

Česká zemědělská univerzita v Praze



Technická fakulta

Bioetanol jako palivo ve spalovacích motorech

Bakalářská práce

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Vedoucí práce: Ing. Jan Hromádko, Ph.D.

Vypracoval: Jiří Břinčil

Praha 2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Břinčil Jiří

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Bioetanol jako palivo ve spalovacích motorech

Anglický název

Bioethanol as a fuel in internal combustion engines

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit literární rešerši s vlastními komentáři zabývající se využitím bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech.

Metodika

- prostudovat základní literaturu v oblasti výroby a využití bioetanolu
- kontaktovat významné organizace zabývající se danou problematikou
- provést globální literární rešerši v dané problematice
- vlastní rozbor problematiky výroby a využití bioetanolu
- návrh doporučení a předpokládaný vývoj v oblasti bioetanolových paliv

Osnova práce

1. Úvod
2. Historie a legislativa v oblasti bioetanolových směsných paliv
3. Výroba bioetanolu
4. Možnosti využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech
5. Očekávaný vývoj v oblasti využívání bioetanolových směsných paliv
6. Doporučení a závěr

Rozsah textové části

30 - 40 stran formátu A4

Klíčová slova

bioetanol, alternativní paliva, palivo E85, FFV vozidlo

Doporučené zdroje informací

1. Hromádko J.: Speciální spalovací motory a alternativní pohony, Nakladatelství Grada, Praha, 2012, ISBN 978-80-247-4455-1
2. Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů. Nakladatelství BEN, Praha 2004. ISBN 80-7300-127-6
3. Šebor G., Pospíšil M., Maxa D.: Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel. Chemické listy, 100, 2006. ISSN 1213-7103, s 30-35
4. Šebor G., Pospíšil M., Žákovec J.: Technickoekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě, výzkumná zpráva vypracovaná pro Ministerstvo dopravy ČR, VŠCHT Praha, červen 2006.
5. Demirbas, A.: Progress and recent trends in biofuels, Progress in Energy and Combustion Science 33 (2007), pp. 1-18.

Vedoucí práce

Hromádko Jan, Ing., Ph.D.

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015

doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Vedoucí katedry



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Řečník fakulty

V Praze dne 3.2.2014

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Hromádka, Ph.D. Zároveň prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím s případným zapůjčením mé bakalářské práce pro studijní účely.

V Praze dne.....

.....

podpis

Poděkování

Poděkovat chci především Ing. Janu Hromádkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při psaní bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce má za cíl popsat způsoby výroby a použití bioetanolu určeného jako palivo pro spalovací motory. V první části práce je popsána historie, legislativa, druhy biopaliv a následně výroba, vlastnosti a produkce bioetanolu. Další část práce se zabývá použitím bioetanolu pro spalovací motory, jeho podmínky používání a distribuce pro motory zážehové i vznětové. Závěr práce popisuje současný stav použití směsných bioetanolových paliv a jejich vývoj v příštích letech v tuzemsku a Evropě.

Klíčová slova: bioetanol, alternativní paliva, palivo E85, FFV vozidlo.

Summary

Objectives of this bachelor thesis is to describe methods of production and use of the bioethanol as a fuel for internal combustion engines. In the first part of thesis is summarized history, legislation, types of biofuels and production of bioethanol itself. The next part of thesis, is dedicated to using bioethanol as a fuel in combustion engines, its conditions of use and distribution, separately for petrol engines and diesel engines. Last part of this study is aimed to current state and perspective of ethanol basis biofuels in the next few years in our country and in Europe as well.

Keywords: bioethanol, alternative fuels, fuel E85, FFV vehicle.

Obsah

1. Úvod	1
2. Historie a legislativa v oblasti bioetanolových směsných paliv	2
2.1. Historie.....	2
2.2. Legislativa využití biopaliv	3
3. Výroba bioetanolu	5
3.1. Biopaliva I. generace	5
3.2. Biopaliva II. generace	5
3.3. Biopaliva III. generace.....	6
3.4. Vlastnosti Bioetanolu.....	7
3.5. Produkce a výroba bioetanolu.....	8
3.6. Výroba etanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry	10
3.7. Výroba etanolu z biomasy obsahující škrob	11
3.8. Lignocelulózová biomasa	12
3.8.1. Druhy produkce z lignocelulózové biomasy	12
3.8.2. Přeměna lignocelulózové biomasy na etanol	12
4. Možnosti využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech.....	14
4.1. Výhody biopaliv	14
4.2. Nevýhody biopaliv.....	14
4.3. Požadavky na kvalitu bioetanolu pro použití ve spalovacích motorech.....	15
4.4. Distribuce bioetanolu	16
4.5. Podmínky použití bioetanolu v dopravě	17
4.6. Využití bioetanolu v zážehových motorech.....	19
4.7. Využití bioetanolu ve vznětových motorech	21
4.7.1. Směsi etanolu a motorové nafty	21
4.7.2. Čistý etanol.....	22
4.7.2.1. Dvoupalivový systém	22

4.7.2.2. Jednopalivový systém	22
5. Očekávaný vývoj v oblasti využívání bioetanolových směsných paliv	25
5.1. Evropa	25
5.1.1. Polsko	25
5.1.2. Rakousko	25
5.1.3. Německo	25
5.1.4. Slovensko	26
5.2. Česká republika	26
5.2.1. Snižování škodlivin v emisích výfukových plynů v letech 2015 - 2020	26
5.2.2. Zdroje biomasy pro výrobu biopaliv na období 2015 – 2020	28
5.2.3. Dopady na státní rozpočet pro rok 2015 – 2020	28
6. Doporučení a závěr	29
Použitá literatura	30
Seznam obrázků	33
Seznam tabulek	33
Seznam grafů	33

1. Úvod

V současné době je nejpoužívanějším zdrojem energie většiny dopravních prostředků spalovací motor. Bez tohoto stroje už si jen těžko dokážeme představit každodenní život. Jsou používány v osobních automobilech, nákladních automobilech, člunech, nebo mohou sloužit i k výrobě elektrické energie.

Využívání fosilních paliv ve spalovacích motorech však produkuje velké emise, především CO₂, který je nejzastoupenější skleníkový plyn vůbec. Proto se v současné době neustále snižují limity emisí automobilů CO₂ i jiných skleníkových plynů (GHG – Green House Gases), které způsobují globální oteplování. Znečišťování ovzduší předcházelo velký průmyslový rozvoj a autodoprava zejména ve městech, kde má negativní vliv na kvalitu ovzduší. Znečištění se projevovalo spíše v zimních měsících, nyní lze ale zaznamenat zhoršení i v létě. Problematikou neustále se zvyšujících skleníkových plynů se začala zabývat Evropská asociace výrobců motorů (ACEA) a ropné společnosti (EUROPIA) na základě podnětu od Evropské komise. Tyto společnosti následně začaly vytvářet první plány na snížení Emisí CO₂.

Jeden z možných způsobů snižování produkovaných emisí je snižování hmotnosti vozidel, což snižuje spotřebu paliv a tím i produkované emise. Dalším vhodným způsobem může být jiný zdroj energie, proto je nutné najít v budoucnu alternativní palivo, které bude schopné nahradit stávající paliva a bude splňovat kritéria, jako jsou dlouhý dojezd, dobrá přeprava paliva, nízká spotřeba a šetrnost k životnímu prostředí. Jako jedno z možných řešení se nabízí použití paliv vyrobených z biomasy, tedy čisté rostlinné nebo živočišné hmoty. Nevyužitelné části, které vznikají jako vedlejší produkty výroby, nebo jde jen o odpad, lze pak použít k výrobě paliv. Jedná se o paliva jako je etanol, bionafta bioplyn apod. Tato paliva se do budoucna jeví jako dosud nejlepší alternativou a Evropská unie pro ně sestavila plány a směrnice s cílem zvýšit jejich využívání v dopravě. Dále byly vytvořeny normy, které stanovují kvality paliv, která obsahují biosložky. Za zmínku stojí také motory na elektrický pohon, nebo hybridní vozidla, jejichž nabídka se v posledních letech velmi rozšířila.

2. Historie a legislativa v oblasti bioetanolových směsných paliv

2.1. Historie

Počátky výroby a používání bioetanolu se datují až do roku 4000 př. n. l., kdy se alkohol destiloval z bobulí, hroznového vína nebo obilnin. První zmínky použití v motorech jsou z roku 1826, kdy americký vynálezce Samuel Morey zkonstruoval spalovací motor, který byl poháněn etanolem a terpentýnem, k pohánění člunu. V roce 1860 německý inženýr N. A. Otto představil motor, který spaloval směs etanolu a benzínu. Americký konstruktér Henry Ford využíval etanol jako palivo pro zemědělské stroje.

Průlom využívání etanolu jako paliva však nastal v roce 1973 během ropné krize, kdy se vynakládalo značné úsilí pro rozvoj biotechnologické konverze rostlinné biomasy na etanol. Tyto pokusy však nebyly úspěšné, kvůli neznalosti enzymů, které by biomasu efektivně rozštěpily a umožnily tak průmyslovou výrobu etanolu. První úspěšná zkušební destilace proběhla na Univerzitě v Jižní Dakotě roku 1979. [9]

Začátek používání bioetanolu na našem území sahá až do dvacátých let minulého století, kdy nacházel své uplatnění v motorech závodních automobilů. Složení obsahu paliva bylo zhruba 50 % bioetanolu, dále benzin a benzol nebo aceton. V roce 1923 bylo v ČSR k dostání palivo, které obsahovalo 50 % bioetanolu, 30 % benzolu a 20 % benzínu pod názvem Dynalkol. Od roku 1932 byla povinnost přidávat bioetanol v množství 20 % do benzínu dle zákona č. 85/1932 Sb. [14].

Dle statistik Ministerstva průmyslu a obchodu byla spotřeba bioetanolu pro pohon motorů v roce 2013 86 432 tun, což byl mírný pokles oproti roku 2012, kdy tato produkce byla zhruba o 3 000 tun vyšší. Ve srovnání se spotřebou v roce 2007, která činila 287 tun je to však velký posun, který byl způsoben povinností zajistit od roku 2008 2% podíl biosložek z celkového objemu prodaných paliv. [15] V roce 2014 dosahovala spotřeba bioetanolu 119 042 tun.

Od roku 1994 se v ČR vyrábělo i MEŘO (Methylester řepkového oleje) pro vznětové motory. Čistý MEŘO však působil v motorech problémy v palivových filtrech a vstřikovacích tryskách, a proto se začalo vyrábět směsné palivo s velkým obsahem nafty a pouze malým množstvím MEŘA. ČSN vydaná v roce 1998 pak stanovovala požadavky na 2 druhy směsných paliv a to s obsahem MEŘO 30 % a MEŘO 5 %. Dle dnešních platných norem se směsné motorové nafty mísí s naftou pro mírné klima ČSN EN 590 a MEŘO ČSN EN 14214. [14]

2.2. Legislativa využití biopaliv

EU jako první opatření pro rozšíření využívání biopaliv přijala směrnici Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES o podpoře využívání biopaliv a jiných obnovitelných paliv v dopravě. Tato směrnice měla za cíl podpořit využívání biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmot a postupně nahradit fosilní paliva tj. benzin a naftu v každém členském státě. Tyto členské státy by mimo jiné měly zajistit, aby bylo na trh uváděno alespoň minimální procento zastoupení biopaliv. Směrnice byla v ČR uvedena v platnost prostřednictvím zákona č. 180/2007 Sb. Zákon uvádí povinnost zajistit obsah minimálního zastoupení biopaliv v motorovém benzínu a motorové naftě.

- Od 1. Ledna 2009 ve výši 3,5 % objemových do motorových benzínů.
- Od 1. Ledna 2009 ve výši 4,5 % objemových do motorových naft. [3]

Směrnice byla nahrazena akčním plánem Evropské unie dle nové směrnice EU 2009/28/ES, o podpoře energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/EC a 2003/30/EC, dne 23. dubna 2009. Akční plán Evropské komise má zajistit, aby ve státech Evropské unie paliva vyráběná z ropy, byla postupně nahrazována biopalivy, zemním plynem a vodíkem. Směrnice EU 2009/28/ES uvádí, že v každém členském státě Evropské unie má energetický podíl biopaliv činit 10 % z celkové energie dodané pro dopravu a to ke konci roku 2020. [12] K realizaci tohoto programu vedly Evropskou unii zejména následující důvody:

- Rostoucí celková spotřeba energie pro dopravu
- Nedostačující zásoby ropy v zemích EU
- Rostoucí ceny ropy
- Závislost na zemích Středního Východu
- Rostoucí emise skleníkových plynů, ohrožující klimatické podmínky [13]

Dle článku 17 až 19 směrnice EU 2009/28/ES zavádí povinnost tzv. kritériální udržitelnosti biopaliv a biokapalin. Biopaliva, která tyto kritéria splňují, se započítávají do výše zmíněného 10% podílu a jejich spotřeba může být finančně zvýhodněna. První kritérium se týká původu biopaliv, která nemohou být vypěstována v oblastech s vysokou zásobou uhlíku. Druhé kritérium je prokázání úspory emisí skleníkových plynů v celém cyklu života paliva v porovnání s fosilním palivem. Tato úspora bude muset od 1. ledna 2017 činit 50 %.

Jakost paliv je dána směrnicí 2009/30/ES, podle které musí dodavatelé pohonných hmot snížit produkci skleníkových plynů minimálně o 6 % do roku 2020 v porovnání emisí z roku 2010. Tento cíl je však možný pouze s použitím biopaliv, která splňují právě podmínky udržitelnosti.

Biopaliva dále nacházejí podporu ve směrnici 2003/96/ES, dle které se mění struktura rámcových předpisů o zdanění energetických produktů a elektřiny. To umožňuje zvýhodnění zdaňování čistých a vysokoprocentních směsí biopaliv. Tento článek byl v ČR transponován víceletým programem podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě. Čistá biopaliva tak mohou být osvobozena od spotřební daně a u vysokoprocentní směsi se odpočet vypočte z podílu biosložky. [25]

3. Výroba bioetanolu

3.1. Biopaliva I. generace

Pro výrobu skupiny biopaliv I. generace se nejvíce používá biomasa, která je zároveň používána ve výrobě potravin a krmiv. Jedná se o paliva vyrobená z látek obsahující jednoduché cukry nebo škrob. Dále k výrobě mohou být použita paliva vyrobená esterifikací různých druhů rostlinných olejů, nejčastěji oleje z řepky olejně.

Mezi paliva první generace lze zahrnout:

- MEŘO (metyléster řepkového oleje),
- Bioetanol vyráběný z výchozí suroviny, která obsahuje cukr nebo škrob (cukrová třtina, cukrová řepa, kukuřice a obilí),
- BioETBE (bioetyltercbutyléter),
- Rostlinný olej – Řepkový olej. [3]

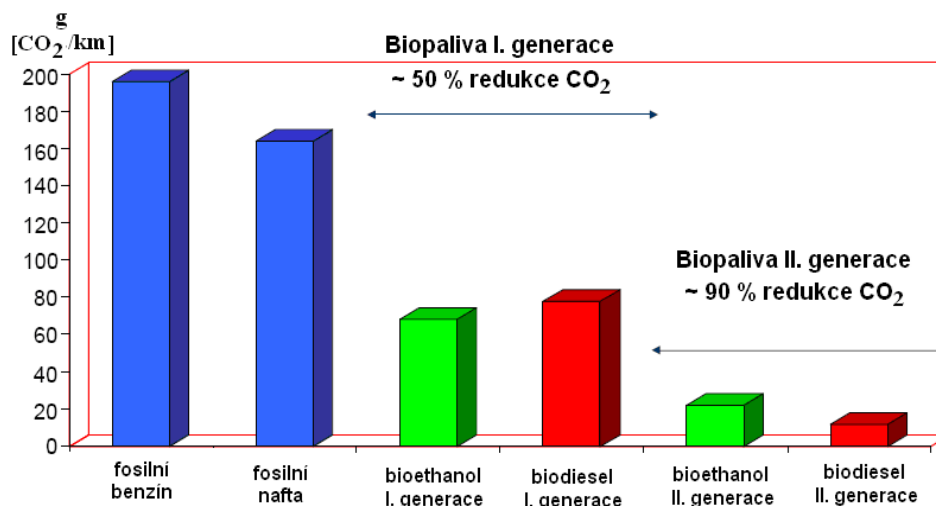
3.2. Biopaliva II. generace

Rozdíl paliv druhé generace od první generace paliv je ve vlivu na životní prostředí a zejména druhem biomasy, ze které jsou vyráběna. K jejich výrobě se používá nepotravinářská lignocelulosová biomasa (dřevo, těžební zbytky, seno, sláma, rostlinné odpady, rychle rostoucí dřeviny atd.). Oproti fosilním palivům vykazují snížení emisí oxidu uhličitého až o 90 %.

Mezi paliva druhé generace lze zahrnout:

- Bioetanol vyráběný z lignocelulózové biomasy,
- Syntetická motorová nafta,
- Biometanol jako produkt katalytické konverze syntézního plynu,
- Biodymetyléter jako produkt katalytické konverze syntézního plynu,
- Biovodík jako produkt katalytické konverze syntézního plynu. [3]

Obrázek 1 Potenciální snížení produkce CO₂ biopaliv I. A II. Generace [3]



3.3. Biopaliva III. generace

Výzkum biopaliv třetí generace je zaměřen na produkci paliv z vodních řas. Výhoda těchto řas spočívá v produkci obnovitelné energie a zároveň spotřebovávání oxidu uhličitého. Tyto řasy nejsou náročné na rozsah ploch potřebný k jejich pěstování jako je tomu u paliv první a druhé generace, které je nutné pěstovat na polích, jejichž plocha by se mohla využívat k produkci užitečnějších zemědělských plodin. Řasy by kromě výroby paliva mohly sloužit i pro čištění odpadní městské vody.

Prvním krokem procesu je přeměna struktury řas tak, aby produkovaly uhlovodíky, především alkany co nejpodobnější těm ve fosilní ropě. Snahou je využití oxidu uhličitého k přeměně řas na ropu a následné zpracování surové ropy v existujících rafineriích. Tento záměr si vyžádá asi 10 let vývoje a jeho realizací se zabývá společnost Exxon Mobil. [10]

Dalším využitím vodních řas se zabývají společnosti Du Pont a Bio Architecture Lab of Seattle, které se specializují na vývoj biobutanolu. Cílem je výroba suroviny na bázi celulózy, která bude mít vyšší výnosy než např. kukuřice. Biobutanol má oproti bioetanolu vyšší energetickou hustotu a lze jej přidávat do benzínu ve větších koncentracích. Prozatím se však nedaří přeměna řas na jednoduché cukry a jejich další zpracování na biobutanol. Do budoucna je však pěstování řas na 12,5 % příbřežních vod v USA schopno ročně nahradit až 26 mld. litrů benzínu. [10]

3.4. Vlastnosti Bioetanolu

Bioetanol (etyl-alkohol, $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ nebo ETOH) je tekuté biopalivo, které může být produkováno z celé škály různých surovin biomasy a vyráběno rozličnými způsoby. Je velice populární kvůli jeho obnovitelnosti z rostlinných zdrojů a má potenciál ke snižování emisí pevných částic ve vznětových motorech. [1] Dále má vyšší oktanové číslo, širší mez vznětlivosti, vyšší rychlost plamene a větší výparnou teplotu než benzín. Tyto vlastnosti dovolují větší kompresní poměr, kratší dobu hoření a chudší směs, což vede k teoreticky větší efektivnosti při použití ve spalovacích motorech. [2]

Za nevýhody bioetanolu můžeme považovat obsah energie, který je nižší o 33 % oproti benzínu, dále jeho agresivitu k některým plastům a pryžím, nižší tlak par (horší studené starty), mísitelnost s vodou a toxicnost k prostředí.

Etanol obsahuje 35 % kyslíku, což vede ke kvalitnějšímu spalování a redukci uhlovodíku a pevných částic ve výfukových plynech. Vysoké oktanové číslo zajišťuje ochranu proti předčasnému vzplanutí směsi, které způsobuje klepání motoru. [1]

Bioetanol navíc slouží jako vstupní surovina pro výrobu etyltercbutyléteru (ETBE), který slouží jako náhrada za antidetonační činidla a je žádanou složkou automobilových benzinů. Ve srovnání s benzinem, má vyšší oktanové číslo a díky jeho přítomnosti zdokonaluje spalování, což vede ke snížení emisí uhlovodíků a CO. [13]

Tab. 1 Vybrané vlastnosti etanolu a ETBE [20]

Vlastnosti paliva	Etanol	ETBE
Rel. molekulová hmotnost (g/mol)	46	102
Oktanové číslo	107	118
Cetanové číslo	11	-
Tlak par podle Reida (kPa)	16,5	28
Hustota 15°C (g/cm ³)	0,8	0,74
Výhřevnost (MJ/kg)	26,4	36
Výhřevnost (MJ/l)	21,2	26,7
Stechiometrický poměr vzduch/palivo (hm.)	9	-
Bod varu (°C)	78	72
Zápalná teplota (°C)	425	-
Bod vzplanutí (°C)	12	-19

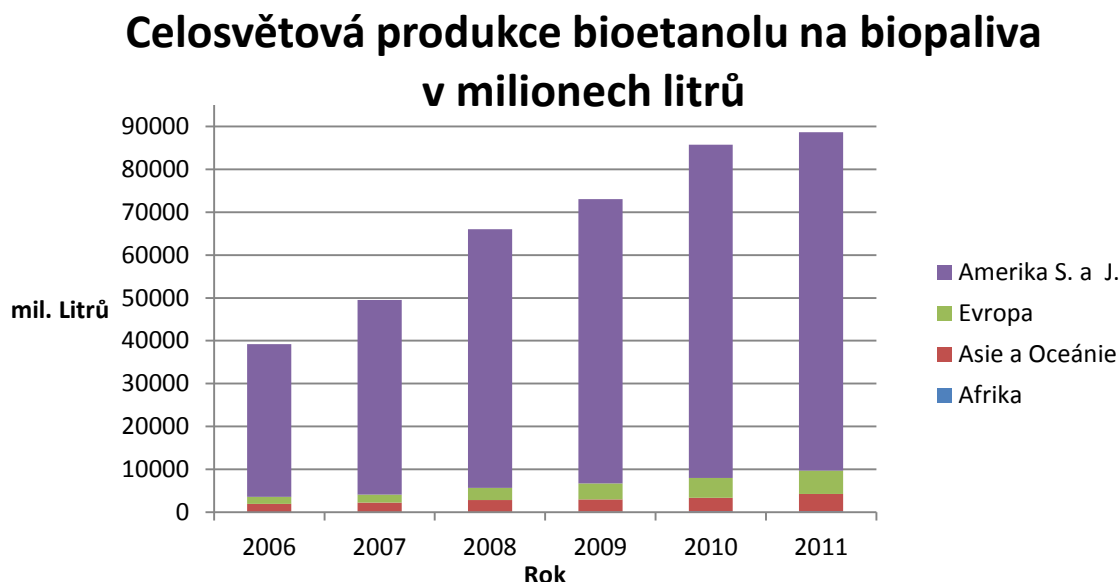
3.5. Produkce a výroba bioetanolu

Bioetanol tvoří více jak 94 % celosvětové produkce biopaliv, přičemž většina pochází z cukrové třtiny (asi 60%) a zbytek z ostatních plodin. [4] Světoví lídři v produkci cukrové třtiny a kukuřice jsou Spojené Státy Americké a Brazílie, které dohromady vyrobí 70 % světové produkce bioetanolu.

Tab. 2 Vývoj celosvětové produkce etanolu [17]

Vývoj celosvětové produkce etanolu určeného na palivo v milionech litrů dle jednotlivých oblastí						
Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Afrika	0	49	72	108	165	170
Asie a Oceánie	1 940	2 142	2 743	2 888	3 183	4 077
Evropa	1 627	1 882	2 814	3 683	4 615	5 467
Amerika S. a J.	35 625	45 467	60 393	66 368	77 800	79 005
Svět	39 192	49 540	66 022	73 047	85 763	88 719

Graf 1 Celosvětová produkce bioetanolu na biopaliva v milionech litrů [17]



Produkce bioetanolu v ČR byla zahájena v roce 2006 spuštěním prvního lihovaru společnosti Agro-etanol TTD v Dobrovicích, který od ledna 2009 dodává jako první výrobce na český trh palivo E85. Jako základní surovina je zde využívána především cukrová řepa. Další lihovar PLP Trmice byl spuštěn v roce 2007, který se specializoval na výrobu

bioetanolu z obilí. Tento lihovar se však již za čtyři roky dostal do problémů kvůli nefungující technologii a také kvůli šířícímu se zápachu do okolí. V brzké době by však měl být opět uveden do provozu.

Tuzemské lihovary se však musí potýkat s problémy, jako jsou velké dovozy levného lihu ze zahraničí a dále pak s proměnlivou cenou vstupních surovin. Všichni domácí producenti navíc musí jistit své daňové sklady a lih musí být jištěn bankovní zárukou. Tyto náklady pak ovlivňují výslednou cenu bioetanolu.

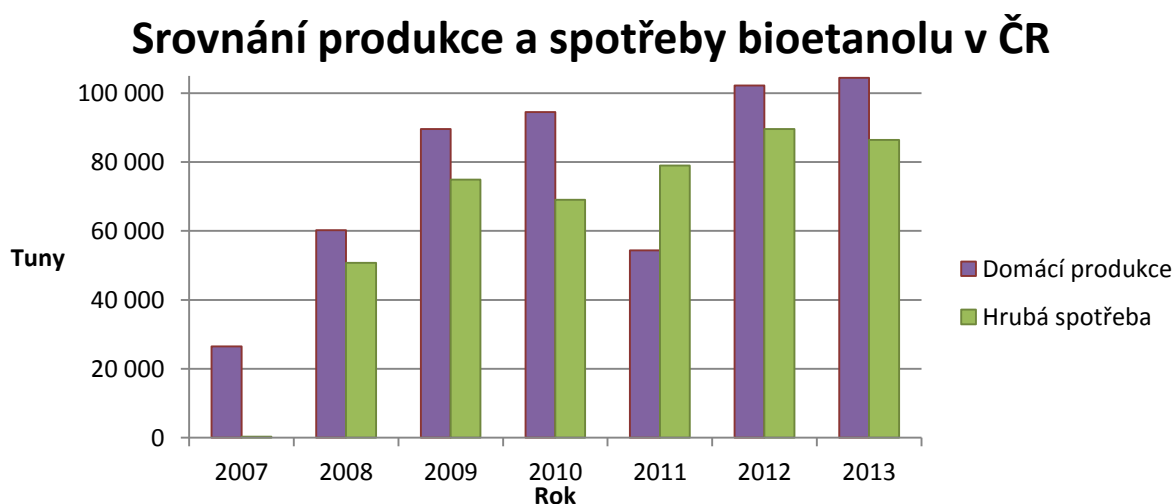
Pěstování surovin pro výrobu bioetanolu na našem území nemá vliv na potravinovou bezpečnost za předpokladu ponechání přimíchávání bioetanolu do paliv dle platných norem. Pro tento objem je potřeba zhruba 1,85 mil hl lihu, což při výrobě z cukrové řepy a obilí představuje celkovou plochu asi 72 tis. ha, která tvoří pouze 1,6 % veškeré zemědělské plochy v ČR. Navíc z této produkce vznikají vedlejší produkty, které se používají jako krmivo (řepné pelety a mláto). [16]

Tab. 3 Domácí bilance bioetanolu

Domácí produkce, dovoz, vývoz, změna zásob a hrubá spotřeba bioetanolu (pro pohon motorů) v ČR v letech 2007 až 2013 (v tunách)							
Rok	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Domácí produkce	26 509	60 236	89 625	94 523	54 412	102 195	104 488
Dovoz	0	20 404	32 939	10 361	35 696	5 184	1 979
Vývoz	17 027	31 909	50 953	36 556	7 378	16 644	17 475
Změna zásob +/-	9 195	-1 990	-3 325	-710	769	1 144	2 561
Hrubá spotřeba	287	50 721	74 937	69 037	78 961	89 592	86 432

Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, výkaz Eng. (MPO) 6-12

Graf 2: Srovnání produkce a spotřeby bioetanolu v ČR

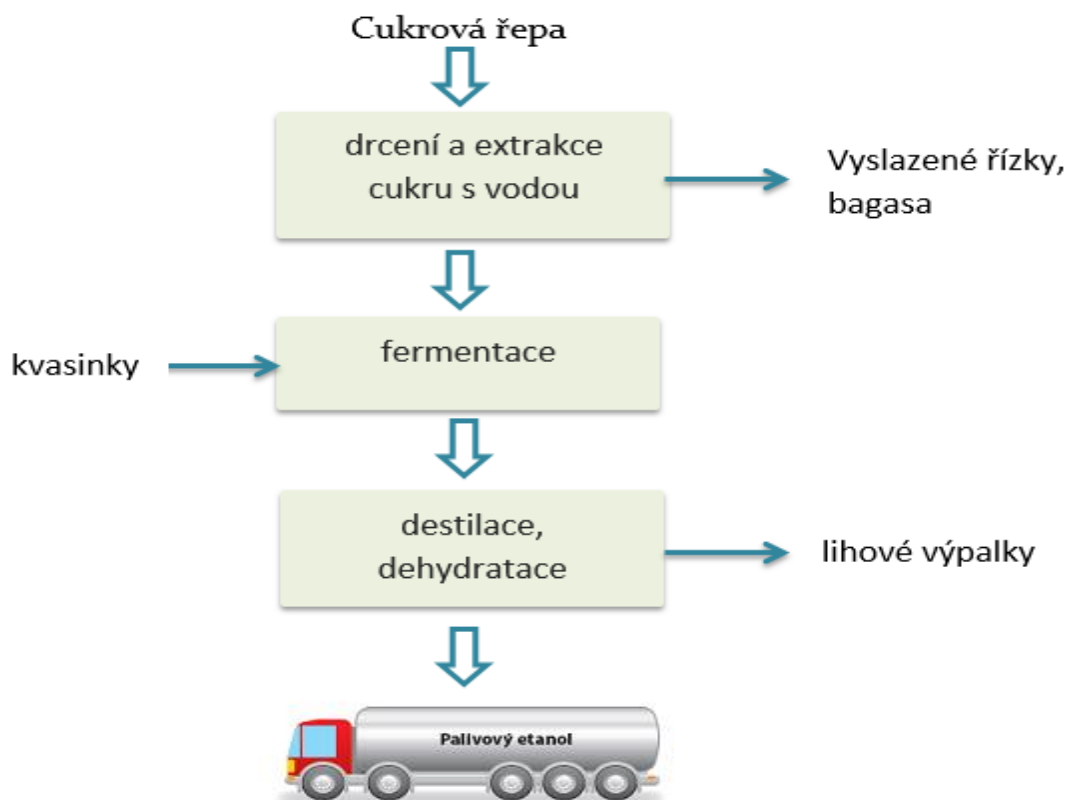


3.6. Výroba etanolu z biomasy obsahující jednoduché cukry

Vlastní výroba bioetanolu závisí především na použité surovině. Výroba se pak dá popsat podle tří hlavních kroků: 1. Krok: Získá se roztok obsahující zkvasitelné cukry. 2. Krok: cukry se přemění na etanol pomocí fermentace a 3. Krok: separace etanolu a jeho čištění pomocí destilace-rafinace-dehydratace. Tento proces může být použit pro jakýkoliv materiál obsahující cukry. [5]

Zdroje pro tuto výrobu jsou cukrová třtina, cukrová řepa a sladký čirok. Jejich výhody jsou vysoký výnosnost na hektar a nízké náklady potřebné k přeměně na etanol. Cukrová třtina se musí zpracovávat nejpozději do 72 hodin po sklizni. Nejdříve se rozdrť kvůli lepšímu uvolnění cukrů. K této směsi je přidán hydroxid vápenatý kvůli vysrážení nečistot ve směsi, která je následně přefiltrována a odpařována. Získaný koncentrát je následně fermentován za pomoci kvasinek. K optimálnímu průběhu fermentace je nutné dodržet rozmezí obsahu cukru 14 - 18 % a teplotu 33 – 35°C. [6] Fermentační proces je přerušen na 10% objemových etanolu a je destilován kvůli oddělení etanolu od destilačních zbytků. Po destilaci je etanol rafinován a obsahuje 95 % objemových etanolu, zbytek tvoří voda (tzv. azeotropická směs), která se nejčastěji odstraňuje pomocí molekulárních sít nebo azeotropickou destilací použitím benzenu nebo cyklohexanu. [6]

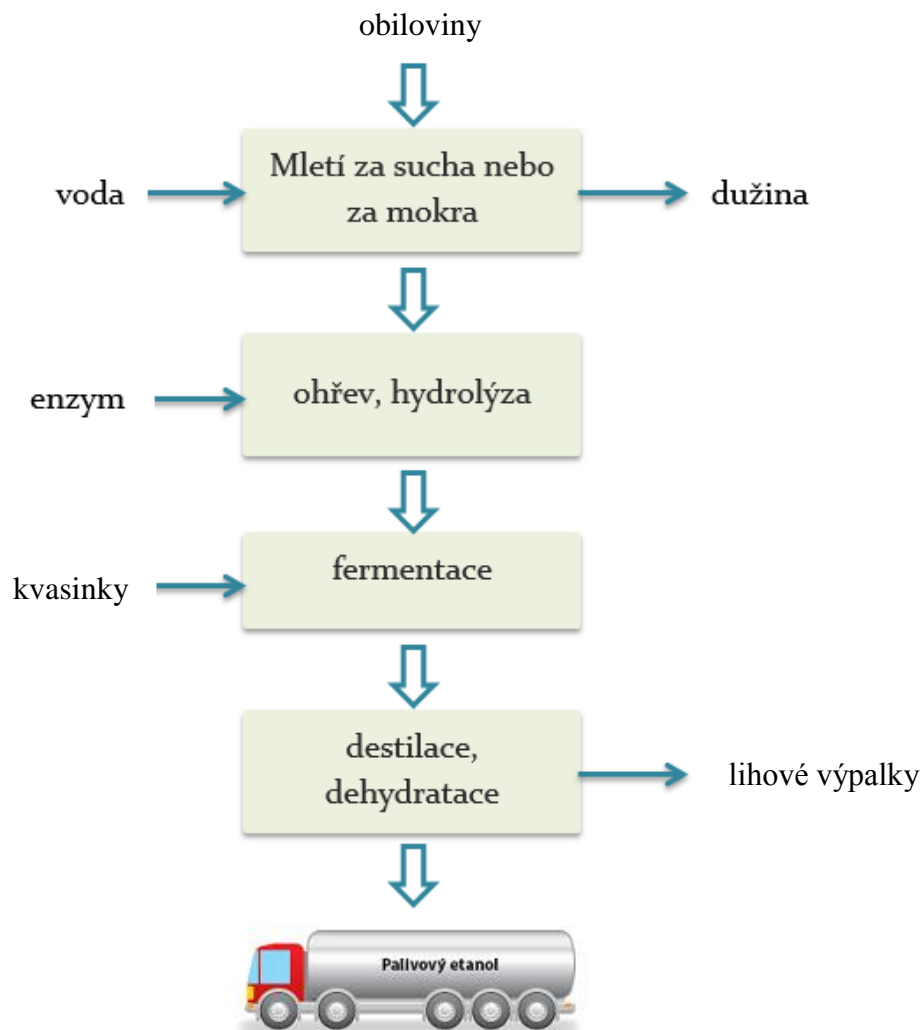
Obrázek 2: Výroby bioetanolu z jednoduchých cukrů. [7]



3.7. Výroba etanolu z biomasy obsahující škrob

Pro výrobu bioetanolu ze škrobu se využívá zrn kukuřice, pšenice nebo ječmene, která obsahují vysoký podíl škrobu. Nejprve je třeba kukuřičná zrna namlít. Při mletí vzniká odpad v podobě slupek zrn a stébel. Rozeznáváme suché a mokré mletí a při každém druhu mletí vznikají jiné vedlejší produkty. Suché mletí slouží primárně pro výrobu etanolu. Při mokřém mletí vzniká navíc kukuřičný sirup nebo dextróza. Rozemletá zrna na prach se vodou zahřejí na 85°C, při této teplotě se přidávají alfa amylas štěpící enzymy a následně je tato tzv. zápara zahřata na 110 – 150°C po dobu jedné hodiny. Tím dosáhneme zkapalnění škrobu a zredukujeme úroveň bakterií. Po opětovném ochlazení na 85°C a přidání dalších enzymů je po hodině zápara ochlazena na pokojovou teplotu. Následuje fermentování tj. kvašení ve fermentoru, které trvá 40 – 50 hodin. Poslední fází je destilování a dehydratace v kolonách, kde se oddělí surový bioetanol od prokvašené zápary. Vedlejší produkty destilace jsou obilné výpalky, které se suší a mohou být použity jako krmivo pro dobytek. [6]

Obrázek 3: Výroba bioetanolu z biomasy obsahující škrob [7]



3.8. Lignocelulózová biomasa

3.8.1. Druhy produkce z lignocelulózové biomasy

Bioetanol může být produkován také z lignocelulózových materiálů, který nazýváme bioetanolem druhé generace. Výchozím produktem pro tuto výrobu zahrnuje zemědělské zbytky, travní materiál a lesnické a dřevařské odpady. V současné době je tato výroba především ve fázi výzkumu, do kterého se značně investuje. Pro efektivitu výroby je klíčové především chemické složení vstupní směsi. Technologických postupů výroby je několik, nicméně hlavní rozdělení je výroby na bázi biochemické konverze a termochemické konverze.

Biochemické konverze využívá enzymatické hydrolýzy pro přeměnu předupravené lignocelulózové biomasy v cukr a fermentaci pro získání etanolu.

Při termochemické úpravě je biomasa zplyněna pevným či kapalným uhlíkatým materiálem (uhlí nebo olej), které reaguje se vzduchem nebo parou, za vzniku syntézního plynu zvaného syngas. Z tohoto plynu se další úpravou získávají biopaliva jako metanol a etanol. [8]

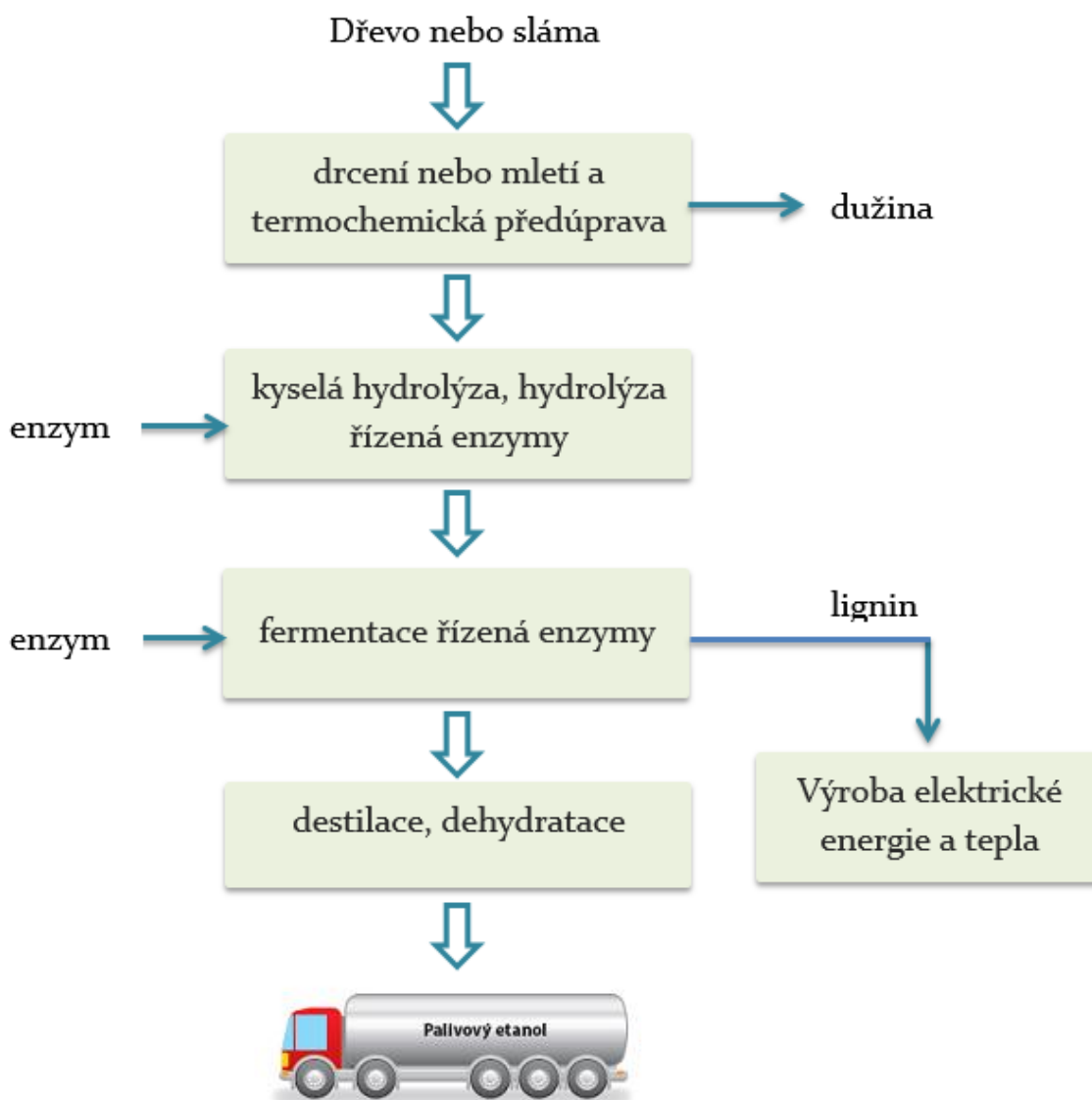
3.8.2. Přeměna lignocelulózové biomasy na etanol

Lignocelulóza obsahuje polymery cukru nazývané celulóza a hemicelulóza. Jejich přeměna je složitější ve srovnání s přeměnou škrobu a jednoduchých cukrů. Biomase je nutno nejprve předupravit drcením nebo mletím, které dostatečně naruší strukturu lignocelulózy s cílem usnadnit následnou kyselou nebo enzymatickou hydrolýzu. Předúprava má velký významný v efektivnosti využití vstupní biomasy a další procesy při přeměně. Dokončením předúpravy je celulóza připravena k hydrolýze.

Nejpoužívanějšími způsoby hydrolýzy jsou kyselá a enzymatická. Enzymatická hydrolýza je výhodnější pro svou nenáročnost na údržbu a svou neagresivitu vůči prostředí než hydrolýza kyselá. Z tohoto hydrolyzátu pak fermentací za pomoci kvasinek získáváme bioetanol. Protože hydrolyzát neobsahuje pouze glukózu ale i různé monosacharidy jako je xylóza, manóza, galaktóza, arabinóza a oligosacharidy, musí být kvasinky schopny efektivně rozštěpit i tyto cukry a zajistit tak úspěšné vykvašení etanolu. Nejpoužívanějšími kvasinkami jsou *Saccharomyces cerevisiae*. Po fermentaci je nutná destilace bioetanolu. Destilace probíhá v destilačních kolonách, kde se většina vody vysráží na pevných částicích. V rektifikační komoře je etanol zbaven vody až na čistotu 95 % a zbývající voda se odstraní ve vytěšňovací koloně a jeho výsledná jakost je 99,6 %. [11]

Lignocelulózová biomasa se do budoucna jeví jako nejperspektivnějším zdrojem bioetanolu s ohledem na její velkou dostupnost a nízké náklady. V širším měřítku však výroba paliva z lignocelulózových materiálů doposud nebyla realizována. V současné době je výroba etanolu z lignocelulózy stále poměrně nákladná což je hlavním důvodem proč bioetanol zatím příliš neprorazil. Náklady na tuto výrobu mohou být sníženy větším využíváním odpadních materiálů z lesnictví, zemědělské produkce a průmyslové výroby.

Obrázek 4: Výroba bioetanolu z lignocelulózové biomasy [7]



4. Možnosti využití bioetanolu jako paliva ve spalovacích motorech

4.1. Výhody biopaliv

Patří mezi obnovitelné zdroje energie, které jsou člověku volně k dispozici, a jejichž přísun je pravidelně obnovován v přijatelných časových měřítcích na rozdíl od fosilních paliv, která byla vytvářena v řádech tisíciletí a mohou být vyčerpána již v blízké budoucnosti.

Stát díky zvýšené poptávce po biopalivech může snižovat svou závislost na dovážení ropy a ovlivňovat trh s pohonnými hmotami v dopravě.

Nemalou výhodou využívání těchto paliv je snižování produkce emisí skleníkových plynů, zejména CO₂. Jejich výroba je však energeticky velmi náročná, a proto se musí úspory emisí posuzovat v celém životním cyklu tj. od pěstování biomasy, až po spálení paliva v motoru.

Produkování biomasy nabízí rozšíření možnosti využití zemědělské půdy, které přináší v rezortu zemědělství nové pracovní příležitosti. [3]

4.2. Nevýhody biopaliv

Pěstování a následná přeměna rostlin na biopalivo je energeticky velmi náročným procesem, který vypouští CO₂ do ovzduší, což redukuje celkovou úsporu emisí CO₂ na pouhých 50 % u první generace biopaliv. U druhé generace je úspora už vyšší.

Potřeba plochy pro pěstování biomasy může v některých tropických oblastech znamenat kácení pralesů. U nás představuje hrozbu zabírání zemědělských ploch, které by jinak sloužily pro pěstování potravin a s tím spojené zvyšování jejich ceny.

V neposlední řadě je třeba uvést technické problémy při aplikaci ve spalovacích motorech, které vyžadují dodatečnou úpravu palivové soustavy a optimalizaci chodu motoru. Některé biopaliva také mohou vyžadovat zkrácení intervalu výměny oleje. [3]

Bioetanol má v porovnání s naftou a benzínem nižší výhřevnost. Oproti naftě dosahuje velmi malé mazací schopnosti a nízké hodnoty cetanového čísla (CČ). V porovnání s benzinem má vysoké oktanové číslo (OČVM). Přidáváním bioetanolu do benzínu se zvyšuje OČVM a mění se tlak par. Vzhledem k nižší výhřevnosti stoupá jeho měrná spotřeba a v případě vyššího obsahu bioetanolu v palivu je nutné upravit palivový systém např. prodloužením doby vstříku.

Při nízkých teplotách vznikají problémy při spouštění motoru, to je způsobeno vyšším výparným skupenským teplem. Tento problém lze řešit použitím pomocného zařízení pro start za nízkých teplot nebo případně spouštění motoru na benzin.

Bioetanol způsobuje korozi některých součástí palivového příslušenství motoru, což lze řešit přidáním inhibitorů koroze.

Tab. 4 Srovnání vlastností bioetanolu s benzinem a motorovou naftou [18]

Parametr	Jednotka	Bioetanol	Benzin	Motorová nafta
vzorec	-	CH ₃ CH ₂ OH	C ₇ H ₁₆	C ₁₄ H ₃₀
molární hmotnost	g/mol	46.07	100.2	198.4
hustota	kg/cm ³	785	737	856
bod varu	°C	78	38 - 204	125 - 400
obsah síry	ppm	0	~200	~250
hm. podíl uhlíku	%	52,2	85,5	87
hm. podíl kyslíku	%	34,7	2,7	0,6
oktanové číslo	-	107	95	-
cetanové číslo	-	8	-	45 - 55

4.3. Požadavky na kvalitu bioetanolu pro použití ve spalovacích motorech

Současná norma dovoluje využití přidání bioetanolu do benzínu v maximální výši do 10% objemových nebo jako přídavek ve formě ETBE až do výše 15% objemových při celkovém obsahu kyslíkatých látek do výše maximálně 2,7 % hmotnostních.

V ČR byl tento požadavek uzákoněn v roce 2007 a od roku 2009 celkový prodaný benzin musí obsahovat 4,1 % objemu etanolu. U motorových naft zákon udává povinný přídavek metylesterů mastných kyselin ve výši 6 % objemových z celkového objemu prodané motorové nafty. Evropská unie má v plánu tyto přídavky postupně zvyšovat. Přídavek ETBE neznamená zásadní změnu vlastností paliv. Přídavek etanolu do benzínu pak ovlivňuje některé zásadní vlastnosti paliva, a to především zvýšení tlaku par, změnu průběhu destilační křivky a zvyšování oktanového čísla. Tlak par je ovlivněn díky vytvoření azeotropické směsi, která tlak zvyšuje. Samotnou kvalitu paliva pak určuje i kvalita přidávaného etanolu. Tyto požadavky specifikuje evropská norma EN 15376, které platí v českých technických normách. Nejdůležitější vlastnosti mající vliv na kvalitu etanolu jsou.:

- Obsah metanolu a vyšších alkoholů
- Obsah vody
- Obsah chloridů
- Kyselost etanolu
- Obsah mědi

Je pravděpodobné, že pro paliva s vysokým podílem etanolu budou v budoucnu zpřísněny některé z ukazatelů zejména obsahu kontaminantů, jako jsou chloridy. [20]

4.4. Distribuce bioetanolu

Způsob přepravy, skladování a distribuce bioetanolu a paliv tuto složku obsahujících, je komplikovanější než v případě např. bionafty. Skladovací ani přepravní systémy nesmí být kontaminovány vodou, protože již malé množství vody zapříčiní rozdělení směsi etanolu a benzínu na dvě fáze. Etanol, přechází ve fázi vodnou, což vede k významnému ovlivnění kvality paliva. Voda se shlukuje u dna nádrží a palivových systémů vozidel a obsahuje drobné částičky rzi a další nečistoty, které způsobují ucpání filtrů a systémů dávkování paliva, při dlouhodobém používání takto znehodnoceného paliva. K odstranění výše uvedených problémů je nutné palivo netransportovat potrubními systémy. Optimálně se bioetanol distribuuje přímo od výrobce do maloobchodní sítě. Další způsob je přepravit obě složky, bioetanol a benzín, odděleně a distribuční síť pak palivo namíchá a palivo je dopraveno do maloobchodní sítě. Benzín, který slouží k společnému namíchání s bioetanolem musí mít takové vlastnosti, aby výsledná směs paliva měla požadovanou kvalitu dle normy.

Z technického hlediska je vhodné použít do automobilových benzinů přídavek ve formě ETBE. Benziny s tímto přídavkem se dobře uskladňují i dlouhodobě a jejich použití je i více ekologické díky menší rozpustnosti ve vodě a rychlejšímu biologickému odbourávání. Bioetanol či jeho směsi je možné přepravovat po silničních infrastrukturách nebo po železnici za stejných podmínek jako běžné automobilové benziny. Větší důraz však musí být kladen na kontrolu uzávěrů a ventilů z důvodu narušování jejich těsnosti kvůli velké agresivitě etanolu a následnému úniku paliva.

Značení dle ADR/RID:

- Třída nebezpečnosti: 3 (hořlavé kapaliny)
- Klasifikační kód: F1
- Číslo nebezpečnosti látky: 33
- UN kód (identifikace látky): 1170 (bioetanol), 1179 (ETBE).

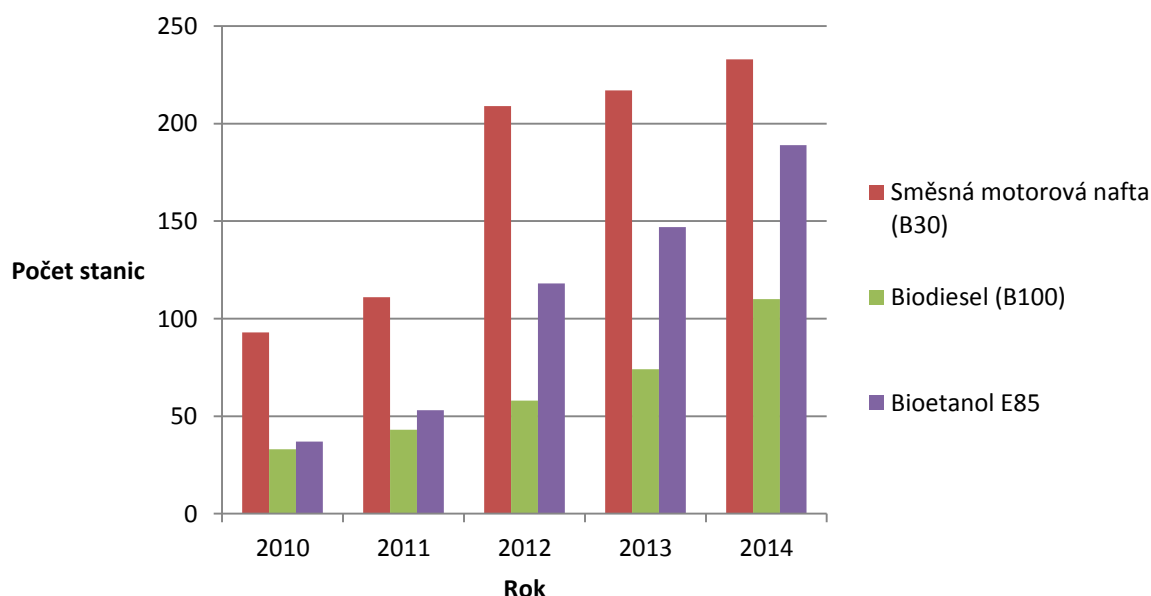
Tab. 5 Čerpací stanice distribuující biopaliva

Počet čerpacích stanic s nabídkou paliv s vyšším obsahem biosložek					
Rok	2010	2011	2012	2013	2014
Směsná motorová nafta (B30)	93	111	209	217	233
Biodiesel (B100)	33	43	58	74	110
Bioetanol E85	37	53	118	147	189

Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, Evidence čerpacích stanic 2010 – 2014

Graf 3: Nárůst čerpacích stanic s prodejem biopaliv

Nárůst čerpacích stanic s prodejem biopaliv



4.5. Podmínky použití bioetanolu v dopravě

Primárně je bioetanol díky svým chemickým vlastnostem určen pro zážehové motory v širokém rozmezí koncentrací. Malé koncentrace bioetanolu s podílem 5 a 10 % obj. nebo paliva s obsahem ETBE na bázi bioetanolu jsou použitelná v motorech, které spalují běžný motorový benzin. Použití směsí, které obsahují více procent bioetanolu je možné až po přizpůsobení vozidla.

Ve vznětových motorech je bioetanol používán tak, že stlačená směs vzduchu a etanolu je vzněcována vstřikem malé dávky nafty do spalovacího prostoru. Pro použití v motorech, které obsahují vyšší podíly bioetanolu je potřeba upravit některé parametry vozidla a to především:

- Docílit vyššího kompresního poměru
- Upravit tvar spalovací komory
- Nutnost korozivzdorných palivových nádrží a ostatních částí palivové soustavy
- Palivové potrubí musí být dobře odolné proti působení alkoholu
- Ventily musí být vyrobeny z vhodného materiálu
- Zapalovací svíčky musí mít dobrou termickou odolnost
- Vyšší nároky na elektrickou soustavu vozu

Studie hodnotící vliv různých kombinací směsí etanolu a benzínu na opotřebení motoru prokázaly, že při nízkých koncentracích etanolu v palivu je riziko zvýšeného opotřebení zanedbatelné. To však platí pouze pro paliva s obsahem menším jak 10% obj. etanolu. Při větším obsahu etanolu se již projevuje ztráta výkonu, vyšší spotřeba a zvýšené opotřebování částí motoru a palivových soustav což má dopad na poskytované záruky na motorová vozidla. [20]

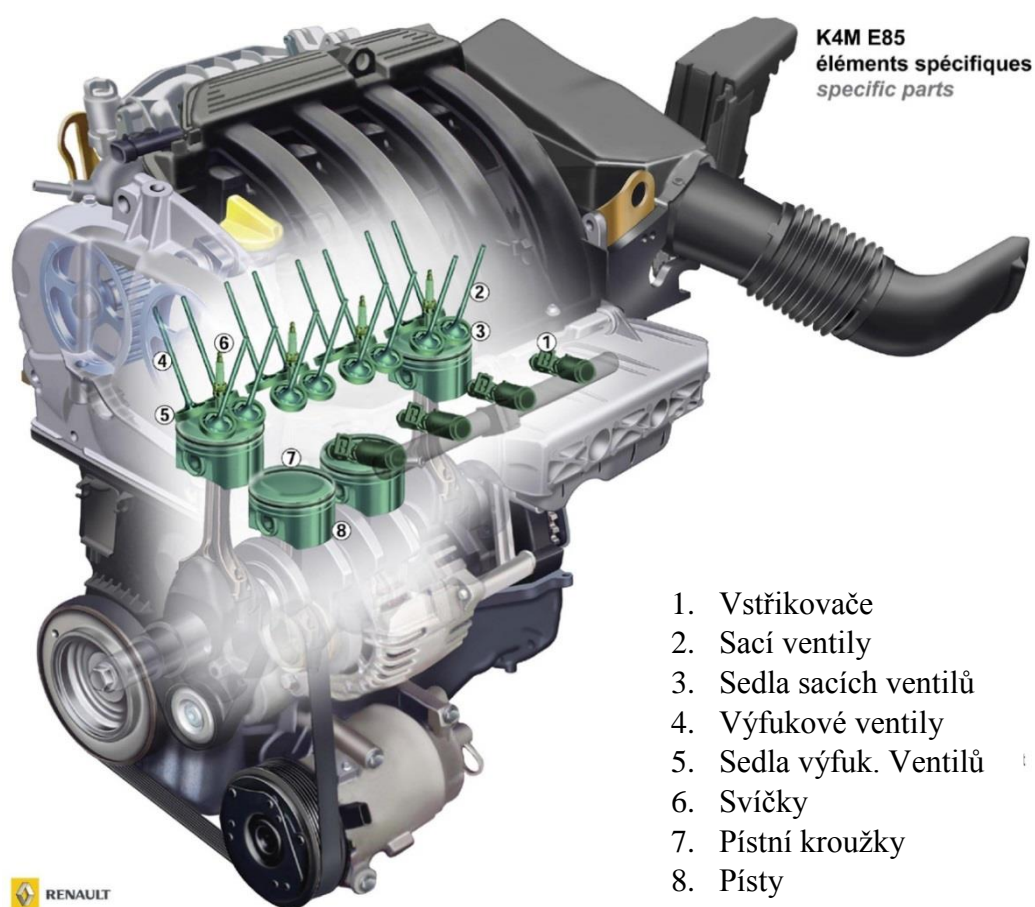
4.6. Využití bioetanolu v zážehových motorech

V současné době je bioetanol nejvíce využíván jako nízkoprocentuální podíl přidávaný do automobilového benzínu dle normy ČSN EN 228 ve výši do 5 % obj. Tento podíl jen minimálně mění parametry paliva a spalovací motor není tedy třeba nijak zvlášť upravovat. Palivo s 5 % etanolu (E5) může být použito ve všech motorech bez omezení a u paliva E10 byl některými výrobci vydán seznam vozidel, která toto palivo mohou používat. Obecně lze konstatovat, že paliva s obsahem etanolu do 10% mohou používat vozidla vyrobená po roce 1998. [21]

V zážehových motorech se mohou používat libovolné poměry směsí etanolu a benzínu. Nejčastějším palivem je palivo složené z 85 % bioetanolu a 15 % benzínu Natural 95 tzv. E85. Toto palivo lze spalovat v upravených vozidlech, která se nazývají Flexi Fuel Vehicle (FFV). Vozidla mohou být provozována čistě na benzín, nebo na jeho směs s bioetanolem až do výše 85 %. Dávkování paliva, předstih zážehu a další parametry se upravují na základě hodnot naměřených sondou z výfukových plynů, ze kterých řídicí jednotka zjistí procentuální zastoupení bioetanolu ve směsi. Téměř všichni výrobci automobilů mají ve své nabídce takto dimenzované vozy.

Běžný motor, který spaluje benzín lze upravit tak, aby mohl spalovat E85. Úprava spočívá v prodloužení doby vstřiku paliva, která se nastavuje v řídicí jednotce motoru. Cenová rozmezí těchto úprav se pohybuje v rozmezí 7000 – 9000 Kč za řídicí jednotku s cenou montáže do 1000 Kč. Palivo E85 je dnes už běžně k dostání, neboť benzínových pump s jeho distribucí v posledních letech značně přibylo jak je vidět ve výše uvedeném grafu. Dle měření provedeného na České Zemědělské univerzitě vykazuje E85 zvýšení spotřeby paliva v kombinovaném provozu o 46,4 %, což je dáno vlivem nižší výhřevnosti etanolu. Výrazný pokles však byl zaznamenán u oxidu uhelnatého o 30 % u nespálených uhlovodíků o 21 % a produkce oxidů dusíku klesla o 31 %. [22] Nejvíce je palivo využíváno ve Švédsku, kde je v provozu přibližně 40 tisíc automobilů na E85.

Obrázek 5 Upravené komponenty motoru Renault Megane [24]



Bioetanol lze využívat také ve formě ETBE (etyltercbutyléteru) jako kyslíkatou složku zvyšující oktanové číslo nebo MTBE (metyltercbutyléteru) s podobnými vlastnostmi. ETBE se začal používat jako náhrada toxického tetraetylova. Používání těchto složek nevyžaduje žádné přizpůsobení motoru. ETBE je díky jeho špatné rozpustnosti ve vodě velmi dobrou náhradou za MTBE. Při haváriích je tak zamezeno kontaminaci spodních vod. [14] ČSN EN 228 povoluje obsah kyslíkatých složek v benzínu do 2,7 % hm. To dává možnost přimíchávání MTBE do benzínu ve výši 14,8 %. U náhrady ETBE je to až 17,2 %. [23]

Řadu experimentů na motorech pro benzín byla provedena v TUV ÚVMV Praha. Zkoušky byly prováděny se směsí benzínu a etanolu, a to až do výše 30 %. Zkoušený motor s objemem 1,4 l a výkonem 50kW měl mírně zvýšenou spotřebu paliva, přičemž přípustné hodnoty dle zkoušky EHK 83-05 nebyly překročeny. Plynné výfukové škodliviny byly také v normě. Při vyšších koncentracích etanolu však vzrůstaly emise CO. [23]

4.7. Využití bioetanolu ve vznětových motorech

Vznětové motory jsou v současné době shledávány nejúspěšnějšími motory pro různé druhy dopravy. Jejich nevýhodou však je, že jsou významnými producenty emisí, které mohou způsobit zdravotní dopady zejména v hustě osídlených oblastech. Používáním směsí etanolu se však emise mohou výrazně snížit. Dále etanol používaný ve vznětových motorech má v porovnání se zážehovými motory až o 30 % větší účinnost. Výhodou etanolu je jeho oktánové číslo, které je však nevýhodou ve vznětových motorech. Vznětivost směsi udává takzvané cetanové číslo, které se u etanolu pohybuje v rozmezí 5 - 15. Současné motory mohou pracovat s palivem, jehož rozmezí cetanového čísla se pohybuje od 41 do 55. Ve standardním motoru je tedy nutné použití aditiv, které zlepšují vznětivost směsi.

Dalším aspektem motorové nafty je také její mazací schopnost, kterou etanol postrádá. To vede ke zvýšenému opotřebení palivového čerpadla a vstřikovačů. Experimenty prokázaly, že směsi zimní motorové nafty a etanolu do 45 % (bez aditiv) a směsi letní motorové nafty a 20 % etanolu jsou přijatelné z hlediska zachování mazací schopnosti paliva. [26]

4.7.1. Směsi etanolu a motorové nafty

Mísení motorové nafty společně s etanolem se dá shrnout do tří obecných typů směsí: čisté roztoky etanolu a nafty, roztoky s aditivou a emulze. Nejideálnější z těchto třech typů jsou roztoky s aditivou, protože se nejlépe přizpůsobují stávajícím vozidlům a emulze se jeví jako příliš nákladné. Největší potenciál pro zlepšení účinnosti motoru má tedy přidávání etanolu do nafty tzv. E-Diesel obsahující až 15 % etanolu, který výkon zvyšuje o 5 – 10 % oproti čisté naftě. Efektivnost se ještě zvyšuje, když je motor pod střední nebo velkou zátěží.

Typicky záporná vlastnost je vyšší spotřeba paliva. Motor sice může být účinnější, spotřeba však vzrůstá kvůli nižší energii obsažené v etanolu. Bude ovšem růst výkon motoru a točivý moment při vhodné úpravě palivového systému tím, že zvýšíme průtok paliva.

Toto palivo také vykazuje snížení emisí HC, CO, a PT. Emise NO_x jsou zhruba stejné jako při použití běžné motorové nafty. Pro samotné používání paliva není nijak nutné upravovat motor. Přes řadu zkoušek, kterými palivo prošlo, není jeho používání moc rozšířené. Kromě E-Dieselu se používá ještě palivo ED - Diesel, které obsahuje etanol ve formě vhodného derivátu, který se snadněji rozpouští v motorové naftě. [21]

4.7.2. Čistý etanol

4.7.2.1. Dvoupalivový systém

V případě dvoupalivového systému se obě paliva přivádějí do spalovacího prostoru odděleně. Etanol se vstříkuje samostatným vstřikovačem současně se vstřikem dávky motorové nafty vstřikovačem druhým. Tento systém samozřejmě vyžaduje samostatné i jednotlivé komponenty palivového systému. Příprava směsi se uskutečňuje buď v karburátoru, nebo nízkotlakým vstřikováním pod ventil. Vznícení směsi pak opět zajistí dávka motorové nafty. [27]

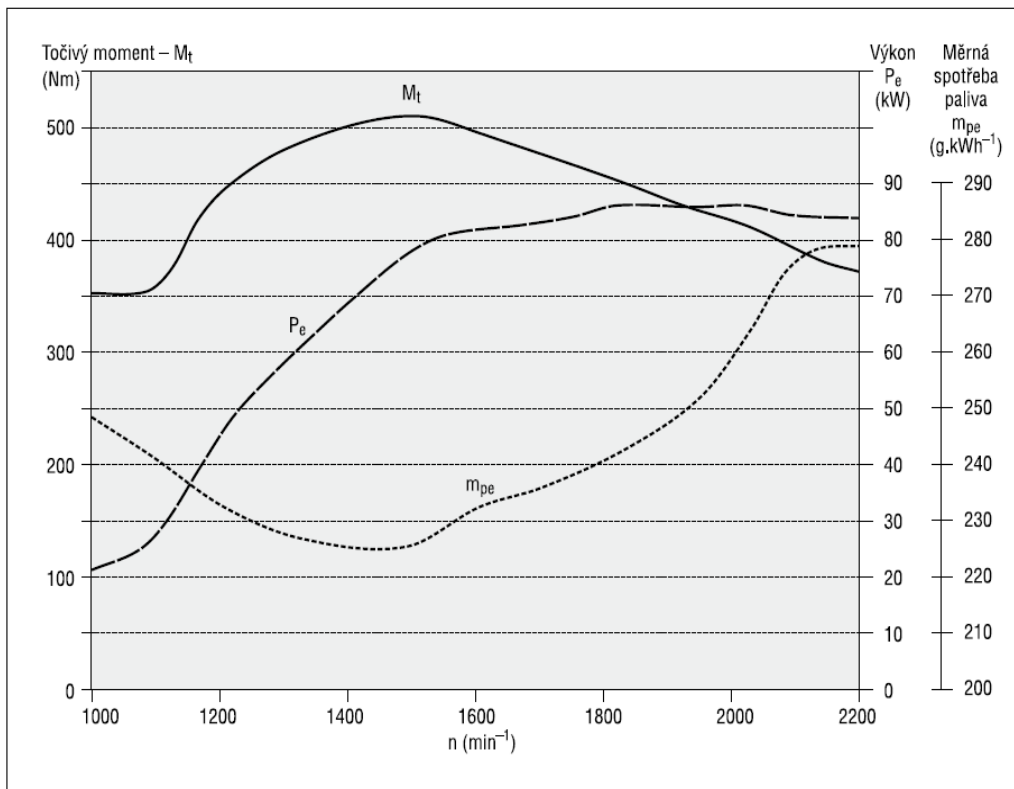
4.7.2.2. Jednopalivový systém

V případě jednopalivového systému je aplikace etanolu složitější. Etanol, který má nízké cetanové číslo, by nezajistil dostatečnou vznětlivost paliva, což nedocílíme ani zvýšenou aditivací, a proto je nutná úprava motoru, která spočívá ve zvýšení kompresního poměru na 25 a více a kvůli nízké výhřevnosti etanolu je ještě nutné upravit parametry vstřikování. Takto upravený motor už nemůže být provozován na běžnou motorovou naftu.

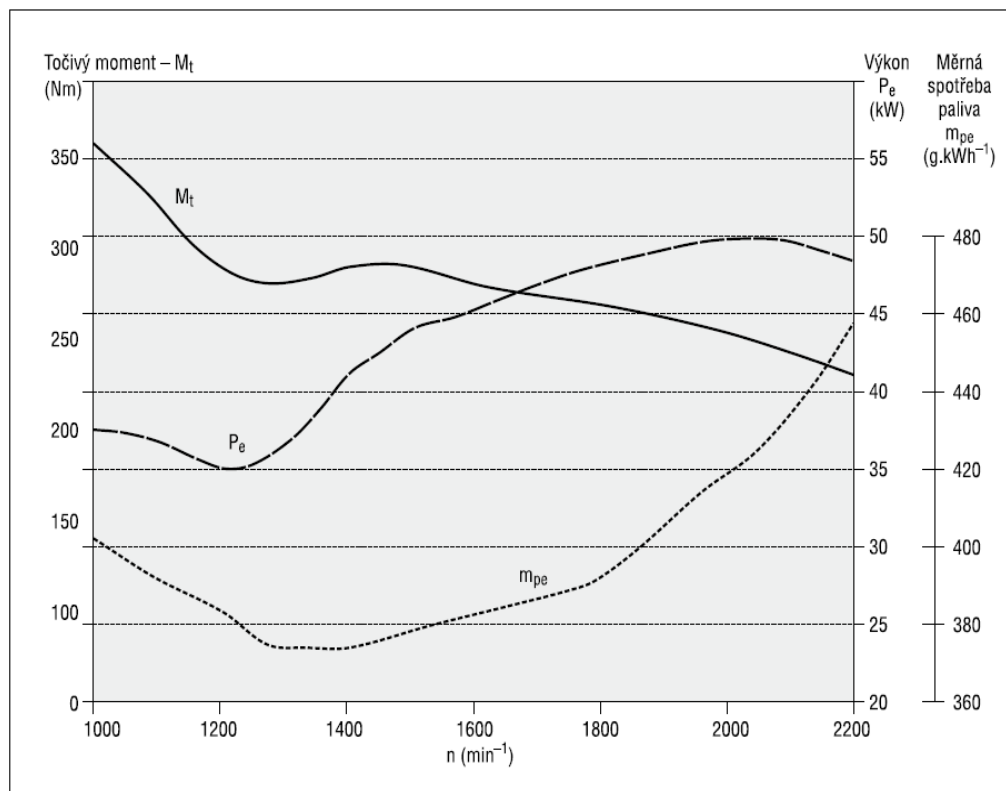
Palivo, které se používá v těchto motorech, nese název E95 a obsahuje 95 % etanolu, zbytek tvoří aditiva podporující vznětlivost. [27] Tento systém je používán ve Švédsku, kde je zabudován v autobusech firmy Scania, které mají v porovnání se standardními autobusy o 100 litrů větší nádrž. [21]

Aplikace paliva byla odzkoušena Ústavem pro výzkum motorových vozidel TÚV SUD Auto CZ s. r. o., kde byl zkoušeným objektem čtyřválcový čtyřtaktí traktorový motor vybavený přímým vstřikováním s přeplňováním výfukovým turbodmychadlem. Vyhodnocování proběhlo ve dvou krocích, kdy se jako první srovnávaly výkonnostní parametry motoru za použití motorové nafty a paliva E95. Druhá analýza srovnávala změny produkce měrných emisí. Emise byly vyhodnocovány podle předpisu EHK 96. Výsledné hodnoty jsou vidět na následujících obrázcích.

Obrázek 7: Otáčkové charakteristiky motoru při použití motorové nafty [27]



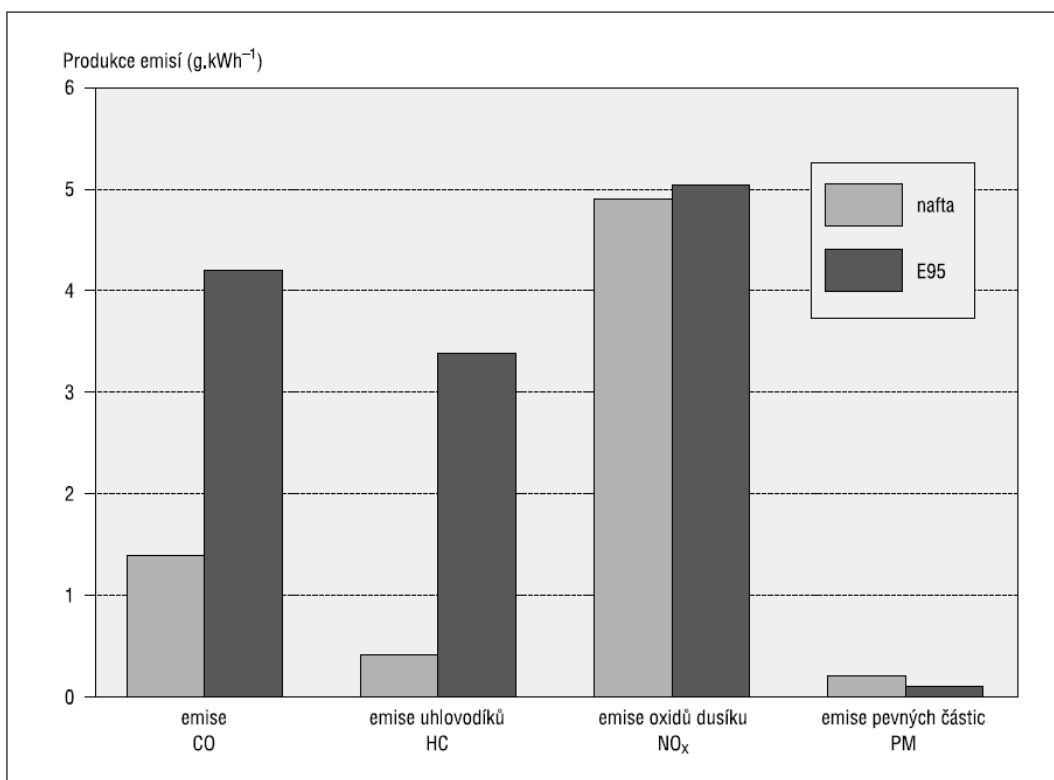
Obrázek 6: Otáčkové charakteristiky motoru při použití paliva E95 [27]



Z grafů je patrné, že při užití E95 mají křivky Pe a Mt nezvykle plochý průběh. Motor má nedostačující zálohu točivého momentu, která je potřebná zejména u traktorů a nákladních vozidel. Výkon i točivý moment jsou nižší zhruba o 40 % než při použití motorové nafty.

U produkce měrných emisí došlo k nárůstu oxidu uhelnatého CO o 200 %. V emisích oxidů dusíku Nox nejsou výraznější rozdíly. Ty vzrostly o pouhých 5 %. Výrazný nárůst je však patrný v emisích HC, které se zvýšily dokonce o 562 %. Pevné částice PT klesly 34 %. [27] Srovnání emisí vidíme na obrázku 8.

Obrázek 8: Produkce měrných emisí dle předpisu EHK 96 [27]



Snížení výkonu motoru a nevhodný průběh křivek je způsoben již tolikrát zmiňovanou nižší výhřevností bioetanolu, kterou lze kompenzovat větší dodávkou paliva do motoru, tím se parametry motoru přizpůsobí a výsledný výkon i točivý moment pak budou optimální. Vyšší emise jsou dány nižším výkonem motoru při použití paliva E95, který klesne o 40 %. Naroste-li výkon na hodnotu srovnatelnou s motorovou naftou, bude rozdíl v naměřených emisích nižší. Stále však bude vyšší podíl emisí oxidu uhelnatého a nespálených uhlovodíků. Tyto emise lze podstatně zredukovat použitím oxidačního katalyzátoru. Hlavním důvodem používání E95 je redukce oxidu uhličitého CO₂, u kterého může být redukce až 90 % při použití bioetanolu druhé generace. [27]

5. Očekávaný vývoj v oblasti využívání bioetanolových směsných paliv

5.1. Evropa

5.1.1. Polsko

Používání biopaliv v Polsku má vést stejně jako v jiných zemích ke snížení emisí skleníkových plynů a snížení závislosti dovozu ropy. V Polsku začalo využívání biopaliv v roce 1992, kdy bylo až do roku 2004 zaměřeno na přidávání ETBE do benzínu. Skupina LOTOS vyrábí benzín s přídavkem bioetanolu a PKN ORLEN benzín, do kterého přidává ETBE. V Polsku se až do roku 2005 nepoužívaly estery mastných kyselin (FAME), které se také používají jako palivové komponenty.

5.1.2. Rakousko

První produkční zařízení na bionaftu s výrobou až 500 t ročně bylo zprovozněno v roce 1990 v Mutreku. Do roku 2005 kapacita postupně narůstala až na 130 tisíc tun. Většinu produkce FAME Rakousko exportovalo do Německa a Itálie. Implementace směrnice o biopalivech vedla ke zvýšení používání biopaliv v dopravě.

Rakousko zvýhodňuje daňovou sazbu pro biopaliva obsahující minimální podíl biosložky. Jde především o bezsirná paliva a paliva s podílem biosložky větším než 4,4 %. Bioetanol neměl v Rakousku k dispozici žádný zdroj výroby až do roku 2006, kdy byly zavedeny projekty pro rozšíření výrobních kapacit ze 130 tisíc tun na 200 tisíc tun. Etanol je uvažován ve formě ETBE v objemu dle jakostní normy EN 228.

5.1.3. Německo

V Německu jsou pro výrobu etanolu využívány jako výchozí suroviny žito a pšenice. Biopaliva zažila značný nárůst použití v roce 2005, kdy se používání biopaliv v dopravě zvýšilo z 0,4 % obj. na 3,6 % obj. Od roku 2004 jsou biopaliva, která se používají pro topení a pro pohon motorových vozidel, osvobozena od daně z minerálních paliv i ekologické daně. Pro větší využití biopaliv byl zaveden podpůrný program pro stavbu vlastních výdejních míst a skladovacích stanic formou příspěvků do výše 40 % nákladů na stavební práce a technologická zařízení. Předpokládá se využití biopaliva zejména ve formě ETBE.

5.1.4. Slovensko

Uplatňování biopaliv započalo na Slovensku v roce 1996 a v roce 2002 bylo zastaveno, kdy nový zákon o spotřební dani již znemožňoval vrácení spotřební daně na biosložky a do roku 2006 nebyl realizován žádný program pro využití biopaliv či jiných obnovitelných zdrojů v dopravě. V roce 2006 byl novelizován zákon č. 98/2004 Sb. o spotřební dani z minerálního oleje, který osvobozuje od spotřební daně biosložky v množství maximálně 5 % obj. u FAME a 15 % obj. u přídatku ETBE.

Slovenská vláda schválila v roce 2005 Národní program rozvoje biopaliv, které vytvořilo ministerstvo hospodářství a ministerstvo zemědělství. Program využívá možností mísení paliv v souladu s jakostními normami pro automobilová paliva. Výroba bioetanolu na Slovensku používá jako vstupní suroviny nejčastěji kukuřici a obiloviny. Slovensko má dostatečné zdroje na pokrytí a zabezpečení produkce pro splnění Národního programu rozvoje biopaliv. [20]

5.2. Česká republika

Odhadovaná spotřeba motorových paliv v ČR se slučuje s prognózou Concawe, která byla vypracována v roce 2007. V období od roku 2007 do 2020 se očekává průměrný nárůst spotřeby u motorové nafty až o 3 % ročně a u automobilových benzínů se předpokládá jejich stagnace. Vozidla v ČR využívající alternativní palivo čítají asi 150 tisíc z celkového počtu 6,5 mil. Registrovaných vozidel z toho přibližně 120 tis spaluje jako palivo LPG. [29]

Pro úspěšné zavádění biopaliv je předpokladem bezproblémový provoz vozidel, která tato paliva používají. Proto by mělo Ministerstvo dopravy ČR provést analýzu a příslušné změny v právních předpisech v oblasti dopravy tak, aby byl umožněn provoz na pozemních komunikacích vozidlům upraveným pro pohon na biopaliva.

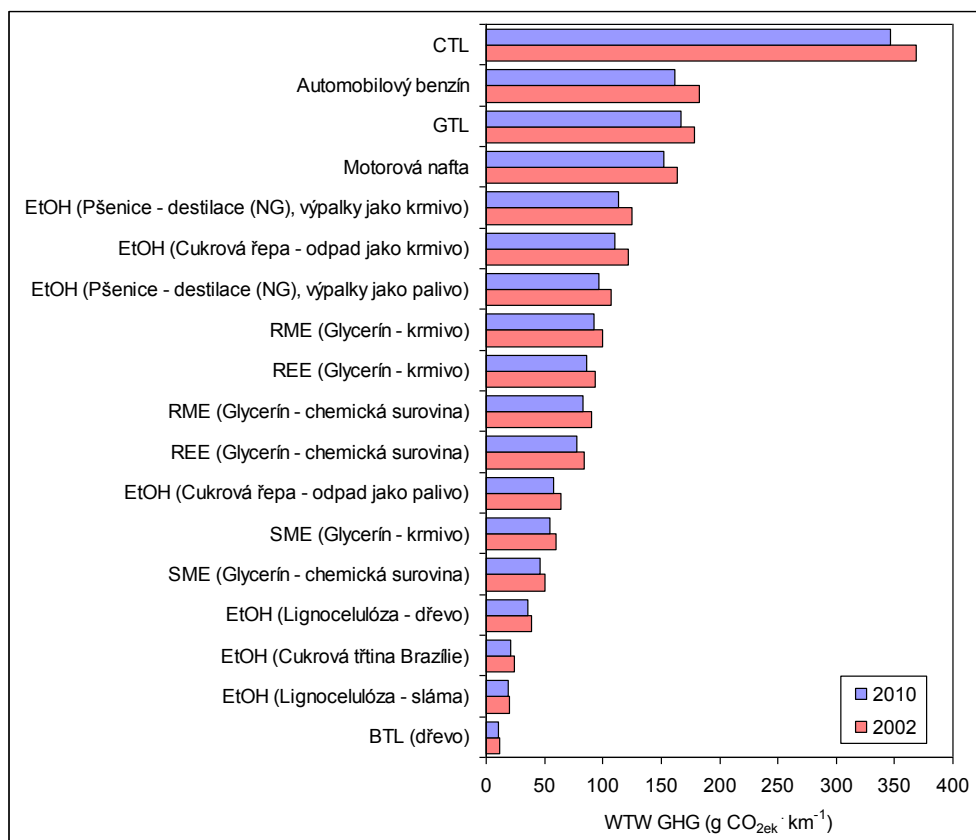
5.2.1. Snižování škodlivin v emisích výfukových plynů v letech 2015 - 2020.

Množství znečišťujících látek ve výfukových plynech CO, HC, NO_x a pevných částic vyplývá z předpisů EURO 3, 4 a EURO 5, 6. Dnešní motory tyto předpisy musí splnit pro jejich homologaci s použitím všech paliv, včetně čistých biopaliv a jejich vysokoprocenních směsí s palivy fosilními. Ve srovnání s benzinem podle ČSN EN 228 obsahují emise spáleného paliva E85 výrazně méně HC a NO_x zhruba o 5 – 25 %. Oproti benzínu má však E85 výraznější emise formaldehydu a acetaldehydu. Při hodnocení emisí u MEŘO/FAME a jejich směsí s motorovou naftou se dlouhodobě testují prakticky

všechny vyráběné vznětové motory. Částice ze vznětových motorů mohou zvyšovat riziko rakoviny plic u lidí, a proto se stanovuje zároveň i mutagenní potenciál pro posouzení možných karcinogenních účinků na zdraví. MEŘO/FAME znamená při použití v motoru značné snížení emisí CO, což je způsobeno kyslíkem v esterových vazbách. Dále způsobuje snížení uhlovodíků HC. Zvyšuje však emise NO_x při špatném načasování vstříku, což se snižuje používáním recirkulace plynů (EGR) nebo využitím močoviny (SCR – Ad Blue) jako omezovacího činidla. Výsledky těchto emisí musí být brány s určitou opatrností, neboť chyby při měření jsou relativně vysoké. Bionafta má pozitivní výsledky výfukových emisí a mutagenita MEŘO/FAME byla nižší než mutagenita fosilních paliv, což vede k nižším zdravotním rizikům.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3, biopaliva musí dle směrnice 2009/28/ES splňovat požadavky udržitelnosti. Pro prokázání splnění kritérií vznikla dovozcům a prodejcům pohonných hmot povinnost vydávat k jednotlivým dodávkám paliv nebo biomasy doklady potvrzující splnění kritérií udržitelnosti. Tyto osoby musí mít dle zákona o ochraně ovzduší příslušný certifikát. Zákon dále ukládá povinnost předkládat ministerstvu a příslušnému celnímu úřadu zprávu o emisích GHG. Od roku 2017 bude také nutné, aby paliva splňovala alespoň 50 % úsporu emisí GHG.

Obrázek 9: Emise GHG biopaliv v celém životním cyklu [29]



5.2.2. Zdroje biomasy pro výrobu biopaliv na období 2015 – 2020

Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020 (ABP) stanovuje maximální využití plochy pro nepotravinářské využití 1120 tisíc ha půdy při zajištění 100 % potravinové soběstačnosti. Scénář pro výrobu biopaliv počítá s celkovou půdou 380 tisíc ha a předpokládá cca 32 tisíc tun odpadních rostlinných a živočišných olejů a 100 tisíc tun biologicky rozložitelných odpadů.

Česká republika je v souladu se směrnicí 2009/28/ES schopna plně zajistit potravinovou soběstačnost a zároveň splnit cíle využívání biopaliv v dopravě. Pro výrobu biopaliv bylo použito asi 190 tisíc ha. v roce 2011, v roce 2012 tato plocha klesla na 172 tisíc ha, což představuje 5,4 % obhospodařované půdy v ČR. S ohledem na nepříznivé vlivy pěstování (např. půdní eroze) 1. generace biopaliv bude nutné uplatnit správné kontrolní mechanismy tak, aby byla zajištěna vyšší ochrana spodních vod a kvalita půdy. [28]

5.2.3. Dopady na státní rozpočet pro rok 2015 – 2020

Ve spotřebě biopaliv lze uvažovat mírný rostoucí trend především vysokoprocentních směsí a čistých biopaliv především E85 a v příštích letech také E95. Počet pracovníků spojený s výrobou produkcí a dodáváním biopaliv se pohybuje okolo 750 a v roce 2020 by měl tento počet narůst až na 870. Pracovníci v zemědělství podle ČSÚ čítají 108 814 zaměstnanců s plným úvazkem.

V roce 2012 – 2020 se předpokládá pěstování biomasy na 380 tisících ha zemědělské půdy. Pro každý následující rok byly stanoveny plochy zemědělské plochy použité pro pěstování biomasy a počet potřebných zaměstnanců na jednotku ploch. Dle těchto údajů za celé období od roku 2015 – 2020 by měla celková finanční výše podpory biopaliv dosáhnout 11 436 mil. Kč. [28]

6. Doporučení a závěr

Dnes je doprava nedílnou součástí každodenního života a vyžaduje velké objemy používání paliv, což má za následek zvyšování škodlivých emisí. Počet automobilů, ale i jiných prostředků spalujících fosilní paliva neustále přibývá, a tak je použití biopaliv jednou z možných alternativ jak tyto problémy vyřešit. Oproti jiným alternativním palivům se zatím bioetanol jeví jako velmi vhodná náhrada za fosilní paliva oproti např. vodíku, jehož výroba je v současné době velmi nákladná nebo elektromobilům, které mají vysokou pořizovací cenu a krátký dojezd. Snížení emisí CO₂ je výrazné zejména u druhé generace bioetanolu. Velké zastoupení má mezi vozidly FFV se zážehovými motory kde nepředstavuje jeho používání velký problém. Při použití ve vznětových motorech je třeba vhodných úprav pro jeho použití. Distribuce bioetanolu v ČR se neustále zlepšuje a tak bioetanol ve formě E85 natankujeme u čím dál více čerpacích stanic. Zemědělská produkce biomasy v ČR je schopna pokrýt spotřebu bioetanolu na našem území aniž by ohrozila produkci jiných zemědělských plodin, za to však může nepříznivě ovlivnit jejich cenu. Technologií pro výrobu bioetanolu je několik, vedle výroby z cukrů nebo škrobu se jako nejlepší jeví výroba z lignocelulózové biomasy, která je sice náročnější avšak v konečném důsledku vykazuje největší úsporu emisí skleníkových plynů a zároveň využívá odpadní materiály. Stále stoupající trend používání biopaliv bude mít velké dopady na životní prostředí a může pomoci zachovat dobré životní podmínky i pro příští generace.

Použitá literatura

- [1] A. C. Hansen, Q. Zhang a P. Lyne, „Ethanol - diesel fuel blends - a review,“ *Bioresource Technol.*, č. 96, pp. 277-285, 2005. ISSN: 0960-8524
- [2] M. Balat, „Global bio-fuel processing and production trends,“ *Energy Explor Exploit*, č. 96, pp. 277-285, 2007. ISSN: 0144-5987
- [3] P. Miler, J. Hromádko, J. Hromádko, V. Hönig a M. Cindr, „Technologie výroby biopaliv druhé generace,“ *Chem. Listy*, č. 104, pp. 784-790, 2010. ISSN: 0009-2770
- [4] A. Dufey, „Biofuels production, trade and sustainable development: emerging issues,“ v *Sustainable Markets Discussion Paper No. 2*, London, Zář 2006.
- [5] Y. Lin a S. Tanaka, „Ethanol fermentation from biomass resources: current state and prospects,“ *Applied Microbiology and Biotechnology*, č. 69, pp. 627-642, 2006. ISSN: 1432-0614
- [6] M. Vohra, J. Manwar, R. Manmode a S. Patil, „Bioethanol production: Feedstock and current technologies,“ *Journal of Environmental Chemical Engineering*, sv. 2, č. 1, pp. 534-584, 2014. ISSN: 2213 3437
- [7] S. Lee, J. Speight a S. Loyalka, „Ethanol from corn,“ *Handbook of Alternative Fuel Technologies*, CRC Press, pp. 323-341, 2007. ISBN: 978-14-665-9456-2
- [8] C. Cardona a Ó. Sánchez, „Fuel ethanol production: process design trends and integration opportunities,“ *Bioresource Technology*, č. 98, pp. 2415-2457, 2007. ISSN: 0960-8524
- [9] M. Guo, W. Song a J. Buhain, „Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective,“ *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, sv. 42, pp. 712-725, 2015. ISSN: 1364-0321
- [10] V. Vaněk, „Biopaliva druhé a třetí generace,“ 2012-06-20 [cit. 2015-02-13]. [Online]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>.
- [11] M. Balat, H. Balat a C. Öz, „Progress in bioethanol processing,“ *Progress in Energy and Combustion Science*, pp. 551-573, Zář 2008. ISSN: 0360-1285

- [12] Směrnice 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES, Lucemburk, 23. dubna 2009.
- [13] G. Šebor, M. Pospíšil a D. Maxa, „Využití kapalných biopaliv pro pohon motorových vozidel,“ *Chem. Listy*, č. 100, pp. 30-35, 2006. ISSN: 1213-7103
- [14] J. Laurin, „Uplatnění biopaliv k pohonu vozidlových motorů,“ 2007-01-05 [cit. 2015-02-16]. [Online]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2007/2007_015_01.pdf.
- [15] L. Dušek, Ministerstvo průmyslu a obchodu - výkaz Eng (MPO) 2013-12-06 [cit. 2015-02-18]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument147464.html>
- [16] O. Reinbergr, „Dlouhodobý výhled výroby bioetanolu v ČR,“ *Listy cukrov. řepař*, sv. VII, č. 124, pp. 200-202, 2008. ISSN: 1210-3306
- [17] O. Beran, „V tomto roce se na Zemi vyrobí už přes 88 miliard litrů bioethanolu,“ *Biom.cz*, 2011-02-28 [cit. 2015-02-17]. [Online]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/v-tomto-roce-se-na-zemi-vyrobi-uz-pres-88-miliard-litru-bioethanolu>. ISSN: 1801-2655.
- [18] A. K. Agarwal, „Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines,“ *Progress in Energy and Combustion Science*, sv. III, č. 33, pp. 233-271, 2007. ISSN: 0360-1285
- [19] V. Třebický, „Vlastnosti paliv s obsahem biosložek,“ v *Odpadové fórum 2008*, Milovy, 2008. 201-04-16 [cit. 2015-02-19]. Dostupné z: http://www.petroileum.cz/upload/aprochem2008_ap_04.pdf
- [20] G. Šebor, M. Pospíšil a J. Tákovec, „Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě. 1 část,“ Praha, 2006 [cit. 2015-02-20]. [Online]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/F2EF24EF-5E59-42C7-B6C7-A5508CE8F820/0/Technickoekonomicka_analyza_vhodnych_alternativnich_paliv_v_dopravecast_1.pdf.
- [21] SGS Czech republic s.r.o., „Využití bioetanolu v zážehových motorech,“ v *Nové pohonné hmoty pro dopravu*, Praha, 2012.
- [22] J. Hromádka, J. Hromádka, P. Miller, V. Höinig a P. Štěrbá, „Využití bioethanolu jako

paliva ve spalovacích motorech,“ Chemické listy, č. 2, pp. 122-128, 2011.
ISSN: 0009-2770.

- [23] J. Laurin, „Motory na paliva s kvasným lihem,“ 2006 [cit. 2015-02-20]. [Online].
Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2006/2006_102_01.pdf.
- [24] „Renault eco 2,“ autoblog.com, 2013-08-08 [cit. 2015-02-22]. [Online].
Dostupné z: <http://www.autoblog.com/photos/renault-eco/#image-11>.
- [25] J. Hromádko, Speciální spalovací motory a alternativní pohony, Praha: Nakladatelství Grada, 2012. ISBN: 978-80-247-4455-1
- [26] U. Larsen, T. Johansen a J. Schramm, „Ethanol as a Fuel for Road Transportation,“ v IEA Implementing Agreement Advanced Motor Fuels, Technical University of Denmark, Květen 2009.
- [27] J. Hromádko, J. Hromádko, P. Miller a P. Štěrbá, „Využití paliva E95 ve vznětových motorech,“ *Listy cukrovarnické a řepařské*, sv. 127, č. 2, pp. 63-66, 2011.
ISSN: 1210-3306.
- [28] „Víceletý program podpory dalšího uplatnění udržitelných biopaliv v dopravě,“ Ministerstvo zemědělství, Praha, 2014. [Online]. Available:
http://eagri.cz/public/web/file/327185/Vicelety_program_2014.pdf. [Přístup získán 7 Březen 2015].
- [29] „Víceletý program podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě,“ Biopalive frčí, 2011-05-24 [cit. 2015-03-07]. [Online]. Dostupné z: <http://biopalivafrci.cz/wp-content/uploads/ProgramUplatneniBiopalivDoprava.pdf>.

Seznam obrázků

<i>OBRÁZEK 1 POTENCIÁLNÍ SNÍŽENÍ PRODUKCE CO₂ BIOPALIV I. A II. GENERACE [3]</i>	6
<i>OBRÁZEK 2: VÝROBY BIOETANOLU Z JEDNODUCHÝCH CUKRŮ. [7]</i>	10
<i>OBRÁZEK 3: VÝROBA BIOETANOLU Z BIOMASY OBSAHUJÍCÍ ŠKROB [7]</i>	11
<i>OBRÁZEK 4: VÝROBA BIOETANOLU Z LIGNOCELULÓZOVÉ BIOMASY [7]</i>	13
<i>OBRÁZEK 5 ÚPRAVENÉ KOMPONENTY MOTORU RENAULT MEGANE [24]</i>	20
<i>OBRÁZEK 6: OTÁČKOVÉ CHARAKTERISTIKY MOTORU PŘI POUŽITÍ MOTOROVÉ NAFTY [27]</i>	23
<i>OBRÁZEK 7: OTÁČKOVÉ CHARAKTERISTIKY MOTORU PŘI POUŽITÍ PALIVA E95 [27]</i>	23
<i>OBRÁZEK 8: PRODUKCE MĚRNÝCH EMISÍ DLE PŘEDPISU EHK 96 [27]</i>	24
<i>OBRÁZEK 9: EMISE GHG BIOPALIV V CELÉM ŽIVOTNÍM CYKLU [29]</i>	27

Seznam tabulek

<i>TAB. 1 VYBRANÉ VLASTNOSTI ETANOLU A ETBE [20]</i>	7
<i>TAB. 2 VÝVOJ CELOSVĚTOVÉ PRODUKCE ETANOLU [17]</i>	8
<i>TAB. 3 DOMÁCÍ BILANCE BIOETANOLU</i>	9
<i>TAB. 4 SROVNÁNÍ VLASTNOSTÍ BIOETANOLU S BENZÍNEM A MOTOROVOU NAFTOU [18]</i>	15
<i>TAB. 5 ČERPAČÍ STANICE DISTRIBUJÍCÍ BIOPALIVA</i>	17

Seznam grafů

<i>GRAF 1 CELOSVĚTOVÁ PRODUKCE BIOETANOLU NA BIOPALIVA V MILIONECH LITRŮ [17]</i>	8
<i>GRAF 2: SROVNÁNÍ PRODUKCE A SPOTŘEBY BIOETANOLU V ČR</i>	9
<i>GRAF 3: NÁRŮST ČERPAČÍCH STANIC S PRODEJEM BIOPALIV</i>	17