemědělských odpadů v bioplynových stanicích snižuje riziko splachu močůvky z otevřených hnojišť do potoků a řek. Bioplynové technologie umožňují využít energii odpadů, které obsahují příliš mnoho vody, než aby se daly jednoduše spálit. Umožňují i neutralizovat jinak rizikové potravinářské odpady. V České republice i v Evropě

je pro zemědělce pěstování biomasy pro bioplynovou stanici zajímavou alternativou k produkci potravin.

### **3. Technologie na výrobu FAME – společnost PREOL, a. s., Lovosice**

Společnost Preol, a. s., (dceřiná firma holdingu Agrofert) je zaměřena na aktivity spojené s rozvojem používání biopaliv v České republice. Jednotka na výrobu FAME (metylesteru řepkového oleje) o kapacitě 100 kt za rok byla uvedena do trvalého provozu v roce 2010. Součástí technologie je získávání oleje z rostlinných semen, zpracování surového glycerinu na farmaceutický glycerin a výroba mastných kyselin. Technologická jednotka se skládá z následujících zařízení:

#### Skladování surovin, pomocných materiálů a výrobků

Skladování potřebných surovin, pomocných látek a výrobků je v zabezpečených nádržích, silech, kontejnerech. Součástí skladování jsou vytvořené podmínky pro stáčení a plnění autocisteren, stáčení a plnění železničních cisteren, vykládání řepkového semene (z vagónů a nákladních aut) a nakládání šrotů (na železniční vagóny a nákladní auta).

#### Zařízení pro zpracování olejnatých semen (lisovna, extrakce, neutralizace)

Zařízení využívající systém předlis – extrakce pro získání základní vstupní suroviny pro výrobu metylesteru. Projektovaná kapacita zpracování semen je 400 kt/rok. Při extrakci olejnatých semen se používá systém předlisování – extrakce, kdy se vstupní semena upravují vložkováním a tepelnou kondicionací, lisují se na obsah oleje cca 18 – 20 % a následně extrahují hexanem. Rozpouštědlo se z oleje odstraní destilací a vrací zpět do procesu. Šroty z extrakce se zbavují rozpouštědla a chladí. Získaný olej se filtruje. Šroty obsahují 1 – 2 % oleje, což odpovídá výtěžnosti cca 98 %. Pro výrobu MEŘO je požadováno, aby řepkový olej obsahoval minimální množství volných mastných kyselin a obsah fosfolipidů byl pod 10 ppm. Snížení obsahu fosfatidů se provádí tzv. odsližením neboli degummingem, kdy se na olej působí kyselinou fosforečnou a následně louhem sodným. Vysrážené fosfatidy se odstraní odstředěním. Snížení kyselosti oleje, tj. odstranění volných mastných kyselin se provádí chemicky, tj. neutralizací roztokem louhu sodného.

#### Zařízení pro výrobu metylesteru mastných kyselin z rostlinného oleje

Surový rostlinný olej reaguje s metanolem za přítomnosti katalyzátoru při mírné teplotě (65 °C) a atmosférickém nebo zvýšeném tlaku. Chemickou reakcí (esterifikací) vzniká jako hlavní produkt metylester mastných kyselin a glycerinová fáze. Z glycerinové fáze vznikají po oddestilování metanolu a rozštěpení kyselinou vedlejší produkty – surový glycerin a mastné kyseliny.

### Zařízení pro výrobu destilovaného glycerinu

Zařízení pro úpravu produktu z reesterifikace – surového glycerinu na farma kvalitu pro další využití. Rektifikace spočívá v destilaci surového glycerinu v náplňové koloně za podtlaku. Dochází k odstranění jak výše vroucích, tak níže vroucích nečistot, jakož i anorganických solí.

Zdroj: MŽP ČR (cit. Preol)

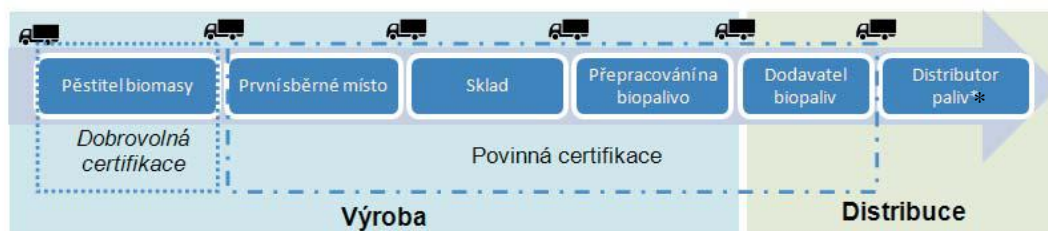
## **4. Certifikace udržitelnosti biopaliv**

Od ledna roku 2012 je možné v České republice uvádět na trh jen certifikovaná biopaliva, u kterých byly, kromě užitečných vlastností, prokázány i naprosto pozitivní vlivy na životní prostředí. Kritéria udržitelnosti biopaliv jsou součástí novely zákona o ochraně ovzduší.

Cílem kritérií udržitelnosti biopaliv je dosáhnout stanovených cílů úspor emisí skleníkových plynů a současně zajistit, aby jejich výrobou a užíváním nedocházelo ke zvyšování cen potravin, znečišťování vodních zdrojů, odlesňování, snižování biodiverzity, využívání dětské práce apod.

Kritéria udržitelnosti biopaliv vycházejí z evropské směrnice, která stanoví, aby při použití prodáváného paliva vzniklo o 35 % méně emisí oxidu uhličitého než spalováním fosilního paliva, a to včetně toho, že se započítají emise uvolněné do ovzduší při jeho výrobě a distribuci. V roce 2017 to bude již 50 % a o rok později dokonce 60 %.

Prokázání souladu s kritérii udržitelnosti se týká prakticky všech článků dodavatelského řetězce biomasy, od výkopen a obchodníků s biomasou, přes olejové mlýny a rafinerie, které zpracovávají biomasu ke konečnému použití. Poslední článek v řetězci, kde se provádí poslední krok zpracování, získá doklad o udržitelnosti biologické pohonné hmoty nebo kapalné biomasy. Zajištění shody s těmito kritérii musí být potvrzeno certifikačním orgánem. Pěstitelé biomasy jsou do procesu certifikace také zapojeni, a to tím způsobem, že si sami vystavují tzv. samostatné prohlášení pěstitele biomasy o splnění kritérií udržitelnosti. V rámci certifikačního procesu je také ověření plnění kritérií udržitelnosti minimálně u 3 % pěstitelů biomasy. (Zdroj: TÜV SÜD Czech). Zjednodušené schéma certifikace je znázorněno na obr. 4.1.



Obr. 4.1 Řetězec výroby biopaliv (zjednodušené schéma). Zdroj: TUV SÚD Czech

(\* osoba povinná zajistit min. množství biopaliv uváděných na trh)

Certifikace udržitelnosti biopaliv je nástrojem, který může významně přispět k tomu, aby biopaliva dosáhla svého přínosu, aniž by jejich pěstování bylo na úkor zvyšování emisí skleníkových plynů, odlesňování a snižování biodiverzity či vlivu na ceny potravin. Může rovněž přispět k pozitivnějšímu vnímání biopaliv veřejností. Záleží však, jaké standardy, resp. jaká kritéria budou nastavena a jak věrohodné metodiky budou v rámci certifikace uplatňovány.

## 5. Cíl práce

Již dnes se využívá alternativních motorových paliv na bázi rostlinných olejů a alkoholů z obnovitelných zdrojů. Ceny ropných výrobků a motorových paliv stále stoupají. Alternativní paliva za těchto okolností mohou být během několika let konkurenceschopná v porovnání a ropnými palivy. Vlastnosti alternativních paliv ze zemědělské produkce jsou velmi podobné v porovnání s ostatními motorovými palivy ropného původu. Ropná paliva mají jiné složení. Fyzikální a chemické vlastnosti rostlinných olejů a jejich esterů jsou však velmi podobné motorové naftě a fyzikální a chemické vlastnosti alkoholů a éterů jsou velmi podobné automobilním benzínům.

V současné době se používání biopaliv soustředí na spalování MEŘO a jeho případných směsí s motorovou naftou. Vzhledem k tomu, že je snaha uvedené palivo používat u spalovacích motorů, které na MEŘO nebyly koncipovány, dochází ke změnám parametrů spalovacího motoru, především výkonu a měrné spotřeby paliva.

Základním cílem této práce je porovnat na trhu dostupná biopaliva od různých výrobců na provozní parametry motoru – především výkon a měrnou spotřebu a dále vyhodnotit různé směšovací poměry bio složky se základním palivem – motorovou naftou.

## 6. Používání biopaliv v dopravě v České republice

Biopaliva jsou uplatněna jako: bioetanol (kvasný líh obecně nebo zvlášť denaturovaný) a nebo jako bioETBE; metylestery masných kyselin (FAME), převážně jako metylestery řepkového oleje (MEŘO).

### 6.1 Bionafta jako palivo pro pohon vznětových motorů

MEŘO se sice chemicky liší od ropných produktů, avšak základní fyzikální charakteristiky se velmi přibližují. MEŘO se ve srovnání s motorovou naftou vyznačuje vcelku pozitivním vlivem na životní prostředí. MEŘO vykazuje podstatně lepší parametry ve srovnání s motorovou naftou v emisích CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> a kouřivosti. Provozní přechod na metylester usnadňuje neomezená mísitelnost s motorovou naftou. MEŘO je letním palivem. K určitým problémům se startováním dochází již při teplotě pod + 5 °C. Pod bodem mrazu vyvstávají problémy s dopravou paliva z nádrže k motoru (hlavně v palivovém filtru) a při startování studeného motoru. Proto musí být MEŘO přizpůsoben zimnímu provozu přidáním vhodných aditiv. (Vlk, 2006)

#### 6.1.1 Porovnání provozních parametrů motoru s MEŘO a motorovou naftou

Obecná charakteristika MEŘO, jeho složení od různých výrobců dle produktových listů:

PREOL, a. s., Lovosice (mezí hodnoty dle ČSN EN 14 214)

Obsah esterů mastných kyselin	min. 96,5 % (m/m)*
Obsah esteru kyseliny linolenové	max. 12,0 % (m/m)
Obsah monoglyceridů	max. 0,80 % (m/m)
Obsah diglyceridů	max. 0,20 % (m/m)
Obsah triglyceridů	max. 0,20 % (m/m)
Obsah metanolu	max. 0,20 % (m/m)
Volný glycerin	max. 0,02 % (m/m)
Celkový glycerin	max. 0,25 % (m/m)

\* % (m/m) tzn. hmotnostní obsah [% ]

SETUZA, a. s., Ústí nad Labem (mezni hodnoty dle ČSN EN 14 214)

Obsah esterů mastných kyselin	min. 96,5 % (m/m)
Obsah esteru kyseliny linolenové	max. 12,0 % (m/m)
Obsah monoglyceridů	max. 0,80 % (m/m)
Obsah diglyceridů	max. 0,20 % (m/m)
Obsah triglyceridů	max. 0,20 % (m/m)
Obsah metanolu	max. 0,20 % (m/m)
Volný glycerin	max. 0,02 % (m/m)
Celkový glycerin	max. 0,25 % (m/m)

AGROPODNIK, a. s., Jihlava (mezni hodnoty dle ČSN EN 14 214 a rozborový protokol)

Obsah esterů mastných kyselin	min. 96,5 % (m/m)	98,00 % (m/m)
Obsah esteru kyseliny linolenové	max. 12,0 % (m/m)	11,00 % (m/m)
Obsah monoglyceridů	max. 0,80 % (m/m)	0,29 % (m/m)
Obsah diglyceridů	max. 0,20 % (m/m)	0,11 % (m/m)
Obsah triglyceridů	max. 0,20 % (m/m)	0,06 % (m/m)
Obsah metanolu	max. 0,20 % (m/m)	0,07 % (m/m)
Volný glycerin	max. 0,02 % (m/m)	0,01 % (m/m)
Celkový glycerin	max. 0,25 % (m/m)	0,12 % (m/m)

Zdroj: AGP Jihlava, rozborový protokol ze dne 12. 1. 2012, číslo vzorku 17 – určen pro experimentální měření (viz kap. 7).

Kvalita vyrobené bionafty (FAME) je ovlivněna především složením mastných kyselin, resp. jejich triglyceridů. Pro kvalitu je dále nezbytné, aby transesterifikace triglyceridů proběhla pokud možno úplně, jinak v reakční směsi zůstávají nezreagované tri-, di- a monoglyceridy. Produkty z dnešních moderních technologií kvalitou odpovídají jakostním požadavkům ČSN EN 14 214, jsou téměř zcela zbaveny zbytků metanolu, glycerinu, glyceridů, volných kyselin, zbytků alkalických katalyzátorů a dokonce i fosforu obsaženého v řepkovém oleji. V České republice byl v minulosti k dispozici národní standard pro metylester řepkového oleje (druh MEŘO) ČSN 65 6507, ale zavedením EN 14 214 došlo ke zpřísnění požadavků na kvalitu tohoto paliva. Zpřísnění se týká zejména čistoty paliva, obsahu kontaminantů a oxidační stálosti. (Šebor et al., 2006)



Výhřevnost [MJ.kg<sup>-1</sup>]: MEŘO 37,3

Motorová nafta 42,7

MEŘO – čirá nažloutlá kapalina bez mechanických nečistot a viditelné vody je neomezeně mísitelná s motorovou naftou. Je netoxická, neobsahuje těžké kovy ani žádné látky škodlivé zdraví (rozhodnutí hlavního hygienika ČR z června 1994). Je agresivní vůči běžným nátěrům a pryžím.

Z porovnání MEŘO s motorovou naftou dochází k následujícím změnám:

- pokles výkonových parametrů u MEŘO zhruba o 3 – 5 %;
- růst měrné spotřeby u MEŘO asi o 6 – 9 %;
- vyšší mazivost u MEŘO.

Ekologické efekty:

- neobsahuje prakticky síru;
- až o 50 % nižší kouřivost, příznivé složení emisí;
- velmi dobrá biologická odbouratelnost kolem 98 % za 21 dní, podle testu CEC.

Provozní dlouhodobé zkoušky s čistým MEŘO se v České republice konaly od roku 1990 do roku 1996, především ve spolupráci s výrobcí traktorů (ZETOR, ZTS). V roce 1996 organizoval dlouhodobou provozní zkoušku s tímto palivem i mladoboleslavský výrobce osobních automobilů ŠKODA (motor 1,9 D). (Zdroj: Raen)

Ekologické přednosti čistého MEŘO vůči motorové naftě z ropy jsou evidentní. Směsné palivo s obsahem MEŘO (větším než 30 - 36 % hm.) si zachovává převážnou část ekologických předností čistého biopaliva.

Základním technickým parametrem paliva SMN 30 je jeho složení. Jedná se o směsné palivo, kde hlavní složkou je standardní motorová nafta splňující ČSN EN 590, druhou složkou je MEŘO dle ČSN EN 14 214 v minimálním obsahu 30 % z celkové směsi. Toto palivo vyhovuje svými vlastnostmi a složením požadavkům ČSN 65 6508. Palivo SMN 30 má většinu jakostních parametrů shodných s motorovou naftou, ale vzhledem k obsahu MEŘO se od čisté ropné nafty v některých vlastnostech liší. Z funkčního hlediska se při užití paliva SMN 30 pozorovatelně neprojevují žádné změny v provozním chování motoru. Je třeba zmínit menší výhřevnost, která má za následek pokles výkonu o 1 – 2 % a vliv na vyšší měrnou spotřebu paliva o cca 1 – 5 %. Zdroj: AGP Jihlava (cit. MZLU Brno). V České republice se prodává od různých výrobců pod různými obchodními názvy: SMN 30, B30, Biodiesel, Ekodiesel, Setadiesel.

Na trhu jsou tato motorová paliva:

- motorová nafta = B7 dle ČSN EN 590 s obsahem FAME/MEŘO do 7 % obj.;
- SMN 30 = směsná motorová nafta s obsahem FAME/MEŘO min. 30 % obj. dle ČSN 65 6508;
- B100 = bionafta dle ČSN EN 14 214 (čisté FAME/MEŘO).

## **6.2 Ekonomická podpora biopaliv**

Vzhledem k tomu, že výroba biopaliv je nákladnější než výroba klasických fosilních paliv, je nutné biopaliva finančně zvýhodnit, aby byla zajištěna jejich konkurenceschopnost na trhu ve srovnání s čistě fosilními pohonnými hmotami. Cena je garantována osvobozením vysokoprocentních směsí a čistých biopaliv od spotřební daně. Principem daňové podpory je vždy daňová úleva na bio složku obsaženou v palivu. Pro nízkoprocentní povinné přimíchávání bio složky toto osvobození neplatí.

## **7. Měření technických parametrů na motorové brzdě**

V rámci návrhu metodiky postupu měření a zpracování naměřených hodnot byly použity zdroje (Bílek a Karásek, 1983; Šeba, 1999; Bauer et al., 2006).

### **7.1 Stávající metody měření hlavních parametrů spalovacích motorů**

Hlavním parametrem spalovacích motorů z hlediska ekonomiky a ekologie provozu je míra účinnosti přeměny chemické energie obsažené v palivu na mechanickou práci. Nejvýznamnějším ukazatelem této účinnosti je měrná spotřeba paliva. Aby bylo možné ji stanovit, je nutné, aby byly dostatečně přesně měřeny výkonové parametry a spotřeba paliva motoru.

K měření výkonových parametrů spalovacích motorů, výkonu a točivého momentu v závislosti na otáčkách, se využívá celá řada metod. Z hlediska zatížení, lze rozdělit tyto metody na stacionární (statické) a dynamické. Obvykle se statickým zatížením spalovacího motoru rozumí takové zatížení, které umožní nastavení předvolených otáček, které jsou v průběhu snímání jednotlivých vstupů a výstupů z motoru konstantní. K udržování příslušného zatížení slouží celá řada motorových brzd. Dynamické metody jsou měřeny při dynamických režimech motoru, jako je urychlování a zpomalování jeho setrvačných hmot.

## 7.2 Materiál a metodika

V souvislosti s dosažením cíle práce bylo realizováno experimentální měření vlivu používání biopaliv na ukazatele práce spalovacího motoru u traktoru ZETOR 6211 v dílnách Zemědělské fakulty, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, vybavených potřebným měřicím zařízením (viz obr. 7.1). Pro měření bylo použito:

Traktor ZETOR 6211 (obr. 7.2), rok výroby 1987, objem motoru 3 456 cm<sup>3</sup>, počet motohodin neznámý.

Dynamometr (obr. 7.3), typ VD 110/6, rok výroby 1971, chlazení vodní.

Měřič spotřeby (obr. 7.4), typ ADAST 8500.06, s přesností 2 %, max. průtok: 0,1 [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>], min. průtok: 0,002 [m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>].

Monitor spotřeby (obr. 7.5), model DR-101, (výrobce ADAST Adamov – JZD Dříteň, používá se v kombinaci s měřičem spotřeby).

Elektronický snímač otáček (obr. 7.6), typ TESTO 475, výrobní číslo 05604750.

Kalibrované odměrné válce.

Mohrovy váhy, typ MEOPTA 158 21, váživost 0 – 10 g, citlivost 10 mg.



Obr. 7.1 Měřicí pracoviště. Foto: Martin Holý



Obr. 7.2 Traktor ZETOR 6211. Foto: Martin Holý



Obr. 7.3 Dynamometr typ VD 110/6. Foto: Martin Holý



Obr. 7.4 Měřič spotřeby typ ADAST 8500.06. Foto: Martin Holý

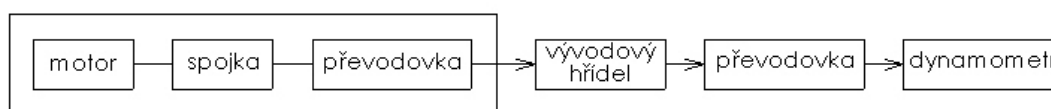


Obr. 7.5 Monitor spotřeby model DR-01. Foto: Martin Holý



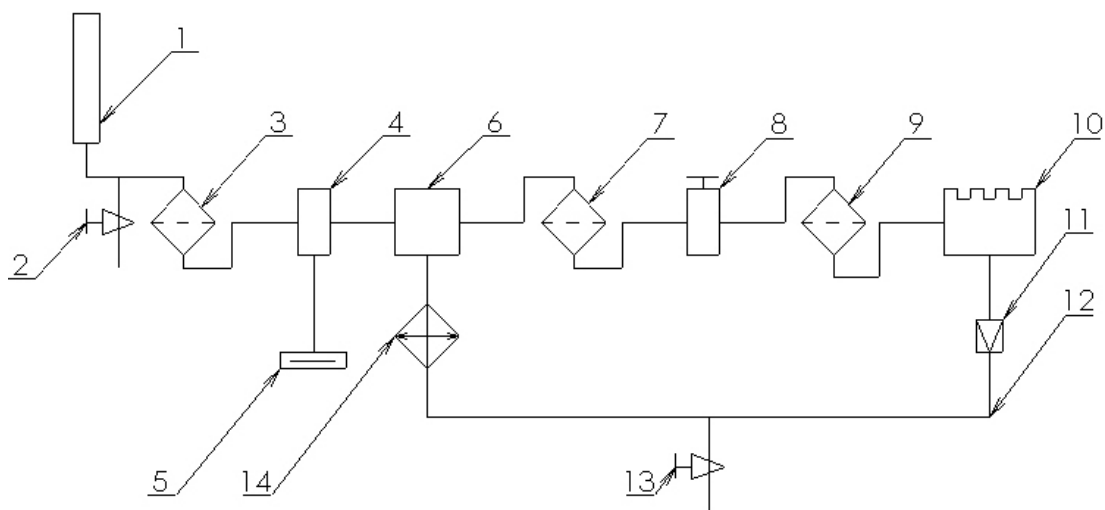
Obr. 7.6 Elektronický snímač otáček typ TESTO 475. Foto: Martin Holý

Cílem bylo získat otáčkovou charakteristiku motoru při provozu na: motorovou naftu; směs I. (7 % MEŘO a 93 % motorová nafta); směs II. (30 % MEŘO a 70 % motorová nafta); směs III. (50 % MEŘO a 50 % motorová nafta) a 100 % MEŘO. Měření se uskutečnilo se statickým zatěžováním. Zatěžování spalovacího motoru probíhalo přes zadní vývodový hřídel pomocí dynamometru. Jednoduché blokové schéma zapojení je znázorněno na obr. 7.7.



Obr. 7.7 Blokové schéma napojení vývodového hřídele na dynamometr při měření.

Pro měření bylo nutno provést úpravu palivové soustavy traktoru spočívající v odpojení palivové nádrže z důvodu rychlé výměny paliva. Palivo bylo přiváděno z kalibrovaného odměrného válce přes hrubý čistič a měřič spotřeby do palivové soustavy motoru, viz obr. 7.8. Před provedením měření pro každou směs musel touto palivovou soustavou protéci nejdříve jeden litr dané směsi naprázdno. To se dělo proto, aby se docílilo přesnosti ve složení vzorku, který byl použit pro získání výsledných hodnot měření.



Obr. 7.8 Blokové schéma zapojení upravené palivové soustavy traktoru Zetor 6211.

Popis soustavy: 1 – kalibrováný odměrný válec, 2 – vypouštěcí kohout, 3 – hrubý čistič paliva, 4 – měřič spotřeby paliva, 5 – monitor spotřeby paliva, 6 – regulační ventil, 7 – hrubý čistič paliva, 8 – dopravní čerpadlo, 9 – jemný filtr paliva, 10 – vstřikovací čerpadlo, 11 – vstřikovače, 12 – zpětné potrubí, 13 – vypouštěcí kohout, 14 – chladič paliva.

Měřenými parametry byly otáčky, točivý moment, spotřeba paliva motoru a hustota paliva pro daný mísicí poměr. K určení hustoty paliva bylo použito Mohrových vah, které dokázaly rychle naměřit hustotu kapaliny na 3 až 4 desetinná místa. Jsou to malé pákové váhy, jimiž se měří vztlak, kterým kapalina působí na skleněné tělísko v jednotkách vztlaku destilované vody 4 °C teplé. Ponořením tělíska zavěšeného na pravém konci vahadla do kapaliny, jejíž hustotu měříme, se vlivem vztlaku poruší rovnováha vážek. Rovnováhu opět docílíme odpovídajícím rozmístěním jezdců v zářezech ramene.

Celé měření bylo prováděno při okolní teplotě 18 °C. Z naměřených hodnot byly vypočítány:

*Výkon motoru na vývodovém hřídeli* (pro výpočet byly zanedbány ztráty v převodových skříních) dle vztahu [7.1].

$$P = M_t * \omega = M_t * 2 * \pi * n \quad [7.1]$$

kde: P – výkon motoru [W]

$M_t$  – točivý moment [Nm]

n – otáčky vývodového hřídel [s<sup>-1</sup>]

Dále byla stanovena pomocí Mohrových vah hustota směsi pro jednotlivé poměry a z ní stanovena dle vztahu [7.2] *spotřeba paliva*.

$$M_p = \frac{V_p}{t} * \rho * 3,6 \quad [7.2]$$

kde:  $M_p$  – spotřeba paliva [ $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

$V_p$  – objem paliva [ $\text{cm}^3$ ]

$t$  – čas měření [s]

$\rho$  – hustota paliva [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]

*Měrná spotřeba paliva* dle vztahu [7.3]

$$m_p = \frac{M_p}{P} \quad [7.3]$$

kde:  $m_p$  – měrná spotřeba paliva [ $\text{kg} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ]

Hodnoty vypočtené pomocí uvedených vztahů se vynášejí do grafů charakteristik v závislosti na otáčkách. Naměřené a vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 7.1 až 7.5 a grafech 7.1 až 7.7.



## 7.3 Naměřené a vypočtené hodnoty s grafy charakteristik

Směsný poměr 100/0 (čistá motorová nafta)

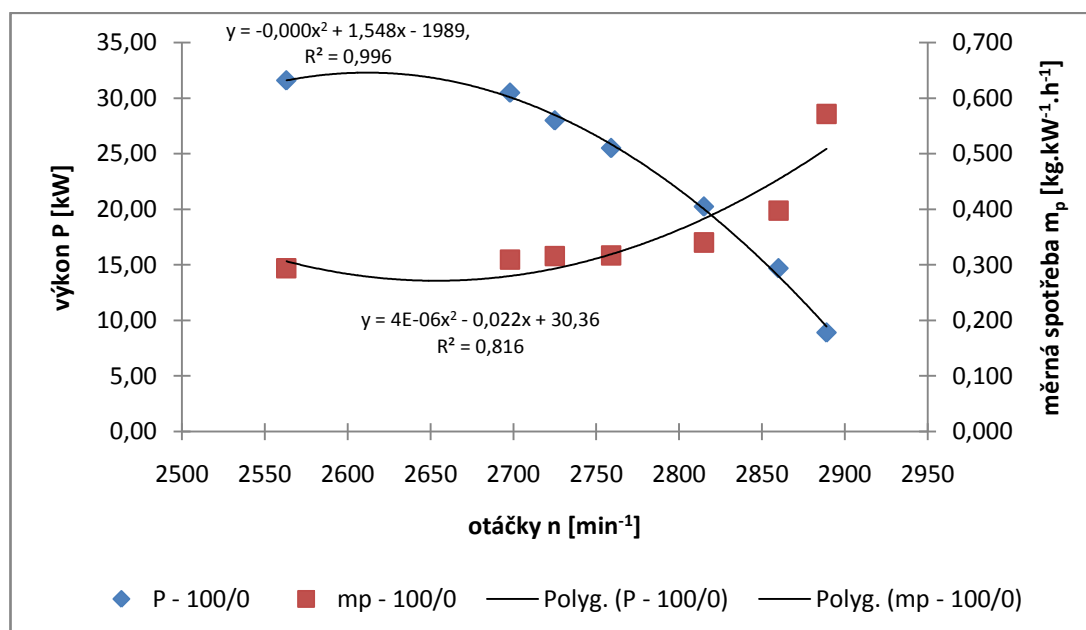
Tab. 7.1 Naměřené a vypočtené hodnoty pro směsný poměr 100/0

Číslo měření	$M_t$ [Nm]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$V_p^{1)}$ [ $\text{cm}^3$ ]	$\rho^{2)}$ [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ]	$P$ [kW]	$M_p$ [ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ ]	$m_p$ [ $\text{kg}\cdot\text{kW}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ ]
1	29,43	2889	34	0,831	8,90	5,09	0,571
2	49,05	2860	39	0,831	14,68	5,83	0,397
3	68,67	2815	46	0,831	20,23	6,88	0,340
4	88,29	2759	54	0,831	25,50	8,08	0,317
5	98,10	2725	59	0,831	27,98	8,83	0,315
6	107,91	2698	63	0,831	30,47	9,42	0,309
7	117,72	2563	62	0,831	31,58	9,27	0,294

1) všechna měření probíhala po dobu 20 s;

2) teplota nafty při měření hustoty byla 19 °C;

Graf 7.1 Otáčková charakteristika pro směsný poměr 100/0



## Směsný poměr 93/7

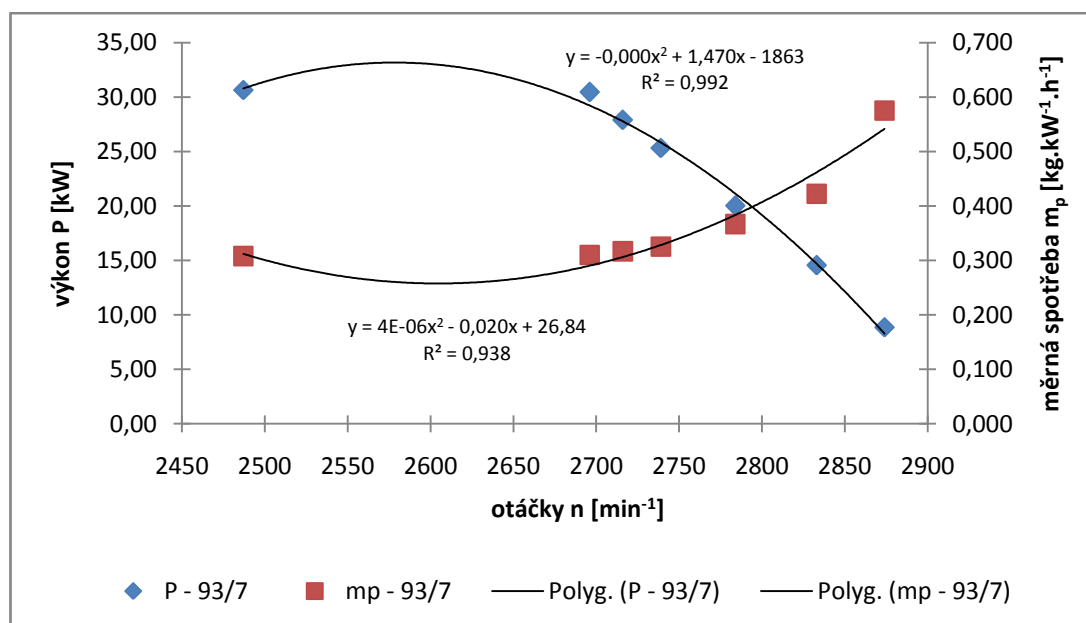
Tab. 7.2 Naměřené a vypočtené hodnoty pro směsný poměr 93/7

Číslo měření	$M_t$ [Nm]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$V_p^{1)}$ [ $\text{cm}^3$ ]	$\rho^{2)}$ [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]	$P$ [kW]	$M_p$ [ $\text{kg.h}^{-1}$ ]	$m_p$ [ $\text{kg.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ]
1	29,43	2874	34	0,832	8,85	5,09	0,575
2	49,05	2833	41	0,832	14,54	6,14	0,422
3	68,67	2784	49	0,832	20,01	7,34	0,367
4	88,29	2739	55	0,832	25,31	8,24	0,325
5	98,10	2716	59	0,832	27,89	8,84	0,317
6	107,91	2696	63	0,832	30,45	9,43	0,310
7	117,72	2487	63	0,832	30,64	9,43	0,308

1) všechna měření probíhala po dobu 20 s;

2) teplota směsi při měření hustoty byla 19 °C;

Graf 7.2 Otáčková charakteristika pro směsný poměr 93/7



## Směsný poměr 70/30

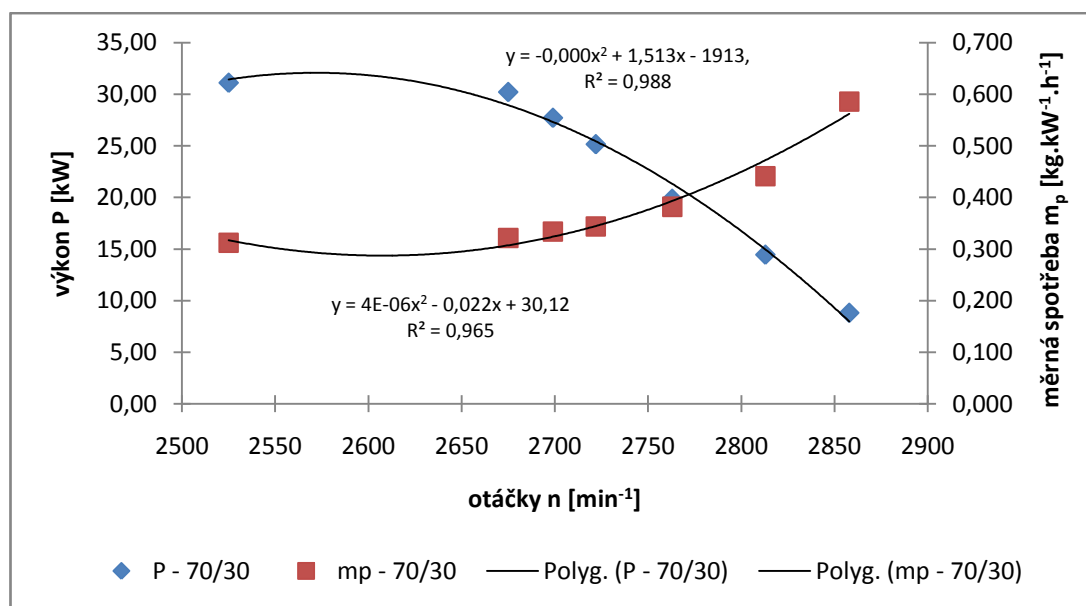
Tab. 7.3 Naměřené a vypočtené hodnoty pro směsný poměr 70/30

Číslo měření	$M_t$ [Nm]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$V_p^{1)}$ [ $\text{cm}^3$ ]	$\rho^{2)}$ [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]	$P$ [kW]	$M_p$ [ $\text{kg.h}^{-1}$ ]	$m_p$ [ $\text{kg.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ]
1	29,43	2858	34	0,842	8,80	5,15	0,585
2	49,05	2813	42	0,842	14,44	6,37	0,441
3	68,67	2763	50	0,842	19,86	7,58	0,382
4	88,29	2722	57	0,842	25,15	8,64	0,343
5	98,10	2699	61	0,842	27,71	9,25	0,334
6	107,91	2675	64	0,842	30,21	9,70	0,321
7	117,72	2525	64	0,842	31,11	9,70	0,312

1) všechna měření probíhala po dobu 20 s;

2) teplota směsi při měření hustoty byla 19 °C;

Graf 7.3 Otáčková charakteristika pro směsný poměr 70/30



## Směsný poměr 50/50

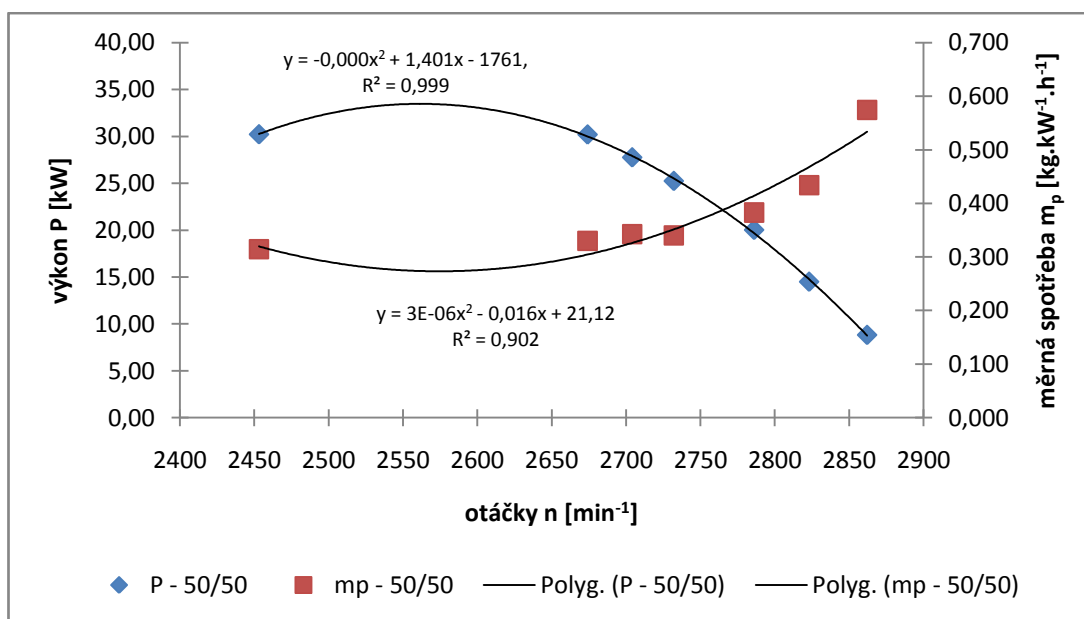
Tab. 7.4 Naměřené a vypočtené hodnoty pro směsný poměr 50/50

Číslo měření	$M_t$ [Nm]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$V_p^{1)}$ [ $\text{cm}^3$ ]	$\rho^{2)}$ [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]	$P$ [kW]	$M_p$ [ $\text{kg.h}^{-1}$ ]	$m_p$ [ $\text{kg.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ]
1	29,43	2862	33	0,852	8,82	5,06	0,574
2	49,05	2823	41	0,852	14,49	6,29	0,434
3	68,67	2786	50	0,852	20,02	7,67	0,383
4	88,29	2732	56	0,852	25,25	8,59	0,340
5	98,10	2704	62	0,852	27,76	9,51	0,342
6	107,91	2674	65	0,852	30,20	9,97	0,330
7	117,72	2453	62	0,852	30,22	9,51	0,315

1) všechna měření probíhala po dobu 20 s;

2) teplota směsi při měření hustoty byla 20 °C;

Graf 7.4 Otáčková charakteristika pro směsný poměr 50/50



## Směsný poměr 0/100 (čisté MEŘO)

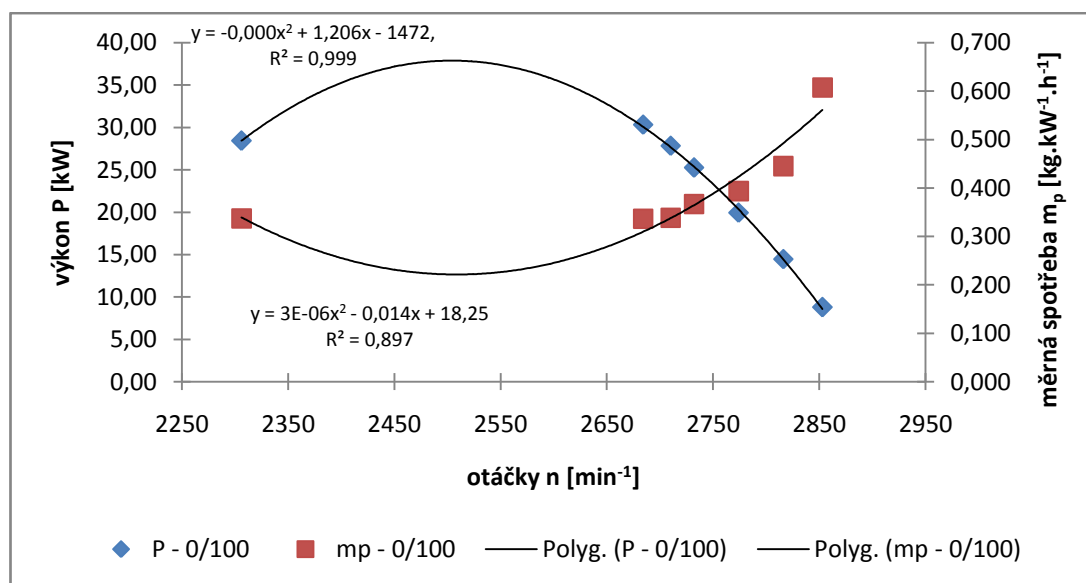
Tab. 7.5 Naměřené a vypočtené hodnoty pro směsný poměr 0/100

Číslo měření	$M_t$ [Nm]	$n$ [ $\text{min}^{-1}$ ]	$V_p^{1)}$ [ $\text{cm}^3$ ]	$\rho^{2)}$ [ $\text{g.cm}^{-3}$ ]	$P$ [kW]	$M_p$ [ $\text{kg.h}^{-1}$ ]	$m_p$ [ $\text{kg.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$ ]
1	29,43	2853	34	0,872	8,79	5,34	0,607
2	49,05	2816	41	0,872	14,46	6,44	0,445
3	68,67	2774	50	0,872	19,94	7,85	0,394
4	88,29	2732	59	0,872	25,25	9,26	0,367
5	98,10	2710	60	0,872	27,83	9,42	0,338
6	107,91	2684	65	0,872	30,31	10,20	0,337
7	117,72	2306	61	0,872	28,41	9,57	0,337

1) všechna měření probíhala po dobu 20 s;

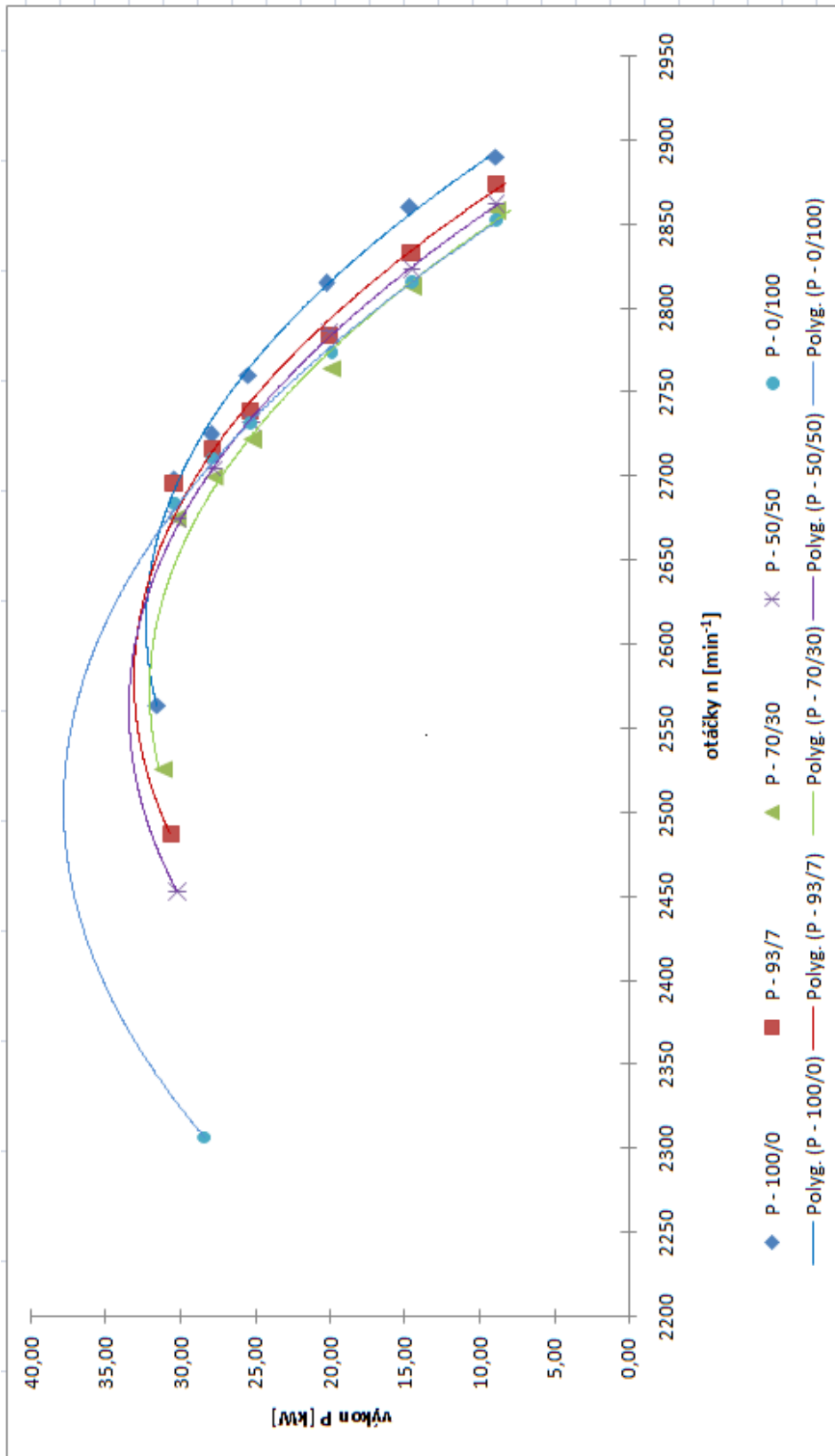
2) teplota směsi při měření hustoty byla 22 °C;

Graf 7.5 Otáčková charakteristika pro směsný poměr 0/100



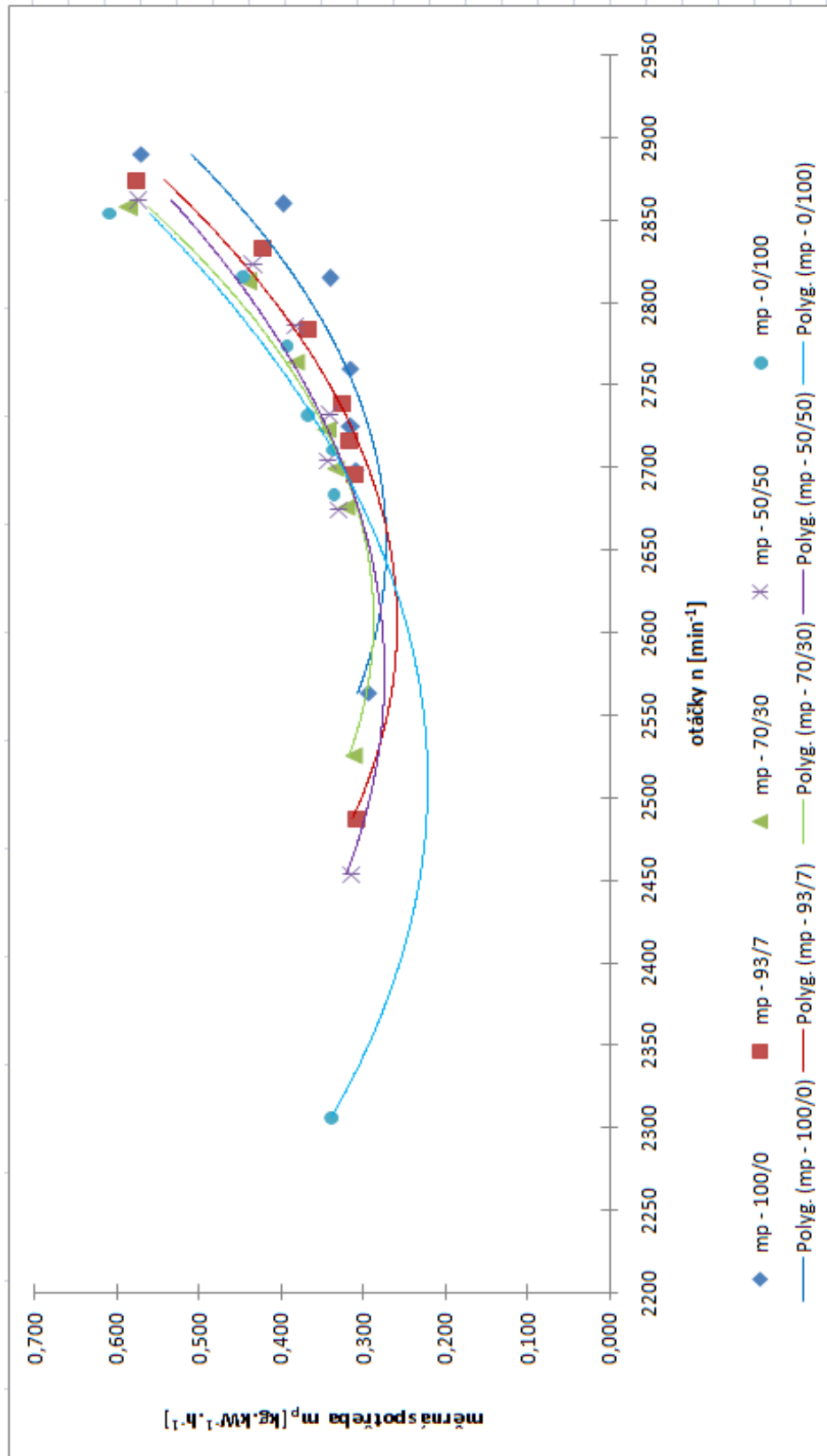
## Průběh výkonu v závislosti na směsném poměru

Graf 7.6 Průběh výkonu v závislosti na směsném poměru



## Měrná spotřeba v závislosti na směsném poměru

Graf 7.7 Měrná spotřeba v závislosti na směsném poměru



## 7.4 Výsledky měření a diskuze

Vzhledem k té skutečnosti, že byl vypočítán výkon na vývodovém hřídeli s vloženou převodovkou, je jeho hodnota menší a tomu odpovídá zvýšená měrná spotřeba paliva. Pro naše měření však tato okolnost není podstatná, protože naším záměrem bylo porovnat naměřené hodnoty, nikoliv zjistit absolutní výši těchto hodnot. Pro jednotlivé točivé momenty porovnáme vypočtené hodnoty výkonu a měrné spotřeby paliva s výkony a měrnou spotřebou motorové nafty.

*Porovnání výkonu dle vztahu [7.4]*

$$P_{\%} = \frac{P - P_{100\%}}{P_{100\%}} * 100 \quad [7.4]$$

kde:  $P_{100\%}$  - výkon motoru pro motorovou naftu

$P$  – výkon motoru pro daný poměr směsné motorové nafty

*Porovnání měrné spotřeby paliva dle vztahu [7.5]*

$$m_{p\%} = \frac{m_p - m_{p100\%}}{m_{p100\%}} * 100 \quad [7.5]$$

kde:  $m_{p100\%}$  - měrná spotřeba pro motorovou naftu

$m_p$  – měrná spotřeba pro daný poměr směsné motorové nafty

Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tab. 7.6.

Tab. 7.6 Porovnání výkonu  $P_{\%}$  a měrné spotřeby paliva  $m_{p\%}$

	$P_{\%}$ [%]				$m_{p\%}$ [%]			
	93/7	70/30	50/50	0/100	93/7	70/30	50/50	0/100
1	-0,52	-1,07	-0,93	-1,25	0,64	2,42	0,45	6,26
2	-0,94	-1,64	-1,29	-1,54	6,26	10,94	9,20	12,04
3	-1,10	-1,85	-1,03	-1,46	7,84	12,21	12,60	15,74
4	-0,72	-1,34	-0,98	-0,98	2,72	8,41	7,38	15,78
5	-0,33	-0,95	-0,77	-0,55	0,45	5,77	8,58	7,30
6	-0,07	-0,85	-0,89	-0,52	0,19	3,82	6,73	8,83
7	-2,97	-1,48	-4,29	-10,03	4,84	6,17	7,12	14,75



### Shrnutí výsledků

Pro porovnání výkonu dle vztahu [7.6] a měrné spotřeby dle vztahu [7.7] pro různé směsné poměry motorové nafty a metylesteru bylo použito průměrných hodnot pro jednotlivé směsné poměry.

$$P_p = \frac{\sum_{i=1}^k P_i}{k} \quad [7.6]$$

kde:  $P_p$  – průměrný rozdíl výkonu směsné motorové nafty

$P_i$  – jednotlivé úbytky výkonu pro dané otáčky

$k$  – počet měření pro daný směsný poměr

$$m_{pp} = \frac{\sum_{i=1}^k m_{pi}}{k} \quad [7.7]$$

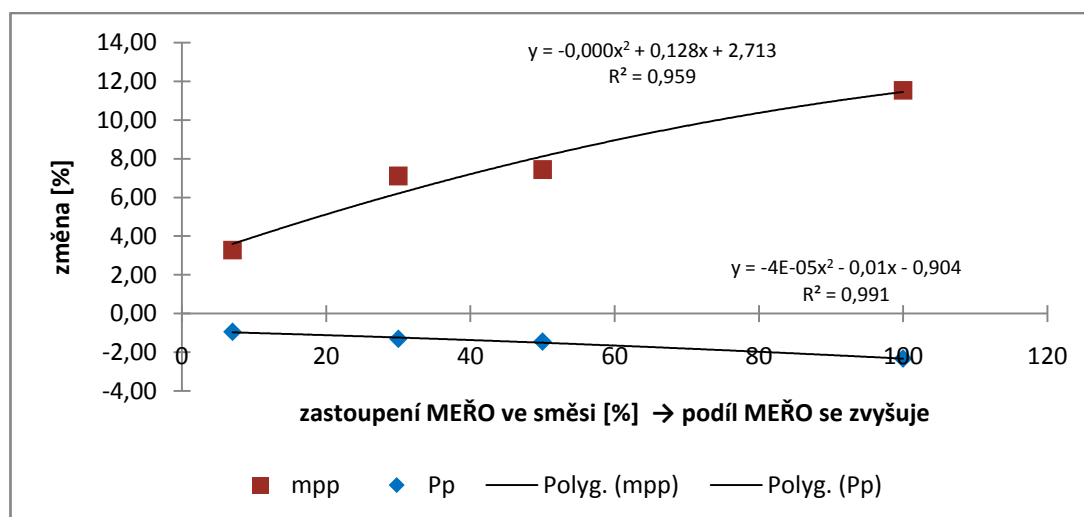
kde:  $m_{pp}$  – průměrný rozdíl měrné spotřeby směsné motorové nafty

$m_{pi}$  – rozdíl měrné spotřeby pro dané otáčky

$k$  – počet měření pro daný směsný poměr

Vypočtené hodnoty pro dané směsné poměry jsou uvedeny v tab. 7.7 a vyneseny do grafu 7.8.

Graf 7.8 Změna výkonu a měrné spotřeby pro jednotlivé směsné poměry



Tab. 7.7 Změna výkonu a měrné spotřeby pro jednotlivé směsné poměry

Koncentrace	93/7	70/30	50/50	0/100
Pp [%]	-0,95	-1,31	-1,46	-2,33
mpp [%]	3,28	7,10	7,44	11,53

Výsledky provedeného experimentu ukazují na změnu provozních parametrů vznětového motoru v souvislosti s použitím různých směšovacích poměrů bio složky se základním palivem – motorovou naftou. Oba sledované parametry se změnilý směrem k horšímu, kdy nižší výhřevnost směsných motorových naft způsobuje pokles výkonu, resp. nárůst měrné spotřeby paliva (viz tab. 7.7). Procentuální změna těchto parametrů není zásadní a nijak nevyklučuje použití směsných motorových naft jako palivo ve vznětových motorech.

## 8. Závěr

Cílem bakalářské práce bylo porovnat na trhu dostupná biopaliva od různých výrobců na provozní parametry motoru – především výkon a měrnou spotřebu a dále vyhodnotit různé směšovací poměry bio složky se základním palivem – motorovou naftou.

V bakalářské práci byly popsány a shrnuty zdroje pro výrobu biopaliv, charakterizovány jednotlivé výrobní technologie a uvedeny jejich fyzikálně – chemické vlastnosti. Dostatek prostoru byl věnován porovnání provozních parametrů motoru s MEŘO a motorovou naftou, kdy nižší výhřevnost MEŘO způsobuje pokles výkonu, resp. nárůst měrné spotřeby paliva. Byla popsána obecná charakteristika MEŘO, jeho složení od různých výrobců dle produktových listů. Byly vyzdviženy ekologické přednosti čistého MEŘO vůči motorové naftě. Dále bylo zmíněno směsné palivo SMN 30 = směsná motorová nafta s obsahem minimálně 30 % V/V MEŘO, která si zachovává převážnou část ekologických předností čistého biopaliva.

Výsledkem praktické části při experimentálním měření na motorové brzdě u traktoru ZETOR 6211 je vyhodnocení různých směšovacích poměrů bio složky se základním palivem – motorovou naftou. Tyto výsledky lze uplatnit u odborné či laické veřejnosti.

Závěrem lze říci, že biopaliva nemají produkty z ropy nahradit, ale vhodně doplnit. Představují jednu z příležitostí, jak se postavit ke skutečnosti, že ropy ubývá a její naleziště se nacházejí v hojné míře v politicky nestabilních oblastech. Její transport je navíc velmi náročný na energii. Jedná se o jedno z dočasných, avšak velice praktických řešení do té doby, než budou na trhu biopaliva druhé nebo třetí generace, motory na vodík nebo ještě něco dokonalejšího.

## Seznam použité literatury a zdrojů

BAUER F., SEDLÁK P., ŠMERDA T. (2006): Traktory. Praha, Profí Press, s. 192, ISBN: 80-86726-15-0.

BÍLEK V., KARÁSEK J. (1983): Cvičení z fyziky laboratorní úlohy. Praha, Vysoká škola zemědělská v Praze, s. 110.

BUREŠ O., KUBALE J., NOVÁK Z., PAPOUŠEK M. (1980): Traktory a automobily. Praha, Státní zemědělské nakladatelství. s. 464.

ČAPPO: Zhodnocení využívání biopaliv v dopravě v České republice k 31. 5. 2011. Čappo.cz [online]. 2011, str. 2, [cit. 2011-11-20]. Dostupné z WWW: <<http://www.cappo.cz/res/data/000049.pdf>>.

LAURIN J.: Rostlinné oleje jako motorová paliva. Biom.cz [online]. 2008-10-29 [cit. 2011-11-30]. Dostupné z WWW: <[http://biom.cz/cz/odborne-clanky/roslinne-oleje-jako-motorova-paliva?add\\_disc=1](http://biom.cz/cz/odborne-clanky/roslinne-oleje-jako-motorova-paliva?add_disc=1)>. ISSN: 1801-2655.

MATĚJOVSKÝ V. (2005): Automobilová paliva. Praha, Grada Publishisng a.s., s. 224, ISBN: 80-247-0350-5.

MZe ČR: Víceletý program podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě. eAGRI.cz [online]. 2009-11-07 [cit. 2011-11-28]. Dostupné z WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biopaliva/kapalna-biopaliva/vicelety-program-podpory-dalsiho.html>>.

MŽP ČR: Integrované povolení pro zařízení výroby FAME společnosti Preol, a. s., Lovosice. mzp.cz [online]. [cit. 2012-01-05]. Dostupné z WWW: <[http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/\\$pid/MZPXXG3AMNPH](http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/$pid/MZPXXG3AMNPH)>.

PREOL: Produkty. preol.cz [online]. [cit. 2012-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.preol.cz/produkty/methylester-repkoveho-oleje/>>.

Produktový list FAME/MEŘO: Preol, a. s., Lovosice, Setuza, a. s., Ústí nad Labem, Agropodnik, a. s., Jihlava.

RAEN: Využití kapalných paliv z biomasy. mpo-efekt.cz [online], s. 31 [cit. 2012-01-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.mpo-efekt.cz/dokument/1234.pdf>>.

SLADKÝ V.: Výroba syntézního plynu z pevné biomasy. Biom.cz [online]. 2010-12-15 [cit. 2011-11-22]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyroba-syntezniho-plynu-z-pevne-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

SRDECNÝ K., KNÁPEK J., KLINKEROVÁ J., KAŠPAROVÁ M. (2009): Obnovitelné zdroje energie – Přehled druhů a technologií. Praha, Ministerstvo životního prostředí ČR, s. 3-6, 26-31, ISBN: 978-80-7212-518-0.

ŠEBA J. (1999): Problematika výroby bionafty a její vliv na základní parametry spalovacích motorů. [Závěrečná práce]. České Budějovice, s. 62, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, katedra zemědělské techniky.

ŠEBOR G., POSPÍŠIL M., ŽÁKOVEC J. (2006): Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě (1. část). mdcz.cz [online]. Vysoká škola chemicko - technologická v Praze, Fakulta technologie ochrany prostředí, Ústav technologie ropy a petrochemie, s. 200 [cit. 2011-11-21]. Dostupné z WWW: <[http://www.mdcz.cz/NR/rdoonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka\\_analyza\\_vhodnych\\_alternativnich\\_paliv\\_v\\_dopravecast\\_1.pdf](http://www.mdcz.cz/NR/rdoonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf)>.

TECHAGRO (2010): Zhodnocení parametrů vznětových motorů testovaných traktorů poháněných palivy z řepky olejné a perspektivy rozvoje pro tato paliva. 9.mezinárodní seminář. bvv.cz [online]. Agropodnik, a. s., Jihlava, Miroslav Bažata [cit. 2011-12-03]. Dostupné z WWW: < [http://www.bvv.cz/i2000/Akce/b-agro.nsf/WWWAllPDocsID/IEXP-85CBKS/\\$File/06\\_Bazata.pdf](http://www.bvv.cz/i2000/Akce/b-agro.nsf/WWWAllPDocsID/IEXP-85CBKS/$File/06_Bazata.pdf)>.

TÜV SÜD Czech: Certifikace udržitelnosti biopaliv. [cit. 2011-12-15]. Dostupné z WWW: < [http://www.tuv-sud.cz/uploads/images/1294825588838397380246/2011-pl\\_certifikace\\_uzrzitelnosti\\_biopaliv.a4.pdf](http://www.tuv-sud.cz/uploads/images/1294825588838397380246/2011-pl_certifikace_uzrzitelnosti_biopaliv.a4.pdf)>.

VLK F. (2006): Paliva a maziva motorových vozidel. Brno, František Vlk, nakladatelství a vydavatelství, s. 376, ISBN: 80-239-6461-5.

Normy:

ČSN EN 590 Motorová paliva – Motorové nafty – Technické požadavky a metody zkoušení.

ČSN EN 14 214 Motorová paliva – Metylestery masných kyselin (FAME) pro vznětové motory – Technické požadavky a metody zkoušení.

ČSN 65 6508 Motorová paliva – Směsné motorové nafty obsahující FAME (MEŘO) – Technické požadavky a metody zkoušení.

ČSN EN 15 376 Motorová paliva – Etanol jako složka automobilových benzinů – Technické požadavky a metody zkoušení.