



Výroba, legislativní a kvalitativní problematika při výrobě paliva E 85

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Jaroslav Peča**
Vedoucí práce: doc. Ing. Lubomír Moc, CSc.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jaroslav Peča**
Osobní číslo: **S12000163**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Výroba, legislativní a kvalitativní problematika při výrobě paliva E 85**
Zadávající katedra: **Katedra vozidel a motorů**

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

Vypracujte rešerši zaměřenou na problematiku související s výrobou a používáním paliva E 85 ve spalovacích motorech. V dílčích částech práce se zabývejte:

1. Legislativními podmínkami používání alternativních paliv ve spalovacích motorech (zejména obsahující složku ethylalkoholu), základními fyzikálními vlastnostmi jednotlivých alternativních paliv a historickým přehledem jejich využití v České republice.
2. Technologickými postupy výroby paliva E85, zejména výrobou ethylalkoholové složky a dalším zpracováním paliva.
3. Analyzujte vývoj spotřeby paliva E85, způsob distribuce paliva na čerpacích stanicích a další možnosti pro využití u stacionárních zdrojů energie.
4. Zhodnocením ekologických dopadů a ekonomických posouzením používání paliva E 85.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 stran textu a příloh

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Obecně www stránky s problematikou alternativní paliva a palivo E85.
- [2] Stránky www.petrol.cz.
- [3] HAVEL, J. *Analýza obnovitelných zdrojů energie v ČR*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. TUL, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů.

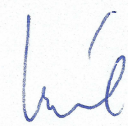
Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Lubomír Moc, CSc.**
Katedra vozidel a motorů

Datum zadání bakalářské práce: **6. března 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **6. června 2016**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Robert Voženílek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 6. března 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Anotace

Bakalářské práce se zabývá bioethanolem E85 a okrajově i dalšími biopalivy. U bioethanolu E85 je popsán výrobní postup ve společnosti Agroetanol TTD, a. s., výroba lihové složky z cukrové řepy a požadované kvalitativní parametry u paliva. Dále jsou popsány důvody používání biopaliv, legislativní podmínky a rozdíly použití bioethanolu E85 a benzínu ve spalovacím motoru. Cílem této bakalářské práce je objasnit nejčastější způsob výroby bioethanolu E85 v České republice.

Klíčová slova

Bioethanol E85, biopalivo, lfh, výroba

Annotation

This bachelor thesis is about bioethanol E85 and other biofuels. There are described production process of bioethanol E85, production of technical alcohol base from sugar beet and needed parameters of fuel quality. There are described reasons for using, legislation and differences use bioethanol E85 and gasoline in combustion engine. The aim of this thesis is explanation the most frequent way of production bioethanol E85 in Czech republic.

Key words

Bioethanol E85, biofuel, technical alcohol, production

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Lubomíru Mocovi, CSc. za odborné vedení a řadu cenných rad při tvorbě mé bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat pracovníkům Agroetanol TTD, a. s. a zejména Ing. Václavu Černému, technologovi lihovaru Dobrovice, za návrh tématu bakalářské práce a mnoho informací ohledně řešené problematiky.

Obsah

Prohlášení	4
Anotace a klíčová slova	5
Poděkování	6
Úvod	9
1. Spalování fosilních paliv	10
1.1 Problematika fosilních paliv	10
1.2 Produkce škodlivých emisí	13
1.3 Kjótský protokol	17
2. Biopaliva	19
2.1 Biopaliva a jejich dělení	19
2.2 Důvody vzniku biopaliv	20
2.3 Historie biopaliv	21
2.4 Legislativa biopaliv	24
2.4.1 Legislativa v Evropské unii	24
2.4.2 Legislativa v České republice	26
2.5 Stručná charakteristika nejdůležitějších biopaliv (kromě bioethanolu)	27
3. Bioethanol E85	30
3.1 Účel a složení bioethanolu E85	30
3.2 Benzín pro výrobu bioethanolu E85	30
3.2.1 Oktanové číslo benzínu	30
3.2.2 Výrobní aditiva v benzínu	31
3.2.3 Požadavky na kvalitu benzínu	33
3.3 Lihová složka bioethanolu E85	34
3.3.1 Suroviny pro výrobu lihu	34
3.4 Výroba bioethanolu E85 v Agroetanol TTD, a. s.	35
3.4.1 Výrobní linka bioethanolu E85 v Agroetanol TTD, a. s.	35

3.4.2 Výroba bezvodého lihu v Agroetanol TTD, a. s.	36
3.4.3 Kontrola kvality v Agroetanol TTD, a. s.	43
3.4.4 Skladování a expedice bezvodého lihu v Agroetanol TTD, a. s.	45
3.5 Bioethanol E85 na čerpacích stanicích	45
3.6 Požadavky na kvalitu bioethanolu E85.....	47
3.6.1 Oktanové číslo bioethanolu E85	47
3.6.2 Citlivost na vodu	47
3.6.3 Požadavky na těkavost	48
3.7 Rozdíly ve spalování bioethanolu E85 a benzínu	48
3.7.1 Test neupraveného motoru provozovaného na bioethanol E85	49
3.8 Budoucnost bioethanolu E85	51
4. Další alternativní pohony	53
4.1 Elektrický pohon.....	53
4.2 Pohon na palivové články	54
4.3 Hybridní pohon	55
4.4 Pohon na plynné palivo	55
4.5 Pohon na solární energii	57
5. Závěr	58
Seznam symbolů a zkratk	60
Seznam použité literatury	61

Úvod

Fosilní paliva jsou dnes nejvyužívanějším typem paliv pro motorová vozidla, zejména benzín a nafta. Zásoby těchto vyčerpatelných zdrojů energie ubývají a je nutné se rozmyslet, jak je za několik desítek let nahradíme. Jednou z cest by mohla být biopaliva.

Tato bakalářská práce se zabývá palivem E85 také nazývaným bioethanol popř. bioethanol E85. Ve stručnosti zmiňuje také další častěji využívaná biopaliva. Pro přehled o současné situaci jsou vyjmenována a stručně charakterizována používaná fosilní paliva, produkované emise jejich spalováním a důležitá světová a evropská ustanovení upravující množství vypouštěných skleníkových plynů. Kvót určených těmito dokumenty je možné dosáhnout větším využíváním již zmíněných biopaliv.

Téma této bakalářské práce bylo navrženo Agroetanol TTD, a. s. a zpracování bakalářské práce proběhlo ve spolupráci s lihovarem v Dobrovici. Největší pozornost je věnována výrobě paliva E85 z cukrové řepy. Jsou zde uvedeny postupy výroby z difuzní šťávy a z melasy, kvalitativní požadavky sledované během výrobního cyklu a způsob expedice k čerpacím stanicích.

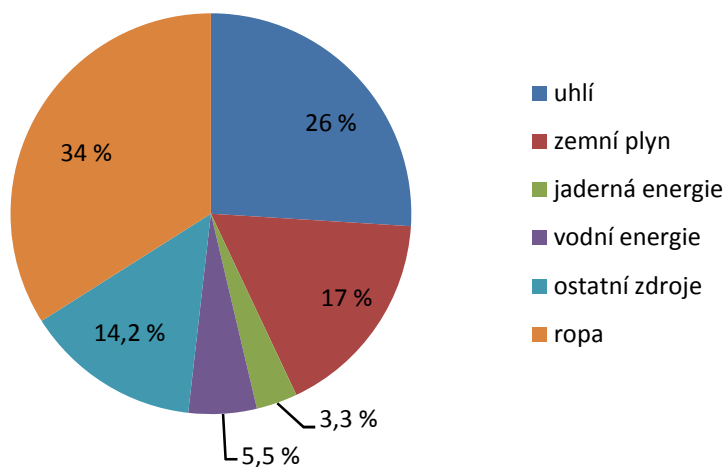
Pro vypracování této bakalářské práce byly použity převážně internetové stránky zabývající se problematikou biopaliv a příslušných témat. Dále byly použity informace ze společnosti Agroetanol TTD, a .s. týkající se výrobního postupu společně s ukázkou výrobní linky lihovaru. Informace byly také čerpány z několika evropských norem zaměřených na emise výfukových plynů vozidel a poznatky získané studiem.

1. Spalování fosilních paliv

1.1 Problematika fosilních paliv

Fosilní paliva jsou neobnovitelné zdroje energie, nerostné suroviny staré až několik stovek milionů let. Neobnovitelné je nazýváme z toho důvodu, že nemají schopnost obnovy. V současné době jsou těžena mnohem větší rychlostí než se v přírodě vytváří, tudíž jejich zásoby ubývají. Název fosilní je odvozen od slova fosílie, tj. pojmenování pro odumřelá těla živočichů a rostlin z doby prvohor až třetihor. Fosilní paliva vznikají jejich rozkladem. Z velké části jsou tvořeny uhlíkem, jehož sloučeniny se bez přístupu kyslíku nemohly kompletně rozložit. [1], [2], [3]

Nejdůležitějšími fosilními palivy jsou ropa, dále pak zemní plyn a uhlí. Těmito palivy je tvořena většina zdrojů energie. Jejich procentuální podíl je uveden na **Obr. 1.1**. [3]



Obr. 1.1 Podíl jednotlivých zdrojů energie na celosvětové spotřebě energie [3]

Ropa

V současné době představuje ropa největší zdroj energie využívaný téměř ve všech odvětvích lidské společnosti. Ropa je hnědá až nazelenalá hořlavá kapalina složená z následujících prvků přibližně o těchto hmotnostních podílech: uhlík 84 – 87 %, vodík 11 – 14 %, kyslík až 1 %, síra až 4 %, dusík až 1 %. [3]

Základní rozdělení ropy se provádí pomocí hustoty do třech typů: lehká ropa v rozmezí hustoty $0,6 - 0,85 \text{ g/cm}^3$, středně těžká ropa $0,85 - 0,93 \text{ g/cm}^3$ a velmi těžká ropa $0,93$ a více g/cm^3 . Pro měření objemu ropy se nejčastěji používá míry $1 \text{ barel} = 158,98 \text{ litrů}$. Hmotnost jednoho barelu ropy se tedy pohybuje mezi 96 a 167 kg .

S postupem času se poptávka po ropě stále zvyšuje. To vede ke zmenšování zásob. Zvýšená poptávka je způsobena zejména vzrůstajícím odbytem v rozvojových zemích. Avšak dle některých odborníků není situace tak vážná. Podle těchto hlasů jsou ověřené zásoby ropy pouze třetinou veškerých zásob. V současné době jsou testovány a zdokonalovány nové metody těžby ropy například chemickým zaplavováním. Tato metoda byla vyvinuta již v 90. letech, ale dnes se pracuje na vývoji nové a především levnější chemikálie využitelné pro tento proces těžby. Další metodou jsou podzemní výbuchy. Pomocí výbuchu dojde rozvolnění horniny a tím k možnosti lepšímu tečení ropy k čerpacímu vrtu.

Průměrná denní spotřeba ropy ve světě byla v roce 2014 přibližně 90 milionů barelů. Největší spotřebu v roce 2014 měly Spojené státy americké, a to cca 20 % celkové světové spotřeby. [3, 4]

Uhlí

Dalším významným zdrojem energie je uhlí. Uhlí je hnědo-černá hořlavá hornina vzniklá v průběhu desítek až stovek milionů let složitými anaerobními procesy za působení vysokých tlaků. Je tvořeno převážně ze stromové přesličky, plavuně, kapradiny, u hnědého uhlí dále také jehličnatými a listnatými stromy, které se pozvolným uhelnatěním v močálech přeměňovali na uhelnatou horninu. Výsledkem tohoto procesu je složení z uhlíku, vodíku, síry a radioaktivního uranu a thoria.

Uhlí lze rozdělit do 5 typů: lignit, hnědé, hnědo-černé, černé a antracit. Lignit je nejméně kvalitní typ uhlí, někdy bývá taky označováno jako hnědé uhlí. Využívá se výhradně jako palivo pro výrobu elektřiny a technologického tepla. Je z období třetihor. Druhý typ – hnědé uhlí je používám pro vytápění domácností a k výrobě elektřiny a tepla. Dalším typem je uhlí hnědo-černé. Už z názvu vyplývá, že vlastnostmi je tento typ mezi hnědým a černým uhlí. Jeho využití je k výrobě elektřiny, tepla a chemickou výrobu. Druhý nejkvalitnější typ je uhlí černé. Černé uhlí pochází z období prvohor až druhohor. Tento typ je starší než hnědé uhlí a z toho vyplývá dokonalejší zuhelnatění a jeho vyšší hustota a lepší

vlastnosti. Nejlepším uhlí je typu antracit. Toto uhlí se využívá především pro vytápění a výrobu chemikálií. [3], [5]

Země	Produkce (mil. tun)	Země	Spotřeba (mil. tun)
Čína	3560,7	Čína	3880
Spojené státy americké	904	Spojené státy americké	772,3
Indie	612,8	Indie	746,6
Indonésie	488,6	Japonsko	195,5
Austrálie	459,3	Jihoafrická republika	183,3

Tabulka 1 Největší producenti a spotřebitelé černého uhlí v roce 2013 [6]

Zemní plyn

Dalším fosilním palivem je zemní plyn. Jedná se o hořlavý plyn, který se skládá zejména z metanu (obvykle přes 90 %) a z etanu (1 až 6 %). Ale složení zemního plynu je závislé na způsobu jeho vzniku a místě těžby. Nachází se v podzemí buď samostatně, nebo společně s ropou či černým uhlím. Díky jeho složení převážně z metanu vzniká při jeho spalování v porovnání s ropou a černým uhlím nejméně oxidu uhličitého (CO₂). Vznik zemního plynu lze popsat pomocí dvou „cest“. První – organickou cestou se dá nazvat vznikání zemního plynu současně se vznikem ropy nebo černého uhlí při rozkladu živočišných a rostlinných zbytků bez přístupu kyslíku. Druhá cesta vzniku je souběhem a řetězením reakcí při působení na anorganické látky.

V automobilovém průmyslu se zemní plyn používá jako pohonné palivo ve stlačené formě (CNG) nebo zkapalněné podobě (LNG). Protože je zemní plyn škodlivý pro lidský organismus a ve své původní těžené podobě je bez zápachu, provádí se tzv. odorizace. Tento proces spočívá v přidání ostře páchnoucích látek do plynu a tím je umožněno čichové zjištění zemního plynu ve vzduchu. [3], [7], [8]

Zásoby fosilních paliv

Zásoby těchto paliv jsou těžko odhadnutelné a jsou závislé na vývoji nových a především levnějších těžebních metod. Tím se posunuje hranice ekonomické výhodnosti mezi ziskem z prodeje a náklady na těžbu.

Zásoby ropy jsou odhadovány na 50 – 100 let, pro uhlí na 100 – 150 let a nejdéle u zemního plynu až na 200 let. [3]

1.2 Produkce škodlivých emisí

Emise výfukových plynů jsou dalším důvodem, který společnost vede k hledání alternativních paliv a pohonů. Emise jsou látky znečišťující ovzduší. Vznikají nedokonalým spalováním směsi paliva a vzduchu ve spalovacích motorech vozidel.

První zákon v České republice o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami byl zákon č. 86/2002 Sb. dále postupně novelizovaný. V současné době platí zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, a navazující prováděcí předpisy a směrnice. Jejich účelem je ochrana ovzduší před vnášením znečišťujících látek, dále omezení příčin a následků znečišťování a zlepšování kvality ovzduší. Uvedenými zákony a vyhláškami jsou dány povinnosti pro odpovědné osoby za zdroje znečištění, kompetence orgánů činných v ochraně ovzduší, způsob a hodnocení znečišťování a z něj vyplývající poplatky a sankce za nedodržení emisních limitů. Míru znečišťování hodnotíme pomocí tří kritérií, a sice emisního, imisního a depozičního limitu. [10]

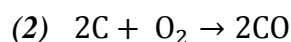
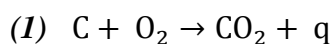
Emisní limit je označení pro největší přípustné množství znečišťující látky vypouštěné do ovzduší zdrojem znečišťování. Vyjádřen může být jako koncentrace emisí v odpadních plynech, hmotnostní tok znečišťujících látek, hmotnostní množství těchto látek vztažené na jednotku produkce nebo stupeň znečišťování ovzduší způsobovaný tímto zdrojem (tmavost kouře). Imisní limit je hodnota nejvýše přípustné hmotnostní koncentrace znečišťující látky obsažené v ovzduší. Depoziční limit je nejvyšší přípustné množství emisí usazené po dopadu na jednotku plochy zemského povrchu za jednotku času. Při překročení emisního limitu se příslušným státním úřadům odvádí úplata. Podle množství emisí je to jen základní sazba nebo následně ještě navýšení o tzv. přírážku. [11]

Hlavní orgán, který dohlíží na emisní politiku je Divize Oddělení ochrany ovzduší České inspekce životního prostředí (ČIŽP). Je zřízena jako odborný orgán ministerstva životního prostředí, který je pověřen dozorem nad respektováním právních předpisů. [12]

Mezi základní produkované škodliviny spalovacími motory patří oxid uhelnatý, oxidy dusíku, nespálené uhlovodíky a pevné částice.

Oxid uhelnatý

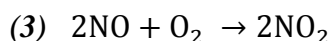
Tento bezbarvý plyn je bez chuti a bez zápachu, je nepatrně lehčí než vzduch, ale se vzduchem se mísí. Pro lidský organismus je prudce jedovatý. Oxid uhelnatý vzniká při nedokonalém spalování materiálů s obsahem uhlíku u vozidlových motorů s vnitřním spalování, ale i v pecích, kotlích a dalších topných zařízeních. Mezi hlavní příčiny vzniku oxidu uhelnatého patří: nevhodné technické uspořádání spalování, zanesené přívody vzduchu či paliva a netěsné výměníky tepla v pecích. Výsledkem těchto omezení je nedosažení dostatečně vysoké teploty nutné pro spalování popřípadě krátký čas ve spalovací komoře nebo nedostatek kyslíku. Tím nedojde k reakci pro dokonalé spalování (1), ale k procesu nedokonalého spalování (2).



Nebezpečí oxidu uhelnatého pro lidský organismus vychází hlavně z jeho již zmíněných vlastností, že se jedná o bezbarvý plyn bez chuti a bez zápachu. Jeho další nepříjemnou vlastností je silná affinita vzhledem k železu. Železo je obsaženo v hemoglobinu. Hemoglobin je červené krevní barvivo, které zajišťuje transport kyslíku z plic do krevního oběhu. Oxid uhelnatý se naváže na železo v hemoglobinu a spolu s ním vytvoří pevný karboxyhemoglobin. Ten je až 200krát silněji navázán na krevní barvivo než kyslík a kyslík samotný se potom nemůže transportovat do tkání. Tím dochází k poškození orgánů vlivem nedostatku kyslíku, i když ten samotný může být vdechován v dostatečném množství. Další negativní účinek oxidu uhelnatého je podíl na vzniku fotochemického (letního) smogu. Ten způsobuje mimo jiné pálení očí, bolesti hlavy a poškození flory. [3], [9], [13], [14], [15]

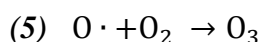
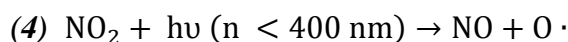
Oxidy dusíku

Dusík je bezbarvý plyn, bez zápachu a bez chuti. Je hlavní složkou vzduchu, kde je zastoupen 78% objemu. V emisích se dusík vyskytuje hlavně ve dvou sloučeninách, a to jako oxid dusnatý nebo oxid dusičitý. Oxid dusnatý je pro živý organismus jen nízce škodlivý. Avšak, když se oxid dusnatý přemění na oxid dusičitý, jeho škodlivost mnohonásobně stoupne. Právě tato přeměna je vyjádřena v rovnici (3). Protože tato reakce probíhá snadno a obtížně lze určit, kterou sloučeninu dusík právě tvoří, tak oxidy dusíku značíme obecně NO_x , a tímto označením je myšlen jak oxid dusnatý, tak oxid dusičitý.



Oxid dusičitý je červenohnědý, agresivní a prudce jedovatý plyn. Tato látka dráždí dýchací systém a snižuje jeho imunitu. Při jeho dlouhodobějším působení na lidský organismus a zejména na dýchací cesty dochází k zvýšenému výskytu onemocnění dýchacích cest, astmatických potíží a alergií. Při vdechování oxidu dusičitého se na stěnách sliznice vytváří kyselina dusičná. Na vdechování této kyseliny dýchací soustava reaguje přivřením přístupu vzduchu do plic. Nastává pocit dušení a nucení ke kašli. To vše již při nízkých koncentracích a krátkých časech působení.

S oxidy dusíky ještě souvisí ozón. Ten vzniká fotolýzou oxidu dusičitého. Tato reakce je popsána rovnicí (4). Průběh fotolýzy spočívá v tom, že na oxid uhličitý dopadají paprsky o vlnové délce menší než 400 nm, a tím sloučeninu rozkládají na oxid dusnatý a volný radikál kyslíku. Tento radikál, jak už z názvu vyplývá, je vysoce reaktivní a spolu s molekulou kyslíku vytváří ozón, viz (5). Ten je pro lidský organismus jedovatý. Při normálních podmínkách se nachází ve výšce 11 – 50 km od zemského povrchu. Ozón je mimořádné oxidační činidlo a může reagovat téměř se všemi biologickými látkami. V lidském organismu napadá dýchací cesty a oči, v přírodě poškozují flóru i faunu, ale má negativní účinky i na plasty a gumu. [16], [17], [31]



Oxidy síry

Síra je nekovový chemický prvek žluté barvy. Síra se nejvíce vyskytuje ve znečišťujících látkách jako oxid siřičitý a oxid sírový. Výskyt těchto sloučenin v emisích je dán obsahem síry v motorové naftě, tudíž jsou produkovány pouze vznětovými motory. Avšak je obsah síry v motorové naftě velmi nízký (dle normy ČSN EN 590 musí být do 10 ppm) a neustále se snižuje, jsou i emise vzniklé oxidy síry oproti ostatním prvkům zanedbatelné. [18], [19]

Nespálené uhlovodíky

Jedná se o směsi různých skupin uhlovodíků, které jsou produktem nedokonalého spalování paliva se vzduchem. Do oxidačního procesu (spalování) vstupují jako palivo nebo vznikají až v jeho průběhu. Vznikají v místech s nízkou teplotou plamene. Jsou to místa u stěn válců, která jsou ochlazována a tím dochází ke zpomalování chemických reakcí. Potom vznikají jako meziprodukty oxidace původní molekuly škodliviny zvané nespálené uhlovodíky.

Škodlivost nespálených uhlovodíků závisí na složení a na stupni uskutečněné oxidace. Za nejnebezpečnější jsou považovány polycyklické aromatické uhlovodíky. Jejich škodlivost je znásobená zachycením na dalších škodlivinách – a pevných částicích a vdechováním se do organismu dostávají velmi nebezpečné látky. Nejznámější polycyklický aromatický uhlovodík je benzopyren, u kterého byly karcinogenní účinky prokázány nejdříve. Tento uhlovodík je také používám jako etalon pro srovnávání škodlivosti všech polycyklických aromatických uhlovodíků. [3], [20], [21]

Pevné částice

Jsou to částice složené z uhlíku a malého množství síry, dusíku, vody a další složek. Pevné částice vznikají převážně u vznětových motorů. Jejich množství je závislé na typu vznětového motoru a na dodatečných zařízeních, například filtru pevných částic. Jádro částice je tvořeno z pevného uhlíku a popelu. Na jádro částice se přichytávají další, již jmenované, složky, z nichž se pevné částice skládají.

Pevné částice se ovzduší nacházejí v různých velikostech. Velké částice jsou zachyceny polykáním nebo v horních cestách dýchacích. Ale menší částice se mohou dostat až do plic, zejména částice menší než 0,1 μm . Tyto částice mohou být odstraněny při čištění plicních sklípků, ale mohou pokračovat dále až do krevního oběhu. Pevné částice mohou v krátkodobém kontaktu způsobovat podráždění očí, jícnu, průdušek a dýchací potíže. V dlouhodobějším časovém horizontu se mohou projevovat záněty a negativním dopadem na plíce. Více než 90% pevných částic může být ultra malých, což znamená, že jsou menší než 0,1 μm . Vyskytují se jí částice menší než 50 nm.

Byla odhadnuta tzv. referenční hodnota koncentrace, která nezpůsobuje karcinogenní efekt. Tato hodnota je 0,5 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. [3], [21]

Podle EURO 6 je mezní hodnota 6 . 10¹¹ vylučovaných pevných částic na kilometr s hmotností 5 mg/km event. dle revidované metody měření 4,5 mg/km pro vznětové a zážehové motory s přímým vstřikováním paliva. [46]

1.3 Kjótský protokol

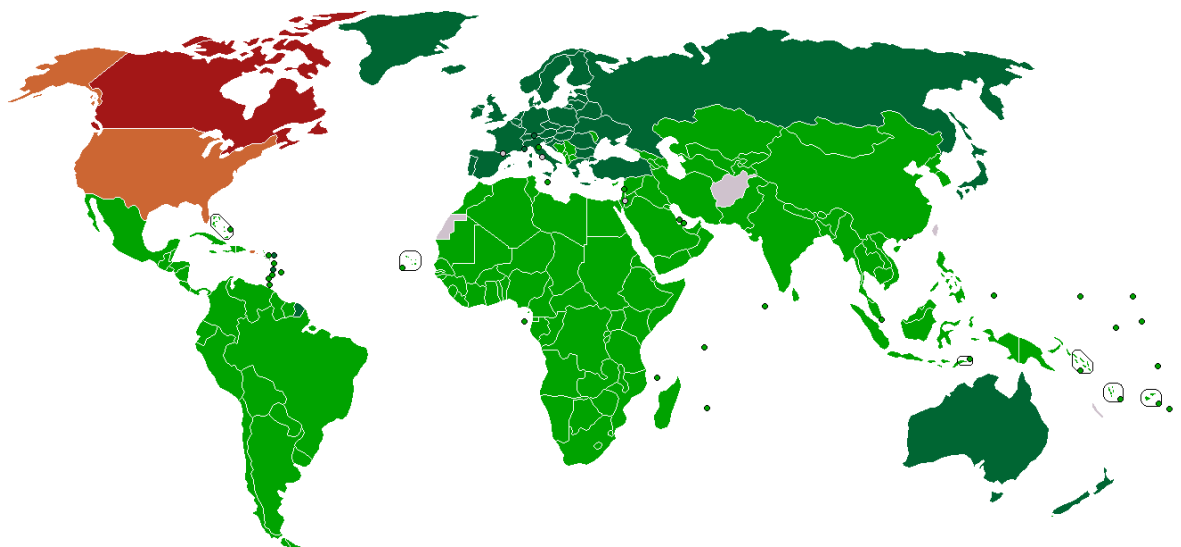
Celý název zní: Kjótský protokol k rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu. Protokol byl přijat na Třetí konferenci smluvních stran v prosinci roku 1997 v japonském městě Kjóto. Skládá se z preambule, 28 článků a 2 příloh. V tomto dokumentu se průmyslové země zavázaly snížit emise skleníkových plynů průměrně o 5,2 % v časovém období 2008 až 2012 v porovnání se stavem v roce 1990. V prosinci 2012 bylo na Osmnácté konferenci smluvních stran v Dauhá v Kataru schváleno pokračování Kjótského protokolu v období 2013 až 2020 s novým závazkem, a to snížit produkce emisí skleníkových plynů nejméně o 18 % vzhledem ke stavu v roce 1990. Evropská unie a jejích 27 členských států zavázaly, že sníží emise skleníkových plynů o 20 %. Tento cíl je formulován v předpisech EU v tzv. klimaticko-energetickém balíčku z roku 2009.

Českou republikou byl Kjótský protokol podepsán 28. 11. 1998 na základě usnesení vlády č.669/1998 a ratifikován 15. 11. 2001. Česká republika a další evropské státy se zavázaly snížit své emise skleníkových plynů o 8 %.

Protokolem sledované skleníkové plyny jsou oxid uhličitý, metan, oxid dusný, fluorované uhlovodíky a fluorid sírový. Podíl těchto prvků na globální oteplování se přepočítává na potenciál globálního ohřevu. Tento přepočet vyjadřuje kolikrát větší účinek

na životní prostředí má daný skleníkový plyn než oxid uhličitý. Pro oxid uhličitý je tento koeficient 1, pro metan 21, pro oxid dusný 310, pro fluorid sírový 23900. U zbylé sloučeniny toto číslo závisí na přesném složení. Největší vliv má oxid uhličitý i přes mnohonásobně vyšší skleníkové účinky ostatních sloučenin. Je to způsobeno kvůli jeho velkému produkovanému množství.

Kjótský protokol dosud ratifikovalo, to jest hodlá dodržet jím dané závazky, více než 160 států světa. Ke státům, které toto odmítly, patří Spojené státy americké a Monako. U několika dalších států není znám postoj nebo žádají o jisté výjimky. [22], [23], [24]



Obr. 1.2 Mapa států s jejich postoji k Kjótskému protokolu

světle zelená	-	ratifikovaly
tmavě zelená	-	ratifikovaly i dodatky I a II
hnědá	-	podepsaly, ale odmítly ratifikovat
červená	-	odstoupily v roce 2011 (Kanada)
šedá	-	nepodepsaly, není znám postoj [22]

2. Biopaliva

2.1 Co jsou to biopaliva a jejich dělení

Biopaliva jsou v dnešní době velice diskutovaným zdrojem energie. Jedná se o skupinu alternativních paliv využívaných pro pohon spalovacích motorů. Název biopalivo resp. předpona bio pochází z řeckého slova bios, což znamená život. Tudíž ve volném překladu slovo biopalivo znamená palivo pocházející z živé přírody.

Pro dělení biopaliv se používají dvě základní rozdělení. Lze je rozdělovat podle skupenství nebo podle generace.

Dělení podle skupenství: tuhá biopaliva
 kapalná biopaliva
 plynná biopaliva

Dělení podle generací: biopaliva 1. generace
 biopaliva 2. generace
 biopaliva 3. generace

Rozlišení biopaliv podle generací je dáno především použitou vstupní surovinou. Biopalivy 1. generace nazýváme ta biopaliva, u nichž jsou vstupní surovinou plodiny používané hlavně pro výrobu potravin. Z tohoto faktu plyne hlavní nevýhoda této skupiny biopaliv, což je podíl na zvyšování cen potravin. Tento dopad je způsoben zabíráním půdy využitelné pro pěstování potravin. Nejpoužívanějšími plodinami 1. generace jsou kukuřice, cukrová řepa a cukrová třtina, v našich podmínkách je to řepka olejka. Z nich se relativně jednoduchým postupem získávají směsi cukrů, škrobů a olejů a ty se dále zpracovávají.

Vstupní surovinou pro biopaliva 2. generace jsou nepotravinářské plodiny a nepoživatelné části potravinářských plodin. Tím odpadá hlavní nevýhoda biopaliv 1. generace, tj. zvyšování cen potravin. Další výhodou biopaliv 2. generace je množství vstupní suroviny vyskytující se na zemi. Vhodnými surovinami jsou např.: dřevo, dřevní odpad, sláma, rychle rostoucí traviny, použitý papír a biologický odpad. Avšak problémem u těchto surovin je obtížné získávání jednodušších cukrů pro další zpracování.

V dnešní době se začíná rozvíjet myšlenka realizace paliv 3. generace. V tomto případě jsou vstupní surovinou řasy a mikroorganismy. Podstatou této skupiny biopaliv je

produkce biopaliva z řasy srovnatelného s konvenční surovou ropou. V první části procesu řasy změny svou strukturu tak, aby byly schopné produkovat uhlovodíky. Pro zrychlení produkce se používá oxid uhličitý. Po dodání oxidu uhličitého rostou zelené řasy velmi rychle a pokud se je podaří přeměnit na biopalivo, tak mají až stonásobně větší výnosnost než cukrová třtina či kukuřice. V další etapě se surová ropa z řas zpracuje v existujících rafinériích, ve stejných, které se používají pro klasicky získanou ropu. Rafinací se vyrábějí stejné produkty jako při rafinování „běžné“ ropy, tj. benzín, nafta a letecké palivo.

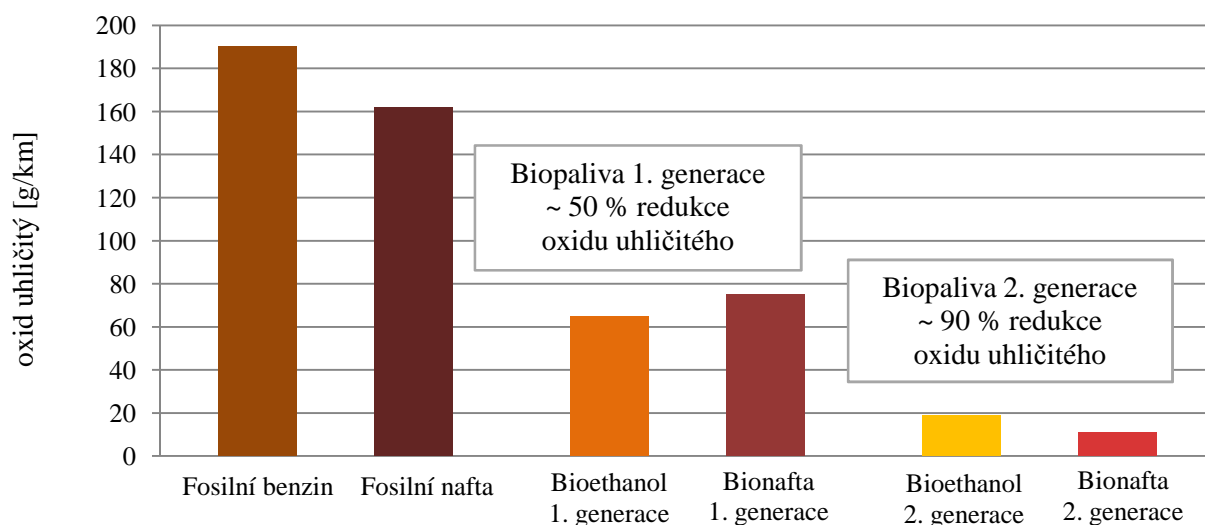
Hlavním technologickým problémem biopaliv 3. generace je, že se nedaří přeměna řas na základní cukry a dále na „zelenou“ surovinu vhodnou pro výrobu paliv. Realizace této skupiny biopaliv si vyžádá ještě asi 10 let vývoje a hlavně dostatku finanční podpory a dále vhodné technické a technologické zázemí. [3], [25], [26]

2.2 Důvody vzniku biopaliv

Hlavní důvodem vzniku je zmenšení objemu oxidu uhličitého vypouštěného do ovzduší. Tohoto cíle lze dosáhnout díky probíhajícímu procesu fotosyntézy. Při fotosyntéze je mimo jiné oxid uhličitý přeměňován kyslík. Z tohoto vychází hlavní myšlenka biopaliv. Rostlina během svého života ze vzduchu spotřebovává oxid uhličitý. A využitím této rostliny jako suroviny pro biopalivo je zajištěno, že rostlina spotřebovala ze vzduchu právě ten plyn, který je později uvolňován zpět do ovzduší při spalování biopaliva. Z takto popsaného jevu by vyplývalo, že produkce oxidu uhličitého by byla téměř nulová. To ovšem pouze v případě ideálního průběhu. V praxi jsou během procesu výroby biopaliva určité energetické výdaje. O rostlinnou surovinu je nutné pečovat a dále samotný proces přeměny rostliny na biopalivo je také energeticky náročný. Při všech těchto činnostech jsou vylučovány emise a mezi nimi i oxid uhličitý. A tato skutečnost je velkým tématem pro diskuzi o přínosnosti biopaliv a skutečnému snížení produkce oxidu uhličitého jejich výrobou a používáním. Srovnání fosilních paliv a biopaliv 1. a 2. generace s ohledem na produkci oxidu uhličitého při spalování je uvedeno na **Obr. 2.1**.

Další důvody vedoucí k zavádění biopaliv jsou: jejich obnovitelnost, snížení závislosti na dovážené ropě a vytvoření nových pracovních míst při pěstování suroviny. Biopaliva patří mezi obnovitelné zdroje energie. Obnovitelné zdroje energie jsou zdroje, jejichž zásoba vystačuje na srovnatelně dlouhý časový úsek, po jaký jsou využívána. To je velká výhoda oproti fosilním palivům. Dalším přínosem je snížení závislosti na importované ropě. To je

způsobeno tím, že se biopaliva vyrábějí z plodin, které lze pěstovat téměř kdekoli v mírném podnebí, je energie mnohem lépe dostupná. Rozšířením pěstování plodin stoupá využití zemědělské půdy a i nová pracovní místa v resortu zemědělství a lesnictví. [3]



Obr. 2.1 Potenciál snížení emisí oxidu uhličité biopalivy první a druhé generace [3]

2.3 Historie biopaliv

Málo známým faktem je, že první automobily nepoužívaly jako palivo deriváty ropy, ale právě paliva vyrobená ze zemědělských plodin. Jako jeden z prvních představil roku 1898 Rudolf Diesel svůj vysokotlaký spalovací pístový motor, který byl poháněn olejem z burských oříšků. Od té chvíle se tento typ motoru nazývá podle konstruktéra Dieselův motor nebo jednoduše diesel. Rostlinný olej byl jako palivo používá až do roku 1920. Další velmi známým konstruktérem, který jako palivo použil produkt ze zemědělské plodiny, byl Henry Ford. V tomto případě byl jako palivo použit ethanol z kukuřice. [27], [28], [29]

Opětovné rozšíření biopaliv nastalo během meziválečného období. Evropské země neměly přístup k ropným ložiskům až na výjimky ve svých mimoevropských koloniích. Kvůli tomuto nedostatku v zásobování důležitou surovinou byly nuceny zajistit si energii z jiného zdroje. A vzhledem k nadvýrobě v zemědělské výrobě byla produkce biopaliv vhodným řešením. Už v té době byl ze zemědělských plodin vyráběn líh a tak se změnilo jen jeho využití. Začal se používat jako palivo pro spalovací motory a líh zvaný bioethanol se stal jedním z prvních biopaliv přesněji agropaliv.

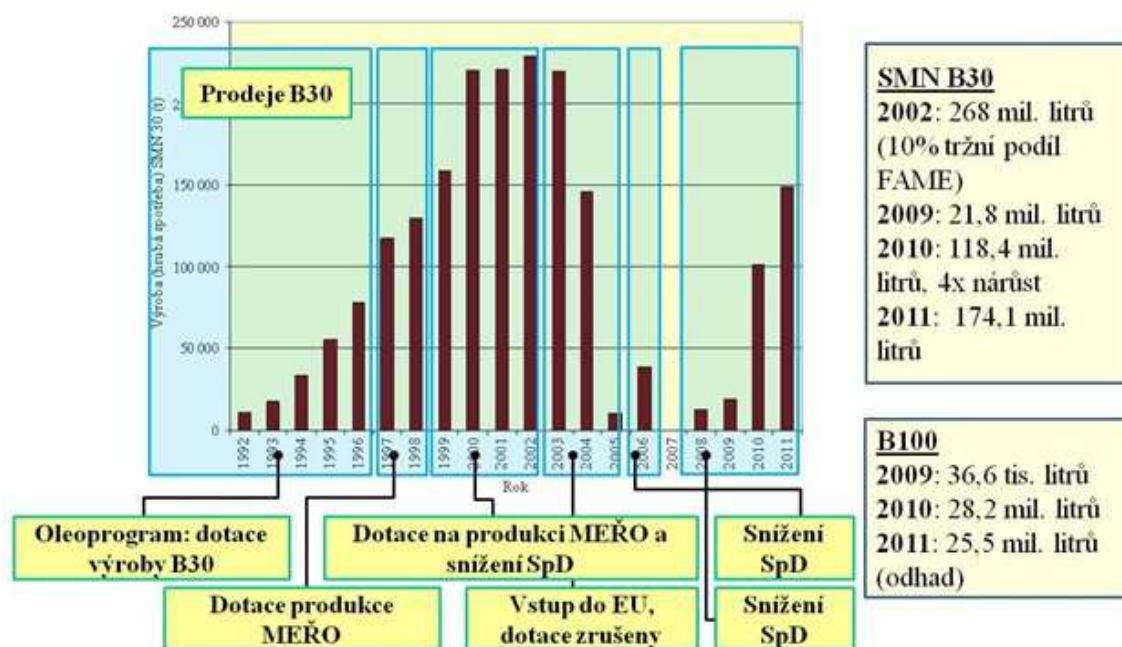
Naopak po druhé světové válce nastupuje prudký rozmach těžby ropy a biopaliva ustupují do pozadí. Tato situace trvá až do období dvou ropných krizí v letech 1973 – 1974 a 1978 – 1979. V době nedostatku ropy země kontrolující ropná ložiska snížily dodávky a zvýšily ceny ropy. A v důsledku těchto regulí si například ve Spojených státech amerických plně uvědomili svoji závislost na cizích zdrojích a začali investovat i do výzkumu biopaliv. Dnes jsou Spojené státy americké největším producentem bioethanolu na světě a spolu s druhým největším výrobcem Brazílií jejich společný podíl na trhu tvoří 80 % světové produkce bioethanolu.

V Československu byl prvním ve větší míře používaným biopalivem také bioethanol. Ze začátku byl vyráběn z přebytků v zemědělské výrobě, ale s rozvojem motorismu a nedostatkem vlastních kapalných paliv se v roce 1922 začalo používat palivo dynalkol. Jednalo se o směs 50 % kvasného lihu, 30 % benzenu a 20 % benzínu. Dynalkol se jako palivo skvěle osvědčil a jeho spotřeba stoupala. Ale díky vysoké úrovni zemědělství se tuto spotřebu dařilo pokrýt i s jistou mírou nadvýroby. Tyto dobré hospodářské výsledky umožnily zavedení Zákona o povinném mísení lihu s pohonnými látkami č. 85/1932 Sb. ze dne 7. 6. 1932 a vládního nařízení č. 127/1932 Sb. ze dne 22. 7. 1932. Předepsaná lihobenzínová směs skládající se z 80 objemových procent minerálních olejů a 20 objemových procent kvasného bezvodého lihu se spolu s dynalkolem používala jako náhrada dováženého benzínu. Lihobenzínová paliva se u nás přestala používat až v roce 1950 nástupem zákonu č. 63/1950, který zrušil lihový monopol a upravoval normy výroby lihu. V roce 1990 vznikl Svaz československých průmyslových lihovarů a ten spolu s dalšími úřady začal jednat o návratu k lihobenzínovým palivům. Vznikl projekt pro pomoc zemědělcům vyrovnat se s nadbytkem produkce obilovin, ochranu životního prostředí a zajištění dostatečného zásobování palivy. V rámci pokračování tohoto projektu byla v roce 1992 zavedena dvě podporovaná biopaliva, a sice bioethanol a MEŘO (methylester řepkového oleje). Charakteristiky těchto biopaliv jsou uvedeny v odstavci **2.5**.

Na rozdíl od MEŘO provázely zavádění bioethanolu problémy. Ačkoliv jeho zavedení nevyžadovalo téměř žádnou podporu ze státního rozpočtu a ani předpoklady nebyly špatné, celý průběh byl mnohem složitější. Postupně bylo jeho používání legislativně zaštitěnou zákonem o lihu a o spotřební dani, byly vypracovány přehledy moderních technologických trendů, příprava osiv, technických norem, proběhly motorové zkoušky několika variant aplikace tohoto biopaliva a další. Ve finální fázi zavádění bioethanolu, v roce 1998, se ale projekt dostal do silného lobbistického zájmu, byl zdiskreditován a došlo k jeho pozastavení

a následovně až k úplnému zrušení. Jeho opětovné využívání nastalo až se zákonem č. 180/2007 Sb., který zavedl povinné přimíchávání bioethanolu do benzínu.

Výrobě MEŘO byla od počátku do roku 1998 poskytována nepřímá finanční pomoc spočívající v nulové spotřební dani. Dále byla finančně zvýhodněna směsná motorová nafta tzv. SMN 30, která se skládá z MEŘO s minimálním podílem 30 % a klasické motorové nafty. Zvýhodnění spočívalo v možnosti navrácení spotřební daně. Další podpora MEŘO byla ve formě návratných finančních výpomocí na výstavbu technologií ke zpracování řepky olejné ve výši 721,5 mil Kč. Kvalita MEŘO rostla s ní i uplatnění na tuzemském trhu. SMN 30 se rovněž stávalo používanějším a stalo se ekonomicky zajímavým alternativním palivem k motorové naftě a to i v zemědělských a větších dopravních podnicích. S postupem času však podpora paliva SMN 30 klesala, až byl rozdíl mezi tímto palivem a běžnou motorovou naftou zanedbatelný. Rozdíl v ceně 2 Kč za litr (včetně DPH) byl už dán pouze nižším DPH u biopaliva. Proto byla od 1. 2. 2002 cena (bez DPH) SMN 30 zvýhodňována dotací vůči ceně motorové nafty o 10 %. Po vstup ČR do Evropské unie byla podpora rušena, protože neodpovídala směrnicím EU. Opětovné využívání MEŘO začalo až po zavedení povinného přidávání biosložky do motorové nafty. [3], [27]



Obr. 2.2 Vývoj spotřeby SMN 30 (SMN B30) v letech 1992 – 2011 a MEŘO (B100) v letech 2009 – 2011 [30]

2.4 Legislativa biopaliv

2.4.1 Legislativa v Evropské unii

V září roku 2001 vydala Komise evropských společenství bílou knihu s názvem: „Evropská dopravní politika pro rok 2010: čas rozhodnout“. V tomto dokumentu se zabývá problémem znečištění městského ovzduší automobily. Dopravu označuje za jeden z největších zdrojů znečištění a skleníkových plynů v městských aglomeracích. Prvním úspěšným krokem ke snížení znečištění bylo zavedení přísnějších norem pro pohonné hmoty. Avšak bylo nutné pokračovat dalšími opatřeními, která sníží emise výfukových plynů a energetickou závislost Evropské unie. Jedním z těchto opatření byla dohoda se sdružením evropských výrobců automobilů, jejíž cílem bylo snížení průměrného objemu emisí oxidu uhličitého u nových automobilů o 25 % do roku 2008. Bílá kniha byla prvním dokumentem takového rozsahu vydaného Evropskou unií, která se zabývala snížením emisí oxidu uhličitého a závislosti na dovážené ropě používáním alternativních paliv.

Dalším dokumentem byla tzv. Zelená kniha s oficiálním názvem: „Směrem k evropské strategii pro zabezpečení dodávek energie“. Komise evropských společenství v tomto dokumentu stanovila záměr 20 % náhrady konvenčních paliv alternativními palivy v oblasti silniční dopravy do roku 2020. Z toho by měla biopaliva tvořit 8 %.

Prvním zásadním opatřením EU zasazujícím se o rozšíření využívání biopaliv byla směrnice 2003/30/ES zavedená v roce 2003 Evropskou unií a Radou Evropské unie. V této směrnici je uvedeno, jakým způsobem bude podporován rozvoj biopaliv a alternativních paliv v dopravě. V oblasti dopravy je totiž spotřebováno 30 % veškeré energie v Evropském společenství a toto číslo neustále roste. Z jednotlivých typů dopravy je největším producentem oxidu uhličitého doprava silniční. Dále v článku 3 směrnice 2003/30/ES je zavedena podmínka zajištění minimálně procentního podílu biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmot na trhu. Tento cíl byl pro období do 31. 12. 2005 zvýšen na 2 %. Referenční hodnota byla vypočítána na základě množství prodaného benzínu a nafty pro dopravní účely. Pro navazující pětileté období, tj. do 31. 12. 2010, byla hodnota navýšena na 5,75 % pokrytí trhu paliv. Dalším důvodem k rozšíření biopaliv v dopravě je dodržení Kjótského protokolu.

Dosažení těchto cílů bylo umožněno pomocí uplatňování daňových úlev a finanční podpory zpracovatelskému průmyslu biopaliv. S rostoucím využíváním biopaliv by ovšem měla současně probíhat analýza dopadů na životní prostředí a na hospodářský a sociální

sektor. Po vymezeném časovém úseku by na základě výsledků této analýzy bylo rozhodnuto o předepisovaném zastoupení biopaliv v dopravě.

Dle článku 2 směrnice 2003/30/ES jsou za biopaliva považována přinejmenším tyto výrobky: bioethanol, bionafta, bioplyn, biomethanol, biodimethylether, bio-ETBE, bio-MTBE, syntetické uhlovodíky a jejich směsi vyrobené z biomasy, biovodík, čistý rostlinný olej. Biopaliva jsou podle této směrnice distribuována v třech podobách. Jednou z možností je čisté biopalivo popřípadě jeho vysoko koncentrované deriváty. Druhou podobou distribuce jsou směsi biopaliv s deriváty minerálních olejů. A poslední distribuční formou jsou kapaliny odvozené od biopaliv ETBE. Charakteristiky těchto biopaliv uvedeny v odstavci 2.5.

Povinností členských států je informovat veřejnost o dostupnosti biopaliv a jiných obnovitelných pohonných hmotách. Při přimíchávání biopaliv do fosilních paliv, zejména do benzínu a motorové nafty, je nutné při překročení 5 % objemu jejich přídatku informovat o této skutečnosti spotřebitele na prodejním místě.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES, o podpoře energie z obnovitelných zdrojů, byla přijata 23. 4. 2009. Tato směrnice mění a následně ruší předcházející směrnice včetně směrnice 2003/30/ES. Největší změny oproti předcházejícím směrnícím přináší v článcích 17 až 19, jejichž podstatou jsou tzv. kritéria udržitelnosti pro biopaliva. Tato kritéria jsou důležitá vzhledem k cílům ze Zelené knihy, tj. v roce 2020 by měl být podíl energie z obnovitelných zdrojů alespoň 10 %. A právě do této hodnoty se započítávají pouze biopaliva splňující kritéria udržitelnosti. Jako postačující kritérium udržitelnosti lze označit požadavek na 35 % snížení emisí skleníkových plynů při používání biopaliv. S účinkem od 1. 1. 2017 musí tato úspora být 50 % a od 1. 1. 2018 60 %, ale to pouze v případě, že byla biopaliva vyrobena v zařízeních s počátkem provozu 1. 1. 2017 a později. Druhou skupinu kritérií tvoří podmínky získávání surovin. Biopaliva nesmějí být vyráběna ze surovin z půdy s vysokou hodnotou biologické rozmanitosti např.: lesy, oblastí s chráněnými ekosystémy a původní travní porosty. Dále nesmějí být biopaliva získána z půdy bohaté na uhlík (mokřady, rašeliniště, souvisle zalesněné oblasti).

Veškeré povinnosti se vztahují jak na biopaliva vyrobená ve společenství, tak i biopaliva na jeho území dovezená. [3], [32], [33], [34]

Způsob výroby biopaliva	Typické úspory emisí skleníkových plynů	Standardní úspory emisí skleníkových plynů	Typ biopaliva
Ethanol z řepy cukrové	61 %	52%	I. generace
Bionafta z řepkového semene	45 %	38 %	I. generace
Bioplyn z biologicky rozložitelného odpadu	80 %	73 %	I. generace
Ethanol z pšeničné slámy	87 %	85 %	II. generace
Ethanol z energetických dřevin	76 %	70 %	II. generace

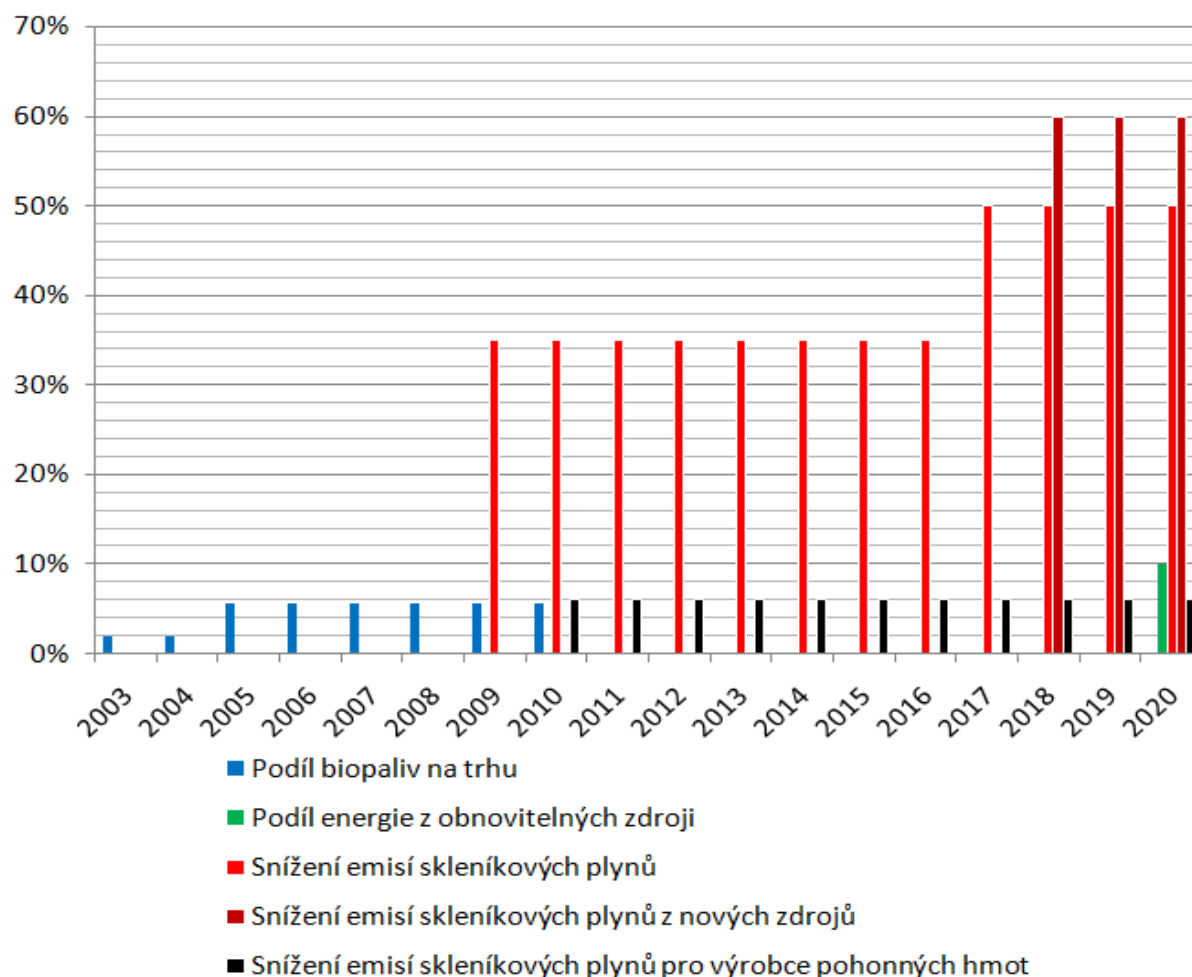
Tabulka 2 Typické a standardní hodnoty platné pro biopaliva, jsou-li vyrobena s nulovými čistými emisemi uhlíku v důsledku změny ve využívání půdy [34]

Ve stejný den jako předešlá směrnice byla schválena i směrnice 2009/30/ES, o jakosti paliv. V ní se dodavatelům pohonných hmot předepisuje povinnost snížit produkci skleníkových plynů o 6 % do roku 2020 v porovnání se stavem v roce 2010. Tohoto cíle je možné dosáhnout používáním biopaliv, ovšem jen těch, která splňují kritéria udržitelnosti. Směrnicí jsou dále určeny podmínky pro paliva pro pohon zážehových a vznětových motorů. Jsou to podmínky vázající se na životní prostředí, přesněji na jeho ochranu. Dále obsahuje pravidla pro výpočet emisí skleníkových plynů vznikajících během životního cyklu biopaliva. [3]

2.4.2 Legislativa v České republice

V České republice byla podpora biopaliv implementována pomocí Víceletého programu podpory dalšího uplatnění biopaliv v dopravě, který byl vypracován Ministerstvem zemědělství České republiky. Se souhlasem EU pak bylo možné čistá biopaliva osvobodit od spotřební daně, u vysokoprocentních směsí s obsahem biosložky větším než 5 % je toto osvobození z podílu biosložky.

Pro přimíchávání biopaliv do fosilních paliv jsou v ČR aplikované dvě normy, a to ČSN EN 228 a ČSN EN 590. První z jmenovaných norem dovoluje přidávání 10 % bioethanolu do automobilového benzínu a druhá 7 % MEŘO do motorové nafty. Vozidla není nutné na takto koncentrovanou směs nijak upravovat a nevznikají s tím dodatečné náklady na provoz. Proto nejsou tato paliva nijak daňově zvýhodňována. [3]



Obr. 2.3 Cíle legislativy EU pro biopaliva v grafickém přehledu

2.5 Stručná charakteristika nejdůležitějších biopaliv (kromě bioethanolu)

Biopaliv 1. generace:

- Methylester řepkového oleje (MEŘO): v anglické literatuře označován jako FAME nebo biodiesel (B100), nažloutlá netoxická kapalina neomezeně mísitelná s motorovou naftou, palivo vyrobené esterifikací při níž se mísí olej s methanolem, postup výroby: lisování oleje > filtrace > esterifikace, může se jednat i o jiný druh oleje než řepkového např.: odpadní živočišný tuk,

vedlejším produktem surová glycerinová fáze, samočisticí efekt (rozpuští usazeniny), nutná častější výměna oleje a filtrů a použití kvalitnějších hadiček a těsnění, nárůst spotřeby o 0,75 l/100 km, neobsahuje síru. [35], [36]

- Směsná motorová nafta (SMN 30 nebo SMN B30): směs minimálně 30 % MEŘO a 70 % motorové nafty, výhradně české palivo (v USA a Evropě 20 % MEŘO), nejsou nutné konstrukční změny motoru, lze i zimní provoz, čisticí schopnost (rozpuští usazeniny), vysoká mazací schopnost, vyšší cetanové číslo, nutná častější výměna oleje a filtrů a kvalitnější gumové těsnění a hadice. [3]
- Biopalivo ETBE (ethyl tertiary butyl ether): vzniká katalytickou reakcí bioethanolu s isobutanem, neabsorbuje vzdušnou vlhkost a nevyvolává odpařování benzínu, primární použití jako přísaha do benzínu, v klasickém benzínu, tj. s 5 % biosložky, je 17, 24 % hmotnostního podílu ETBE, toto palivo je v EU používáno a jsou na něm připraveny automobily a distribuční síť [38], [39]
- Čistý rostlinný olej: tento druh biopaliva není v dopravě hojněji využíván, v našem klimatickém pásmu se používá převážně řepkový olej, má špatné vlastnosti (vysoká viskozita, špatná stabilita, nízké cetanové číslo), proto se upravuje na bionaftu [3], [40], [41]
- Bioplyn: plyn vzniklý fermentací rostlinných nebo živočišných zbytků, složen je z methanu, oxidu uhličitého a dalších prvků v nepatrném množství, energeticky hodnotné jsou methan a vodík a problematické sirovodík a čpavek (nutné odstranit před využitím), pro pohon vozidel je vyčištěný a nazývá se biomethan a je distribuován jako CNG [42], [43]

Biopaliva 2. generace:

- motorová nafta z Fisher-Tropschovy syntézy: princip: oxid uhelnatý a vodík (methan) za vysokého tlaku a teploty cca 300 °C přeměněny na kapalné uhlovodíky, produkty je nutné upravovat kvůli vlastnostem při nízkých teplotách [44], [45]
- biomethanol z katalytické konverze syntézního plynu: směs plynů obsahujících převážně oxid uhelnatý a vodík o vysoké výhřevnosti je chemickou reakcí přeměněna na alkohol, který je možný spalovat v zážehových motorech

- biodimethylether z katalytické konverze syntézního plynu
- biovodík katalytické konverze syntézního plynu [3]

3. Bioethanol E85

3.1 Účel a složení bioethanolu E85

Bioethanol neboli palivo E85 je biopalivo sloužící pro pohon vozidlových spalovacích motorů. Jeho účelem je nahradit buď z části, nebo úplně používání benzínu z fosilních zdrojů při pohonu zážehových motorů vozidel z důvodu snížení emisí výfukových plynů a závislosti na fosilních palivech.

Biopalivo E85 se dle normy ČSN 65 6512 skládá z 85 % bezvodého lihu a 15 % benzínu Natural 95. Poměr těchto složek je upravován v závislosti na ročním období až do minimálního obsahu 70 % ethanolu v zimní období. [47]

3.2 Benzín pro výrobu bioethanolu E85

Pro výrobu biopaliva E85 se používá benzín Natural 95. Ten slouží mimo jiné jako denaturační prostředek znehodnocující líh jakožto potravinu. Benzín je kapalná látka ropného původu. Skládá se zejména z uhlovodíků z frakční destilace ropy a přidaného izooktanu či uhlovodíků toluenu a benzenu. Primární využití benzínu spočívá v jeho použití jako paliva pro zážehové motory. Je možné ho také využívat jako rozpouštědlo. [48]

3.2.1 Oktanové číslo benzínu

Natural 95 (dle normy ČSN EN 228 označen BA 95 B) je automobilový bezolovnatý aditivovaný benzín s oktanovým číslem 95. Oktanové číslo je technická veličina charakterizující palivo pro zážehové motory. Vyjadřuje odolnost paliva vůči detonačnímu spalování (samozápalu). Čím vyšší je oktanové číslo, tím vyšší je tato odolnost. Při oktanovém čísle 95 má benzín stejné vlastnosti jako teoretická směs 95 % izooktanu a 5 % n-heptanu.

Oktanové číslo lze zjistit dvěma metodami, a to výzkumnou metodou (OČVM) nebo motorovou metodou (OČMM). U benzínu normy ČSN EN 228 je uváděno oktanové číslo výzkumnou metodou (OČVM) a z tohoto je odvozen normovaný název benzínu BA 95 B. [49], [50]

3.2.2 Výrobní aditiva v benzínu

Aditiva jsou přísady, které jsou přidávané do paliva již během výroby. Slouží k zajištění parametrů příslušné technické normy, bez jejichž dodržení se palivo nesmí prodávat. Aditiva plní několik základních účelů: zvyšují oktanové číslo (antidetonační účinek), udržují díly motoru v čistotě (zejména sací ventily a vstřikovací trysky), zlepšují antikorozi motoru, zlepšují mazivost a snižují pěnivost paliva.

Aditiva pro zvyšování oktanového čísla lze rozdělit podle toho, zda obsahují olovo. Pozitivní působení olova na chod motoru bylo zjištěno v 20. letech 20. století. Od té doby se používalo nejčastěji ve dvou formách, a sice jako tetraethylolovo a tetramethylolovo. Tato aditiva byla velice účinná, ale objev jejich škodlivých účinků na lidský organismus způsobil rychlý ústup z trhu, až byla 1. 1. 1996 olovnatá aditiva pro silniční provoz úplně zakázána. V USA za silniční provoz na olovnatý benzin hrozí dokonce finanční postih až 10 000 USD. V současnosti se používají antidetonační bezolovnatá aditiva. Jsou na bázi lihu (ethanol, benzol, pentakarbonyl železa) a na bázi sodíku. Jejich účinnost je značně nižší, avšak jsou mnohem méně škodlivé pro organismy.

Aditivum	Antidetonační účinnost (referenční hodnota: benzol = 1)
Benzol	1
Ethanol	1,9
Pentakarbonyl železa	250
Tetraethylolovo	528
Tetramethylolovo	700

Tabulka 3 Porovnání účinnosti aditiv proti detonačnímu spalování

Dalšími součástmi jsou barviva. Ta slouží především k odlišení jednotlivých paliv dle jejich primárního použití. Aplikované barvy jsou v různých zemích odlišné. V České republice se pro barvení paliva používá červeného a žlutého barviva. [48], [51], [52]



Obr. 3.1 Tvorba úsad na sacích ventilech zážehového motoru [52]

3.2.3 Požadavky na kvalitu benzínu

Vlastnost	Jednotky	Mezní hodnoty		Metody zkoušení
		min.	max.	
Oktanové číslo výzkumnou metodou, OČVM		95,0	-	EN ISO 5164
Oktanové číslo motorovou metodou, OČMM		85,0	-	EN ISO 5163
Obsah olova	mg/l	-	5,0	EN 237
Hustota (při 15 °C)	kg/m ³	720,0	775,0	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Obsah síry	mg/kg		10,0	EN 13032 EN ISO 20846 EN ISO 20884
Obsah manganu Do 2013 – 2014 Od 1. 1. 2014	mg/l	- -	6,0 2,0	EN 16135 EN 16136
Oxidační stabilita	minuty	360	-	EN ISO 7536
Obsah pryskyřic (promyté)	mg/10 ml	-	5	EN ISO 6245
Korozivní působení na měď (3h při 50 °C)	korozivní stupeň	třída 1		EN ISO 2160
Vzhled		Čirý		Vizuální kontrola
Uhlovodíkové deriváty - olefiny - aromáty	% (V/V)	- -	18,0 35,0	EN 15553 EN ISO 22854
Obsah benzenu	% (V/V)	-	1,00	EN 238 EN 12177 EN ISO 22854
Obsah kyslíku	% (m/m)	-	3,7	EN 1601 EN 13132 EN ISO 22854
Obsah kyslíkatých látek - methanol - ethanol - iso-propylalkohol - iso-butylalkohol - terc-butylalkohol - ethery (5 nebo více C atomů) - jiné kyslíkaté látky	% (V/V)	- - - - - - -	3,0 10,0 12,0 15,0 15,0 22,0 15,0	EN 1601 EN 13132 EN ISO 22854

Tabulka 4 Technické požadavky a metody zkoušení pro bezolovnatý automobilový benzín s maximálním obsahem kyslíku 3,7 % [53]

3.3 Lihová složka bioethanolu E85

Bezvodý líh neboli ethanol (ethylalkohol) tvoří největší část tohoto biopaliva. Ten je teoreticky možné vyrábět z jakékoliv plodiny, která obsahuje jednoduché sacharidy (cukry) popřípadě škrob. [3]

3.3.1 Suroviny pro výrobu lihu

Volba suroviny závisí na lokálních klimatických podmínkách a na metodě výroby. Líh neboli ethanol je možné vyrábět v rámci biopaliv jako látku první nebo druhé generace. Při výrobě první generace se v našem prostředí jako surovina využívá zejména cukrová řepa (tomuto postupu je obsáhleji věnována kapitola 3.4). Zejména v Jižní Americe se líh 1. generace vyrábí ve velké míře z cukrové třtiny. Tato jako cukrová řepa obsahuje jednoduché cukry, z nichž je výroba lihu jednodušší než v případě dalších surovin a plodin obsahujících škroby. Těmito plodinami jsou např.: kukuřice, obiloviny a brambory. Kukuřice nachází největší uplatnění v USA. Při výrobě bioethanolu 2. generace z tzv. lignocelulózové biomasy jsou používány sláma, rychle rostoucí dřeviny, štěpky nebo biologický odpad.

Surovina	Produkční potenciál bioethanolu [l/t]
Cukrová třtina	70
Cukrová řepa	110
Brambory	110
Kukuřice	360
Rýže	430
Ječmen	250
Pšenice	340

Tabulka 5 Produkční potenciál výroby bioethanolu z vybraných surovin [3]

V současné době se vyrábí ethanol pouze jako biopaliva 1. generace. Druhohenerační suroviny jsou mnohem výhodnější z hlediska dokonalého využívání zdrojů. Jsou to velmi perspektivní zdroje, ale je nutné ještě několikiletý další výzkum v této oblasti. Uvedenou metodou produkce bioethanolu by mohlo být možné vyrábět celosvětově až 492 miliard litrů ročně. Toto množství je přibližně šestnáctinásobek v současnosti vyráběného ethanolu. Vhodnou surovinou vzhledem k produkčnímu potenciálu a hojnosti nevyužitých zbytků je

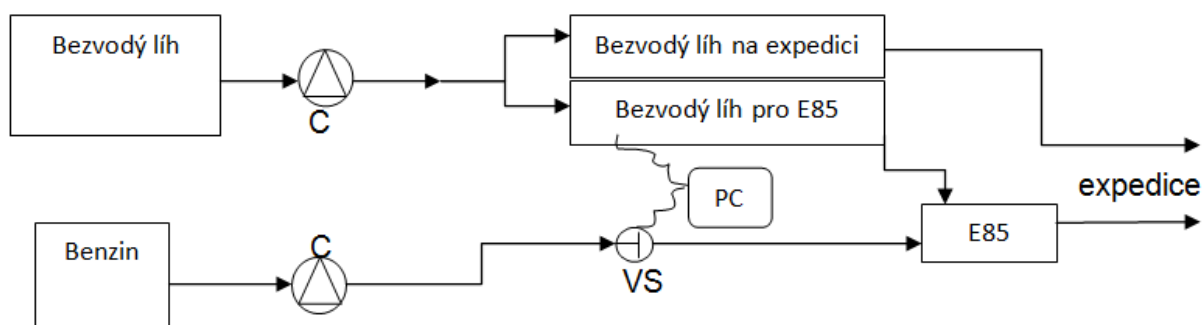
rýžová sláma. S její roční produkcí cca 700 milionů tun by bylo možné pokrýt téměř dvě pětiny veškeré poptávky ethanolu. [3]

3.4 Výroba bioethanolu E85 v Agroetanol TTD, a. s.

Při získávání podkladů pro mojí bakalářskou práci jsem se ve společnosti Cukrovar a lihovary TTD v Dobrovici blíže seznámil s výrobou paliva E85 a jeho lihové složky, v tomto případě získávané z cukrové řepy. Zde se palivo E85 vyrábí od prosince 2008. V červnu 2009 bylo uvedeno na český trh na čerpací stanici firmy KM-PRONA, a.s. v Mladé Boleslavi.

3.4.1 Výrobní linka bioethanolu E85 v Agroetanol TTD, a. s.

Schéma výrobní linky



Obr. 3.2 Schéma výrobní linky [87]

VS ... škrtkící ventil

PC ... řídicí počítačová jednotka

C ... čerpadlo

Popis výrobního postupu

Automobilový benzin (Natural 95) je do závodu přivážen automobilovými cisternami. Cisterna se přistaví na místo vykládky, musí být elektricky uzemněna, zajištěna proti pohybu a současně dojde k propojení parních prostor autocisterny a cílového zásobníku benzínu. Zásobník na benzin je ležatá válcová nádoba a pára je z něj odváděna zpět do cisterny. Zásobník je kalibrován včetně měřidel a také elektricky uzemněn. Je ošetřeno, aby nebylo

možné jej přeplnit nebo naopak úplně vyprázdnit. Když by měla nastat jedna z těchto krajních situací, zablokuje se chod příslušného čerpadla. Manipulační místo je zastřešené, vybavené záchytnou a havarijní jímkou na objem cisterny. Benzín je do skladovacího tanku stáčen čerpadlem, přijaté množství je odečítáno průtokoměrem nebo z rozdílu hmotnosti plné a prázdné cisterny.

Ze zásobníku je benzín čerpadlem dodáván do směšovacího potrubí. Zde dochází k řízenému směšování benzínu a kvasného bezvodého lihu o požadovaném poměru. Kvasný bezvodý líh je čerpán ze zásobníku přes měřicí soustavu a hmotnostní průtokoměr. Podle průtočného množství ethanolu se přes škrťací ventil nastavuje potřebný průtok automobilového benzínu, tak, aby byly splněny veškeré normované požadavky, zejména požadavek na minimální 15 % objemový podíl benzínu ve směsi.

Ve společnosti Agroetanol TTD, a. s. je pouze nepatrná část vyráběného lihu používána pro výrobu paliva E85. Čistý líh, který nebyl smísen s benzínem, pokračuje vlastním potrubím do místa expedice. Přeprava z podniku funguje pomocí automobilových a vlakových cisteren. Na místě stačení platí stejné bezpečnostní opatření jako v místě pro příjem automobilové benzínu. [87]

3.4.2 Výroba bezvodého lihu z cukrové řepy v Agroetanol TTD, a. s.

Ve firmě Agroetanol TTD, a.s., která je přidružená k cukrovaru společnosti TEREOS TTD, a.s. ve městě Dobruška ve středočeské kraji. Jako surovina pro výrobu bezvodého lihu se používají meziproducty při výrobě cukru z cukrové řepy. Produkce bezvodého lihu se zde rozděluje na dvě období. V časech řepné kampaně přilehlém cukrovaru, tj. v měsících září až leden, se líh produkuje z tzv. lehké difuzní šťávy. Mimo řepnou kampaň se jako surovina pro výrobu bezvodého lihu používá melasa.

Lehká difuzní šťáva

Lehká difuzní šťáva je žlutá nasládlá kapalina. V tomto případě se jedná o výrobek z cukrové řepy. V první fázi je řepa umyta v průběžné pračce. Jedná se o rotující válec o průměru přibližně 5 metrů. Společně se špinavou řepou je do pračky přiváděna voda z místních rybníků. Vodou se řepa v pračce omyje. Špinavá voda je z pračky odváděna zpět do některého z rybníků a tam se hlína usadí a voda se opět použije. Omytá řepa je dále

rozřezána na tzv. řízky. To jsou proužky o tloušťce cca 1 cm a délce 10 cm. Tyto obsahují asi 15 % sacharózy. Dalším krokem je difuze. Při ní jsou řízky dopraveny do nádoby a v ní ohřáty teplou vodou na 70 °C. Řízky jsou v teplé vodě louhovány a tím se cukr v nich obsažený extrahuje do vody. Z difuzní nádoby vytéká špinavá difuzní šťáva a řízky zbavené cukru, které jsou používány jako krmivo pro hospodářská zvířata. Difuzní šťáva je dále čištěna za pomoci vápenného mléka. Vápenné mléko je vápno smíchané s vodou. Na vápenné mléko se nasytí nečistoty a dále je špinavé vápenné mléko odfiltrováno a vzniká čistá lehká difuzní šťáva. Pro výrobu cukru se ještě dále zpracovává, ale pro výrobu lihu slouží jako jedna vstupní surovina. [54]



Obr. 3.3 Lehká difuzní šťáva [56]

Melasa

Druhou možnou vstupní surovinou je melasa. Je to velmi hustá hnědá kapalina. Obsahuje 50 % cukru, který ovšem už nelze ekonomicky výhodně získat. Její chuť není sladká, ale spíše lehce hořká. Je to způsobena velkým obsahem minerálních látek. Melasa vzniká při výrobě cukru z cukrové řepy stejně jako difuzní šťáva, ale až později ve výrobním procesu. Vyrobena lehká difuzní šťáva se vaří za sníženého tlaku a vznikne těžká difuzní šťáva, která se dále filtruje. Poté následuje krystalizace. Ta se provádí ve vakuovém varostroji. Pro začátek krystalizace je nutné roztok naočkovat malým množstvím hotového

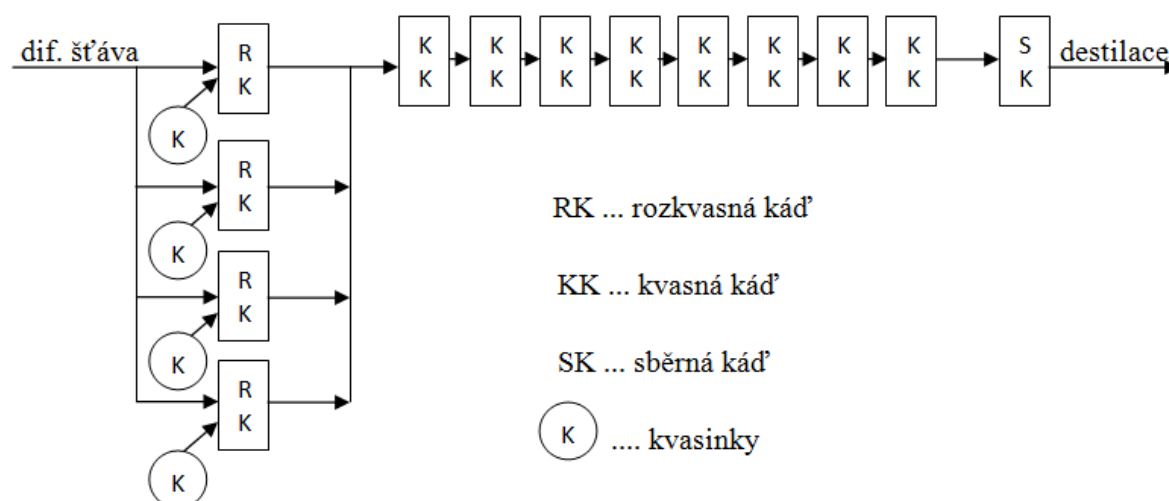
krystalového cukru. Po vykrytalizaci se cukrová hmota odstředí a propláchnou vodou. Vznikne bílý cukr a odpadní látka, která se nazývá melasa. [54], [55]



Obr. 3.4 Melasa [57]

Postup výroby bezvodého lihu z lehké difuzní šťávy

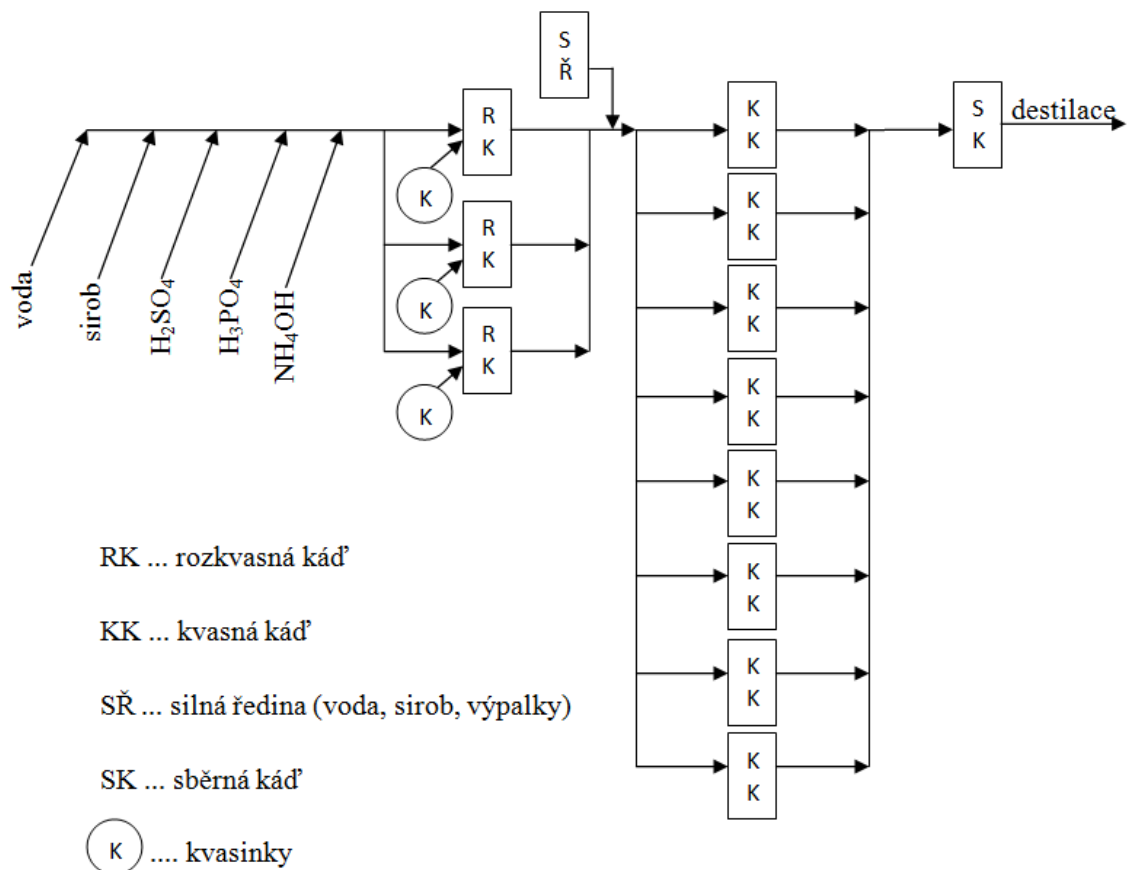
Při výrobě lihu z difuzní šťávy jsou na začátku procesu použity čtyři rozkvasné kádě. V těchto nádobách je za přístupu kyslíku roztok difuzní šťávy a do něj přidány kvasinky. Kvasinky jsou druhu *saccharomyces cerevisiae*, která jsou do Agroetanol TTD, a. s. přiváženy ve vysušeném stavu z Francie. V rozkvasných kádích probíhá kvašení po dobu dvou hodin. Výstupní zákvas z tohoto stupně zpracování má obsah lihu 4 %. Dále výrobní proces pokračuje v kvasných kádích neboli fermentorech. Při výrobě lihu z difuzní šťávy se používá kontinuální fermentace. To znamená, že přes všech osm kvasných kádí prochází kvasná směs postupně za sebou. Ve fermentorech probíhá kvašení bez přístupu kyslíku a po přidání menšího množství cukru horší kvality a celý průběh trvá asi 22 hodin. Po této době je veškerý cukr ze směsi spotřebován kvasinkami a obsah alkoholu je 12 %. Po průchodu fermentory míří směs do sběrné kádě. Ale protože výsledný produkt kvašení má příliš malý obsah alkoholu, je nutné provést další úkony, a to destilaci a molekulární čištění.



Obr. 3.5 Schéma výroby bezvodého lihu z lehké difuzní šťávy

Postup výroby bezvodého lihu z melasy

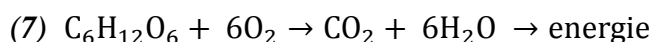
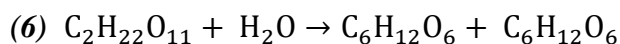
Pro výrobu se používá melasa naředěná vodou získanou z řepy při jejím zpracování. Tento roztok se nazývá černý sirob. Při výrobě lihu z melasy se používá mírně odlišný postup. V tomto postupu se používají pouze tři rozkvasné kádě. Do nich je přiváděna směs černého sirobu, vody (H_2O), kyseliny sírové (H_2SO_4), kyseliny fosforečné (H_3PO_4) a hydroxid amonný (NH_4OH) společně s kvasinkami, stejnými jako v případě výroby z difuzní šťávy. První kvašení probíhá po dobu čtyř hodin. Po rozkvašení jsou plněny kvasné kádě. Tyto už nejsou využity průběžně za sebou, ale každá zvlášť. V druhém kvašení jsou kvasné kádě naplněny do 30 % objemu zákvasem z rozkvasných kádí a dále doplňovány po dobu 10 hodin směsí vody, sirobu a výpalků. Výpalky jsou nevykvašené zbytky po kvašení suroviny při výrobě lihu. Je to řídká tekutina s nerozpuštěnými částicemi, která obsahuje asi 35 % cukru. Ve vysušené podobě se používají jako krmivo pro zvířata a hnojivo. Po prokvašení, které trvá dalších 20 hodin putuje vyfermentovaná surovina do sběrné kádě. A rovněž jako u první suroviny je nutná její následná destilace a molekulové čištění.



Obr. 3.6 Schéma výroby bezvodého lihu z melasy



Obr. 3.7 Kvasinky používané pro výrobu lihu

Chemické procesy při kvašení

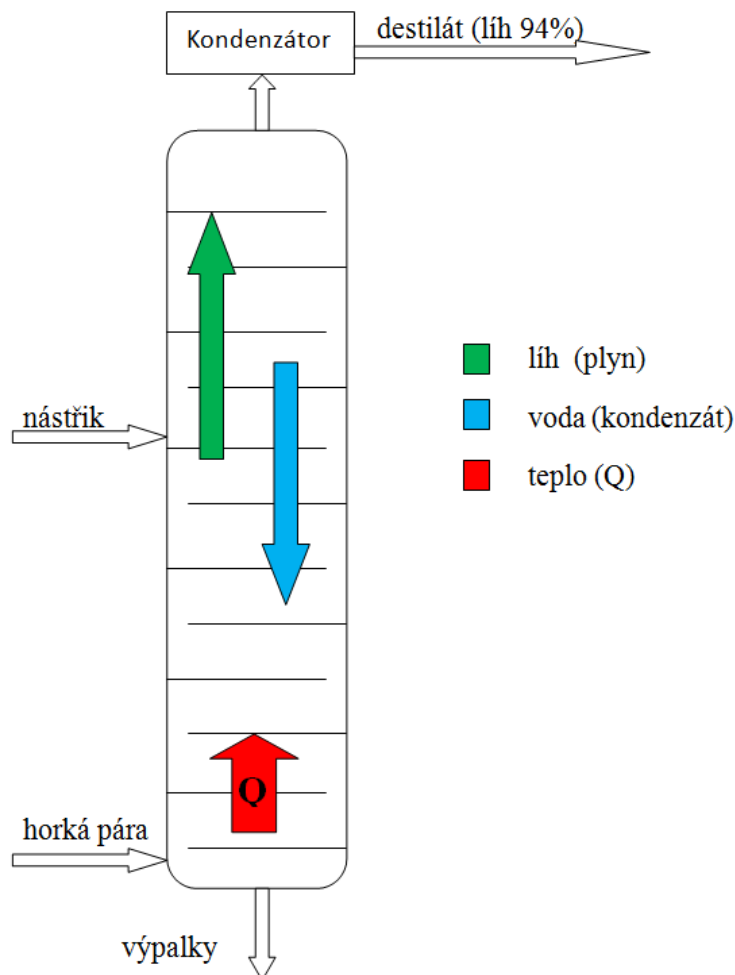
Sacharosa ($\text{C}_2\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) je složitý cukr (tzv. disacharid) a po kontaktu s jakoukoliv vodnou látkou rozkládá na monosacharidy, a to glukosu ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) a fruktosu ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Tento jev štěpení je popsán rovnicí (6). Reakce popsaná rovnicí (7) probíhá v rozkvasných kádích. Glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) se za přístupu kyslíku mění působením kvasinek na oxid uhličitý (CO_2), vodu (H_2O) a energie (teplo). Dále podle rovnice (8) se přidaný cukr, ať už ve formě čistého cukru nebo sirobu, mění na oxid uhličitý (CO_2) a ethanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). [58]

Destilace

Líh nebo přesněji lihová zápara, která vznikne kvašením, má pouze malý obsah čistého ethanolu, přibližně 12 %. A právě kvůli jeho nízkému obsahu nelze ještě produkt nazývat lihem a je nutné ho dále upravit. V první fázi úpravy se používá destilace. Je to postup založený na rozdílném bodu varu vody a lihu. U lihu je teplota varu 78 °C, u vody 100 °C. Základní princip destilace spočívá v zahřátí směsi vody a lihu právě nad teplotu varu lihu a pod bod varu vody. Při této teplotě se z roztoku vypařuje mnohem větší množství lihu než vody. Výpary se dále zchladí a vznikne opět kapalný líh. Jeho koncentrace je mnohem vyšší, až 94 %.

Ve velkých výrobnách jako je právě Agroetanol TTD, a. s. se pro destilaci používají destilační kolony. Jedná se o nerezové věže o výšce téměř 40 metrů a o průměru 70 centimetrů až 6 metrů. Uvnitř destilační kolony jsou horizontální příčky s otvory tzv. destilační desky. U dna kolony je přívod horké páry, která slouží k jejímu ohřívání. Horní část kolony se nazývá rektifikační neboli sloužící k mnohonásobné destilaci. Přibližně v polovině výšky věže je nástřikové místo lihové zápary. Deska těsně pod tímto místem se nazývá nástřiková. Tím, že je kolona ohřívána, tak se líh ze zápary rychle odpaří a stoupá přes další destilační desky nahoru do kondenzátoru. V něm se líh opět zkapalní a vzniká kapalný líh o obsahu 94 % alkoholu. Vody, která má vyšší bod varu než líh, se při stejné teplotě odpaří mnohem méně. Vodní pára, která vznikla, tak se průchodem přes destilační

desky ochladí, přejde do kapalného stavu a klesá ke dnu kolony. Tato zbytková voda obsahuje i části nerozpuštěných rostlinných zbytků a nazývá se výpalek.

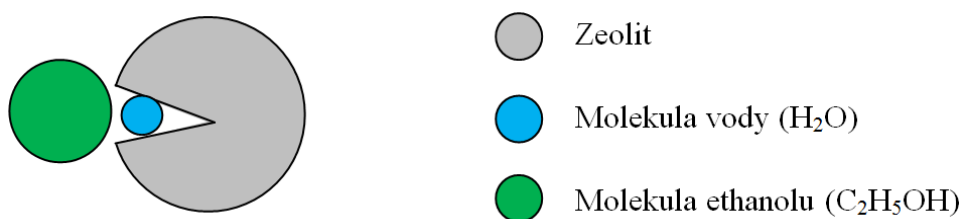


Obr. 3.8 Zjednodušené schéma průběhu v destilační koloně

Molekulové čištění

Posledním krokem pro získání lihu maximální kvality je molekulové čištění. Tato operace se v lihovaru v Dobrovici nepoužívá. Zde produkovaný líh má nejvyšší kvalitu 94 % dosaženou frakční destilací v kolonách. Pro molekulové čištění se používají nádoby s tzv. molekulovými sítmi. Síť je tvořeno speciálním pórovitým kamenem zeolitem. Zásadním faktorem, proč je tento minerál využíván je velikost pórů. Sítem prochází molekula vody (H_2O), ne molekula ethanolu (C_2H_5OH). Líh získaný destilací se přivede do nádoby s molekulovými sítmi. Průchodem přes ně se zbytky vody v lihu obsažené zachytávají do pórů

a líh se stává téměř dokonale čistým, tento stupeň se nazývá bezvodý líh. Jeho čistota po molekulové filtraci je 99,995 %. Při této operaci se používají dvě nádoby se síty najednou. V jednom probíhá popsaná operace čištění lihu a v druhém regenerace síta. To znamená, že póry jsou zaplněny vodou a je nutné opět zregenerovat tudíž vyprázdnit. Regenerace se provede snížením tlaku téměř na vakuum a přivedením líhu do nádoby. Lihem ve formě plynu přivedeným z druhého síta se voda z pórů zeolitu vypláchne. Smícháním lihu a vody z pórů vznikne roztok o koncentraci cca 74 % ethanolu. Tato směs je odvedena do destilačních kolon proces se znovu opakuje.



Obr. 3.9 Princip molekulového síta

3.4.3 Kontrola kvality v Agroetanol TTD, a. s.

Součástí lihovaru Agroetanol TTD, a. s. je i akreditovaná laboratoř. Akreditace ustanovuje, že výsledky této laboratoře jsou průkazné nejen v celé České republice, ale i Evropě. Laboratoř může sloužit také pro potřeby třetích stran a kontrolu jejich vzorků. Odběr kontrolním vzorků a jejich měření v lihovaru probíhá průběžně během výroby a uskladnění a dále během expedice. Při každém plnění do cisteren, ať už automobilových či vlakových, je odebrán vzorek a v laboratoři zkontrolován.

V laboratoři mohou být kontrolovány vzorky ethanolu, benzínu a bioethanolu E85. Kvalitativní parametry benzínu jsou popsány v odstavci 3.2.3. Normou jsou také dány parametry pro ethanol.

Vlastnost	Jednotky	Meze		Metoda zkoušení
		min.	max.	
Obsah etanolu + vyšší nasycené alkoholy	% (m/m)	98,7		EN 15721
Obsah vyšších nasycených (C3-C5) monoalkoholů	% (m/m)		2,0	EN 15721
Obsah methanolu	% (m/m)	-	1,0	EN 15721
Obsah vody	% (m/m)	-	0,300	EN 15489 EN 15692
Celková kyselost (vyjádřená jako kyselina octová)	% (m/m)		0,007	EN 15491
Elektrická vodivost	$\mu\text{S/cm}$	-	2,5	EN 15938
Vzhled		Jasný a čirý		EN 15769
Obsah anorganických chloridů	mg/kg	-	6,0	EN 15484 prEN 15492
Obsah síranů	mg/kg	-	4,0	prEN 15492
Obsah mědi	mg/kg	-	0,100	EN 15488 EN 15837
Obsah fosforu	mg/l	-	0,15	EN 15487 EN 15837
Obsah netěkavých látek	mg/100 ml	-	10	EN 15691
Obsah síry	mg/kg	-	10,0	EN 15485 EN 15486 EN 15487

Tabulka 6 Všeobecné aplikované požadavky a metody zkoušení nedenaturovaného ethanolu

Z vyjmenovaných v **Tabulce 4** (pro benzín) a **Tabulce 6** (pro ethanol) se v laboratoři lihovaru kontrolují hustota, tenze par, obsah vody, pH, obsah methanolu a vyšších alkoholů. U samotného bioethanolu E85 se provádí zejména kontrola těchto parametrů: poměr benzínu a lihu, hustota při 20 °C, hustota při 15 °C, obsah vody a tenze par. Ukázkové změřené hodnoty jsou uvedeny v **Tabulce 7**.

Období	Ethanol [% obj.]	Benzín [% obj.]	Hustota 20 °C [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Hustota 15 °C [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]	Obsah vody [ppm]	Tenze par [kPa]
zimní	72,85	27,15	772,890	777,200	581	52,20
letní	83,49	16,51	778,630	782,980	496	41,40

Tabulka 7 Změřené hodnoty pro palivo E85 z laboratoře lihovaru

3.4.4 Skladování a expedice bezvodého lihu v Agroetanol TTD, a. s.

Láh vystupující z destilace je skladován v nádržích, jejíž objem vydrží na jeden měsíc zpracovatelské kapacity. Pro nádrže, ve kterých je láh uskladněn, platí zvláštní předpisy dány vyhláškou Ministerstva zemědělství o technických požadavcích na výrobu, skladování a zpracování lihu. Nádrže musí být z materiálu odolného proti působení lihu, musí na nich být vyznačen objem a plní se maximálně do 95 % objemu. Armatury v dolní části nádrží musí být z oceli nebo mosazi. Nádrže musí být dále opatřeny kontrolním průřezem, odvětráváním a zařízením pro odběr vzorků v každé čtvrtině výšky.

Protože je láh jedním z vybraných výrobků, pro který stanovuje Zákon č. 237/2003 Sb., o spotřebních daních, zvláštní předpisy. Hlavním předpisem je skladování výrobku v daňovém skladu. Daňový sklad je prostorově ohraničené místo na daňovém území České republiky, ve kterém provozovatel daňového skladu za podmínek stanovených zákonem vyrábí, skladuje, přijímá nebo odesílá vybrané výrobky. Mimo lihu jsou tyto výrobky minerální oleje, pivo, víno a tabákové produkty, tedy výrobky podléhající spotřební dani. V rozhodnutí o vydání povolení na daňový sklad jsou blíže specifikovány podmínky jeho provozu. Mimo jiné je to množství vyrobených a následně skladovaných surovin za kalendářní rok.

Protože palivo E85 je tvořeno minimálně ze 70 % ethanolu, tak jsou předpisy pro skladování bioethanolu E85 stejné jako v případě lihu.

Během fiskálního roku 2013 vyrobila společnost Agroetanol TTD, a. s. ve svých lihovarech v Dobrovici, Kojetíně a Chrudimi 903 292 hl surového lihu, 770 966 hl bezvodého lihu a 283 411 hl jemného lihu. [60], [61], [62], [63], [64]

3.5 Bioethanol E85 na čerpacích stanicích

Poprvé se palivo E85 začalo prodávat na čerpací stanici firmy KM-PRONA v červnu 2009, jak bylo již uvedeno v odstavci 3.4. Vzestup prodeje bioethanolu E85 nastal v říjnu roku 2009 s příchodem novely Zákona č. 353/2003 Sb., o spotřebních daních. Tato novela ustanovila, že palivo E85 je osvobozeno od spotřební daně, a to do výše obsahu biosložky. V tomto případě se jedná o 70 až 85 %. V porovnání s benzínem Natural 95 vychází bioethanol E85 výhodněji o 8 Kč pro konečného zákazníka.

Podle zprávy o aktualizaci a stavu čerpacích stanic zpracované Ministerstvem průmyslu a obchodu České republiky zpracované k 31. 12. 2014 je v České republice celkem 3792 veřejných čerpacích stanic pohonných hmot. Palivo E85 je nabízeno v 189 veřejných čerpacích stanicích. Při započítání i neveřejných čerpacích stanic nebo čerpacích stanic s omezeným přístupem je tento počet zhruba 330. Při prvotním zavádění paliva E85 na čerpací stanice většina prodejců zvolila cestu nahrazení benzínu Speciál 91 právě palivem E85. Při skladování ani čerpání bioethanolu E85 nejsou nutné žádné další úpravy oproti benzínu, proto byl tento krok výhodný.

V současné době je možné pro hledání čerpacích stanic využít aplikaci do mobilního telefonu. Je to aplikace pro operační systém Android, je možné v ní nastavit, jaký typ paliva má aplikace vyhledávat, a to včetně biopaliv E85 (bioethanol) a B100 (bionafta).

Ve světě je nejvíce vozidel na palivo E85 provozováno v Brazílii, v Evropě je to ve Švédsku. [65], [66], [67], [68], [71]

3.6. Požadavky na kvalitu bioethanolu E85

Vlastnost	Jednotky	Meze		Metoda zkoušení
		min.	max.	
Hustota (při 15 °C)	kg/m ³	760,0	800,0	EN ISO 12185
Oxidační stabilita	min	360	-	EN ISO 7536
Obsah pryskyřic (promyté)	mg/100 ml	-	5	EN ISO 6246
Koroze měděného pásku (3h při 50 °C)	klasifikace	Třída 1		EN ISO 2160
Celková kyselost (jako kyselina octová)	% (m/m)		0,005	EN 15491
Elektrická vodivost	μS/cm	-	1,5	EN 15938
Obsah methanolu	% (V/V)	-	1,0	EN 1601
Vyšší nasycené monoalkoholy (C3-C5)	% (V/V)	-	6,0	EN 1601
Ethery (5 nebo více C atomů)	% (V/V)	-	11,0	EN 1601
Obsah vody	% (m/m)	-	0,400	EN 15489 EN 15692
Obsah anorganických chloridů	mg/kg	-	1,2	prEN 15492
Obsah mědi	mg/kg	-	0,10	EN 15488 EN 15837
Obsah fosforu	mg/l	-	0,15	EN 15487 EN 15837
Obsah síry	mg/kg	-	10,0	EN 15485 EN 15486
Obsah síranů	mg/kg	-	4,0	prEN 15492

Tabulka 8 Požadavky a metody zkoušení pro automobilové palivo ethanol E85 [53]

3.6.1 Oktanové číslo bioethanolu E85

Hodnota oktanového čísla stanoveného výzkumnou metodou (OČVM) musí být pro automobilové palivo bioethanol E85 minimálně 104. Za obvyklých podmínek je této hodnoty bez problému dosahováno. V případě určování oktanového čísla motorovou metodou (OČMM) měla by být minimální hodnota 88.

3.6.2 Citlivost na vodu

Ethanol a některé automobilové benzíny jsou hyroskopické neboli mají schopnost absorbovat vodu. Kvůli této nepříznivé vlastnosti jsou dodavatelé nuceni zajistit, aby v klimatických podmínkách cílové země produktu nedošlo k oddělení vody. V případě zvýšené náchylnosti na tento problém musí dodavatelé použít antikoroziční přísady. Obsah vody má negativní vliv na rozpustnost uhlovodíků v palivu E85 a jeho směsích s benzínem

a tím na spouštění studeného motoru a jeho provozní vlastnosti. Voda může dále ovlivnit kalibraci některých senzorů složení paliva. [53]

3.6.3 Požadavky na těkavost

Těkavost označuje schopnost látky vypařovat se. Těkavost je důležitá zejména v ohledu spouštění studeného a teplého motoru v závislosti na evropských sezónních a geografických podmínkách. Z tohoto důvodu jsou definovány čtyři třídy těkavosti. Třída A platí v letní období od 1. května do 30. září. Dále si každá země stanoví, která ze zbývajících tříd bude použita ve zbývajícím období roku. Může si taky zavést přechodné popřípadě i regionální stupně dle místních klimatických podmínek.

S těkavostí úzce souvisí tenze par. Tenze par je nejvyšší tlak, při němž může látka existovat v rovnovážném plynném stavu za dané teploty. Protože se jedná o látku v kritickém bodě, jedná se rovněž i o minimální tlak, při kterém může existovat látka v kapalném nebo pevném stavu za dané teploty. [53], [69], [70]

Vlastnost	Jednotky	Třída A		Třída B		Třída C		Třída D		Metoda zkoušení
		min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Tlak par	kPa	35,0	60,0	50,0	80,0	55,0	80,0	60,0	-	EN 13016-1
Ethanol + vyšší nasycené alkoholy	% (V/V)	70	85	70	85	60	85	50	85	EN 1601

Tabulka 10 Požadavky závislé na klimatických podmínkách a příslušné metody zkoušení [53]

3.7 Rozdíly ve spalování bioethanolu E85 a benzínu

Porovnání základních parametrů benzínu, bioethanolu E85 a motorové nafty je uvedeno v **Tabulce 11**. Základním poznatkem je, že palivo E85 má sice vyšší oktanové číslo (OČVM) cca o 12 jednotek, ale mnohem nižší objemovou i hmotnostní výhřevnost.

Parametr	Bioethanol E85	Natural 95	Motorová nafta
Hustota [$\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]	0,79	0,73	0,84
Výhřevnost hmotnostní [$\text{MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$]	26,80	44,03	42,50
Výhřevnost objemová [$\text{MJ}\cdot\text{dm}^{-3}$]	21,17	32,30	35,70
Teoretická spotřeba vzduchu [kg/kg paliva]	9,00	14,70	14,90
Oktanové číslo [-]	107	95	-
Cetanové číslo [-]	8	-	45 – 55

Tabulka 11 Základní parametry bioethanolu E85, Naturalu 95 a motorové nafty [3]

Obecně není s použitím paliva E85 v zážehových motorech větší problém. Největší rozdíl je u výhřevnosti, která je u paliva E85 přibližně o třetinu nižší než u Naturalu 95. Tento problém se řeší zvětšením dávky paliva dodávaného do motoru. Zvětšené množství paliva spalovaného v motoru s sebou přináší zvýšenou spotřebu, a to asi o 35 %. Naopak palivo E85 má vyšší oktanové číslo. Vyšší oktanové číslo znamená, že je palivo odolnější proti nekontrolovanému spalování a tím je možné jeho energii lépe využít. Při správném seřízení zapalování a kompresního poměru je možné vyšší oktanové číslo využít k částečné kompenzaci za ztráty na výhřevnosti. U palivo E85 je možné zvýšit kompresní poměr až na hodnotu 15:1. Bioethanol E85 má ještě jednu velkou nevýhodu. Vzhledem k velkému výparnému teplu čili energii potřebné k odpaření určitého množství paliva je u bioethanolu E85 problém se startováním motoru při nízkých teplotách. Proto v některých případech probíhá start na benzín případně pomocí přídavného startovacího zařízení. V dnešní době už většina výrobců dodává na trh vozidla označená FFV (Flexi Fuel Vehicle) neboli vozidla schopná spalovat směs benzínu a bioethanolu v jakémkoliv poměru. Ve vozidlech FFV jsou seřizovací parametry, tj. dávkování paliva a předstih zážehu, průběžně přizpůsobovány. Podle obsahu kyslíku ve výfukových plynech určí řídicí jednotka motoru, jaké je složení palivové směsi a upraví seřizovací parametry pro nejlepší průběh spalování.

3.7.1 Test neupraveného motoru provozovaného na bioethanol E85

V roce 2012 byl na Technické univerzitě v Liberci proveden test pro zjištění škodlivin výfukových plynů paliva E85. Test byl proveden na neupraveném motoru při spalování biopaliva automobilu Škoda Felicia kombi, rok výroby 1996. Automobil byl poháněn zážehovým motorem o zdvihovém objemu 1289 cm^3 s elektronicky řízeným jednobodovým

vstřikování paliva o maximálním výkonu 50 kW. Tento test měl ukázat, zda je možné klasický zážehový motor provozovat na bioethanol a dopady tohoto pohonu.

V České republice bývá obvyklé, že majitelé starších automobilů na benzínový pohon využívají palivo E85 bez jakékoliv předchozí úpravy motoru. U motorů s elektronickým vstřikováním by to nemělo přinášet problém, neboť lambda sonda kontrolující složení výfukových plynů dá signál řídicí jednotce o chudé směsi a ta následně zvětší dávku paliva. Avšak navýšení dávky paliva je možné jen v řádu desítek procent, při nutnosti většího navýšení už řídicí jednotka tento signál vyhodnotí jako chybu. Nadále motor pracuje s chudou směsí a u vozidel s třicestnými katalyzátory, které vyžadují dodržování stechiometrického poměru paliva a vzduchu, dochází k výraznému navýšení emisí.

Testovaným automobilem byla několikrát projeta stejná zkušební trasa na každé palivo. U výsledků je také nutné brát ohled na stáří a opotřebení motoru vozu (130 tis. km). Při opakovaných průjezdech zkušební trasy se výsledky lišily jen v řádu jednotek procent. Řídicí systém motoru se dokázal přizpůsobit i bioethanolu E85 zvětšením dávek paliva a kontrolně vypočtený stechiometrický poměr se u obou paliv téměř nelišil. Pro možné srovnání jsou **Tabulce 12** uvedeny vybrané hodnoty a jejich změna při použití paliva E85 u vozidla FFV tudíž u vozidla přizpůsobeného na provoz na biopalivo. V **Tabulce 13** jsou uvedeny hodnoty změřené při testu TUL. U oxidu uhelnatého došlo k poklesu emisí o 60 %, v případě uhlovodíků byla hodnota přibližně stejná. U produkce oxidu dusíku nabyla hodnota trojnásobku původního množství. U pevných částic byla zjištěna mírně vyšší celková hmotnost. [3], [71]

Palivo	Oxid uhelnatý CO [%]	Plynné organické látky THC [%]	Oxidy dusíku NO _x [%]	Pevné částice PM [%]
Benzín	100	100	100	100
E85	80	92	82	66

Tabulka 12 Změny výfukových emisí po přechodu z benzínu na palivo E85 u FFV [71]

Palivo	Oxid uhelnatý CO [%]	Uhlovodíky HC [%]	Oxidy dusíku NO _x [%]	Pevné částice PM [%]
Benzín	100	100	100	100
E85	40	~ 100	300	~ 110

Tabulka 13 Změny výfukových emisí po přechodu z benzínu na palivo E85 u neupraveného vozidla Škoda Felicia [71]

3.8 Budoucnost bioethanolu E85

Litujícím faktorem pro využívání bioethanolu a biopaliv obecně je snížení produkce potravin. Tento pojem je nadnesený, ale biopaliva by neměla zabírat místo plodinám pěstovaným pro výrobu potravin a dále by neměla mít vliv na zvyšování cen potravin. V České republice podle výzkumu z poloviny roku 2013, provedeném zástupci Českého sdružení pro biomasu a Svazu výrobců bionafty, je tento faktor splněn. ČR je schopná pokrýt celou poptávku po potravinách a ještě zbývá asi jeden milion hektarů pro pěstování plodin k výrobě biopaliv. Situace je podobná i v ostatních státech střední Evropy. Navíc jsou biopaliva pro stát výdělečná. Jejich podpora od státu je přibližně 1,1 miliard Kč ročně. Ale v sektoru na výrobu biopaliv je zaměstnáno před sedm tisíc lidí a na daních státu zaplatí přibližně 1,8 miliardy Kč ročně. I přes pozitivní výsledky české analýzy z roku 2013 se situace změnila. V roce 2015 se Evropská unie rozhodla snížit podporu pro biopaliva první generace, avšak cíl na nahrazení 10 % energie v dopravě obnovitelnými zdroji zůstal zachován. Avšak z těchto 10 % můžou biopaliva první generace tvořit pouze 7 %. Evropská unie tuto změnu argumentuje tím, že při započítání negativního vlivu biopaliv na původní ekosystémy jsou biopaliva ve výsledku horší než fosilní paliva a další podpora by ztrácela smysl. [72], [73], [74], [75].

V roce 2013 byl proveden společnostmi Mercedes-Benz, Clariant a Haltermann test biopaliva druhé generace. Jednalo se o pohon automobilů Mercedes-Benz palivem E20. Palivo bylo složeno z 80 % benzínu a 20 % bioethanolu druhé generace. Toto biopalivo bylo vyrobeno v závodě společnosti Clariant ze zemědělského odpadu, například pšeničné slámy a s benzínem smícháno ve firmě Haltermann. Biopalivo vykazuje o 20 % nižší produkci skleníkových plynů při spalování, neboť bioethanolová část téměř žádné nevytváří a tyto plyny nevznikají ani při její výrobě, jako u bioethanolu 1. generace. Studie společnosti BP došla k závěru, že používání biopaliv 2. generace je v současné době ekonomicky výhodnější

než používáním plug-in hybridů. Z toho vyplývá, že vlivem nepříznivého vztahu Evropské unie vůči biopalivům 1. generace bude nejspíše následující cestou při zavádění alternativních paliv rozvoj výroby biopaliv 2. generace. [76]

4. Další alternativní pohony

Mezi nejvýznamnější alternativní pohony mimo biopaliv patří elektrický pohon, pohon na palivové články, hybridní pohon, pohon na plynné palivo a pohon na solární energii.

4.1 Elektrický pohon

První elektromobil byl navržen a zkonstruován v Nizozemsku v roce 1835. V Čechách jako první postavil elektromobil v roce 1895 Ing. František Křížík. V roce 1900 bylo v USA více elektromobilů než automobilů se spalovacím motorem. Vše ale změnil levný automobil firmy Ford, model T. Tento automobil zaznamenal obrovskou popularitu díky své jednoduchosti, dostupnosti a spolehlivosti. Tím elektromobily ustoupily do pozadí zájmu. Popularita elektromobilů vždy stoupla během ropné krize a v současné době hlavně kvůli snížení emisí výfukových plynů.

Výhody elektrického pohonu jsou vysoká účinnost při malé hmotnosti a rozměrech, nízká hladina hluku, nízké udržovací náklady a téměř stoprocentní bezúdržbovost. Další výhodou oproti spalovacímu motoru je průběh točivého moment. U elektrického motoru je maximální točivý moment dostupný prakticky od nulových otáček. Tento druh pohonu také neprodukuje žádné výfukové plyny.

Největší nevýhoda elektrického pohonu je nutnost uchovávání energie v akumulátorech. Tím je množství energie omezeno jejich kapacitou. Pro srovnání: obyčejný olovněný akumulátor, který by měl mít stejnou kapacitu jako 67 litrů benzínu, by musel vážit 5300 kg. Moderní Li-pol akumulátor při stejných podmínkách váží asi pětkrát méně, což je ale ve srovnání se 67 litry (47 kg) benzínu mnohem více. Dnešní dojezd na baterie se pohybuje kolem 200 km.

Nejnámější typy baterií jsou založené na bázi: olova (Pb), nikl-kadmium (NiCd), nikl-metalhydrid (NiMH), sodík-niklchlorid (ZEBRA), lithium-oin (Li-ion) a lithium-polymer (Li-pol). Životnost dnešních akumulátorů se pohybuje mezi 1000 až 2000 cyklů, což odpovídá 5 až 10 letům provozu.

V současné době už mnoho výrobců uvedlo na trh svůj elektromobil. Vyráběnými elektromobily jsou například Peugeot iOn, Nissan Leaf, Škoda Octavia Green e-Line, sportovní Tesla Roadster, luxusní Tesla Model S či český autobus SOR EBN 10.5.

Elektrická energie, jíž jsou dobíjeny akumulátory, se v České republice vyrábí z fosilních paliv (černé a hnědé uhlí, zemní plyn) – 55 %, z jaderné energie – 35 % a z obnovitelných zdrojů (solární, vodní a větrná energie) – 9 %. Vzhledem k původu elektřiny nejsou emise úplně nulové. Proto elektromobil získá daleko větší význam, až bude všechno elektřina, kterou spotřebuje, vyrobena z obnovitelných zdrojů. [3], [77]

4.2 Pohon na palivové články

Možností, jak využívat elektromobil a přitom se vyhnout problémům s akumulátory je využití palivových článků. Princip palivového článku nespočívá s uchováním energie jako u baterie, ale v její výrobě. Palivový článek je principálně galvanický článek. Skládá se ze dvou elektrod oddělených elektrolytem. K anodě je přiváděn redukční prvek (palivo) a ke katodě okysličovadlo (kyslík). Po kontaktu s katodou se oxidační činidlo redukuje na anionty (O^{2-}) a ty pak reagují s kationty (H^+) a výsledkem je voda a uvolněná chemická energie. Chemická energie přechází přímo na elektrickou energii.

Výhodou palivových článků je vysoká účinnost, která je skoro dvakrát vyšší než u spalovacího motoru, téměř neomezená životnost článku a jednoduchost. Dále je také možno v širokém spektru měnit jeho výkon přiváděným množstvím paliva a okysličovadla.

Nevýhodou je obtížně skladování vodíku v automobilových nádržích. Vodík je při kombinaci se vzduchem vysoce výbušný. Problémem jsou minimální rozměry molekuly vodíku, která proniká skrz stěny nádrže do ovzduší. Další nevýhody jsou vysoké pořizovací náklady na články i palivo a pomalé uvedení do chodu.

Palivové články se dělí podle provozní teploty na nízkoteplotní, středněteplotní a vysokoteplotní a podle typu elektrolytu na články s polymerní elektrolytickou membránou (PEM), alkalickým elektrolytem (AFC), kyselinou fosforečnou (PAFC), taveninou alkalických uhličitánů (MCFC) a pevným oxidickým elektrolytem (SOFC).

V dnešní době je asi největší důvěra vkládána do palivových článků kyslíko-vodíkových. Vodík může být získáván z elektrolýzy vody a kyslík z atmosféry. Vodík lze používat v nepřímo, tj. použitím paliv ze kterých je vodík uvolňován tzv. reformovacím procesem. Jako nepřímé palivo se jako nejvíce perspektivní ukazuje methanol.

V současné době používají palivové články pro pohon například vozidla Daimler-Chrysler F-Cell, Ford Focus FCV, GM Hydrogen, autobusy Mercedes Benz Citaro FuelCELL Hybrid a český TriHyBus a traktor New Holland NH2. [3], [78], [79]

4.3 Hybridní pohon

Hybridní pohon je označení pro kombinaci několika zdrojů energie najednou. Nejrozšířenější jsou hybridní vozidla využívající kombinaci spalovacího a elektrického motoru a akumulátoru. V současné době jsou používány dva druhy tohoto hybridního pohonu, jsou to tzv. full hybrid a mild hybrid. Rozdíl spočívá ve využití elektromotoru. V případě full hybridu může být vozidlo poháněno pouze elektromotorem, v případě mild hybridu nikoliv. Full hybrid zástavba je výhodná zejména v městském provozu, kdy není požadován maximální výkon a je možno využít pouze elektromotor s menším výkonem, který neprodukuje žádné výfukové plyny. V souvislosti s full hybridem se často uvádí pojem plug-in hybrid. Tímto je označeno vozidlo, u kterého lze dobíjet akumulátory přímo z elektrické sítě. U mild hybridu slouží elektromotor pouze jako pomoc pro primární spalovací motor. Snížení emisí v tomto provedení je nízké.

U hybridních vozidel mohou být baterie dobíjeny během jízdy částí výkonu spalovacího motoru nebo jen při brzdění tzv. systémem rekuperace energie.

Další kombinací pohonů hybridních vozidel mohou být: spalovací motor + elektromotor + trolej, spalovací motor + setrvačnick, plynová turbína + generátor + akumulátor + elektromotor, lidská síla + elektromotor.

Nejnámějšími hybridními automobily jsou v současné době Toyota Prius, Honda Insight a Lexus RX 450h. [3], [80], [81], [82]

4.4 Pohon na plynné palivo

V automobilovém průmyslu se používají zejména dvě plynová paliva. Prvním palivem je LPG neboli liquefied petroleum gas, v překladu zkapalněný ropný plyn, dříve nazývaný propan butan. LPG je směs zkapalněných uhlovodíkových plynů a vzniká v rafinériích při procesu zpracování ropy. Propan a butan jsou vysoce výhřevné plyny, které se snadno zkapalní i při normální teplotě. Při teplotě 20 °C na zkapalnění stačí tlak 0,85 MPa.

Při zkapalnění dochází ke zmenšení objemu, z 250 litrů plynné fáze vznikne zkapalněním 1 litr kapaliny. Palivo LPG se používá jako alternativní palivo u zážehových motorů. Používá se několik systému využívání LPG. Systémy jsou rozdílné z hlediska přípravy spalované směsi. Systém pro starší karburátorové motory se skládá z tlakové nádrže, regulátoru tlaku, směšovače a trubkového a hadicového vedení. U novějších motorů se vstřikováním je vstříkovač, lambda sonda a řídicí jednotka.

Provoz na LPG je výhodný zejména z cenové stránky. Toto palivo stojí v současné době cca 15 Kč za litr, což je i při vyšší spotřebě o 20 až 30 % stále výhodné. Dalšími výhodami jsou lehce nižší emise, zvýšení životnosti motoru, možnost využívat stále původní palivo i po přestavbě a menší hlučnost motoru. Mimo jiné má palivo LPG nejrozšířenější síť čerpacích stanic ze všech alternativních paliv.

Nevýhodami LPG jsou nutná počáteční investice do úpravy vozidla, snížení výkonu motoru asi o 5 %, nutná každoroční revize plynového systému, zákaz vjezdu do podzemních garáží, zmenšení zavazadlového prostoru příp. obsazení místa rezervy.

Druhým používaným plynným palivem je CNG (compressed natural gas) neboli stlačený zemní plyn. Zemní plyn se také vyskytuje ve formě LNG čili zkapalněný zemní plyn, ale je jen velmi řídko využíván. CNG je uchováván nejčastěji při tlaku 20 MPa, při kterém dojde ke stlačení 200:1. Umístění nádrží u vozidla je rozdílné podle provedení úpravy. U vozidel sériově upravených pro pohon na CNG jsou nádrže nejčastěji umístěny pod podlahou vozidla. Při dodatečné úpravě jsou nádrže obvykle umístěny v zavazadlovém prostoru. Pro plnění CNG se používají dva druhy plnicích stanic, pomaloplnicí a rychloplnicí. U pomaloplnicích stanic trvá plnění několik hodin a provádí se, když není vozidlo v provozu. Rychloplnicí stanice jsou podobní čerpacím stanicím na klasická paliva. Plnění trvá asi 5 minut.

Výhodou provozu na zemní plyn je možnost přestavby zážehových i vznětových motorů. Další výhodou je cena, která je v současnosti 25 Kč za kg, což odpovídá ceně 17 Kč za litr. Dále provoz na CNG přináší méně produkovaných emisí popř. nižší kouřivost, o polovinu nižší hlučnost. Také bezpečnější provoz kvůli dvojnásobné teplotě zápalu oproti benzínu.

Nevýhodami CNG jsou řídká síť plnicích stanic, mírně nižší výkon motoru a povinné atestace palivové soustavy a tlakových nádrží. Další nevýhodou je nutná úprava vozidla zvyšující náklady.

Úpravy vozidel pro možnost pohonu na paliva CNG už v sériové výrobě nabízí mnoho výrobců, mezi nimi například Škoda, Ford, Mercedes-Benz, ale i užitkové divize značek Volkswagen, Fiat, Opel a Mercedes-Benz. Mezi výrobci nákladních vozidel to jsou také Iveco, Renault a Scania. [3], [83], [84], [85]

4.5 Pohon na solární energii

Dalším pohonem, který by se mohl v budoucnosti rozvíjet je solární pohon. Pro přeměnu solární energie na energii elektrickou se používají fotovoltaické články. Článek se v principu polovodičový prvek. Má rozhraní P a N a mezi tímto je přechodová vrstva, ve které existuje elektrické pole vysoké intenzity. V něm jsou uvedeny do pohybu volné nosiče náboje absorbované ze světla. Vzniklý elektrický proud je odváděn elektrodami k dalšímu využití.

V současné době je solární energie u automobilů využívána v malé míře. Používá se například pro pohon některých přístrojů. Fotovoltaické články bývají zakomponovány do střešního okna popř. do celé střechy vozidla. Příklad využití solární energie ukazuje osobní automobil Škoda Superb, u kterého fotovoltaické články umístěné ve střešním okně slouží pro pohon ventilátorů při vypnutém zapalování a umožňují udržení požadovaného komfortu. V oblasti dopravy je solární energie využita také jako zdroj pro parkovací automat nebo nouzové telefony u dálnic. [3], [86]

5. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo popsat problematiku používání biopaliv a zejména biopaliva E85. Biopaliva vznikla z důvodů částečné náhrady fosilních paliv. Nejvýznamnější důvodem pro zavádění biopaliv jsou snižující se zásoby fosilních paliv a legislativní požadavky na snižování emisí produkovaných při spalování fosilních paliv. Biopaliva jsou vyráběná z obnovitelných zdrojů. V tomto případě to jsou zemědělské plodiny, které se pěstují za účelem výroby paliva. Biopaliva se dělí podle výrobní suroviny na biopaliva první, druhé a třetí generace. V současné době jsou stále nejrozšířenější biopaliva první generace, avšak už se používají i druhogenerační biopaliva. Nejrozšířenějšími biopalivy v současné době jsou bioethanol E85, methylester řepkového oleje a směsná motorová nafta.

Nejdůležitějším dokumentem, který zabývá produkcí skleníkových plynů je Kjótský protokol. Podpisem tohoto dokumentu se většina států na světě zavázal k postupnému snižování vypouštěných skleníkových plynů. Dalšími dokumenty zabývajícími se emisemi, které se vztahují na Českou republiku, jsou Bílá a Zelená kniha a dále směrnice Evropského parlamentu 2003/30/ES a 2009/28/ES.

Největší pozornost je v této bakalářské práci věnována biopalivu bioethanol E85. Jedná se o směs bezvodého lihu a benzínu Natural 95. Poměr složek je proměnný v závislosti na ročním období, v létě je obsah lihu 85 % a v zimě 70 %. V České republice je pro výrobu lihu využívána zejména cukrová řepa. Postup výroby byl sledován ve společnosti Agroetanol TTD, a. s. Zde se bezvodý líh vyrábí z difuzní šťávy nebo z melasy. Tyto produkty jsou získávány během výroby cukru v přílehlém cukrovaru v Dobrovici. Ze získané suroviny se líh vyrábí kvašením a následnou destilací. Kvašení probíhá v nádržích ve dvou fázích, nejdříve za přítomnosti vzduchu a poté bez něj. Po vykvašení se lihový produkt destiluje a vzniká líh o 74 % čistotě. Pro získání téměř stoprocentní čistoty se následně provádí molekulové čištění. U bioethanolu E85 je neustále sledována kvalita. Zaměřuje se na kontrolu složení, oktanového čísla, citlivosti na vodu a těkavosti.

Bioethanol E85 se prodává na některých běžných čerpacích stanicích. Jeho cena je nižší, z důvodu částečného osvobození od spotřební daně, o cca 8 Kč než u Naturalu 95. Vozidla, která mohou být provozována pouze na paliv E85 se označují FFV. Motor těchto vozidel je upraven na vyšší vstřikovací dávky kvůli nižší výhřevnosti biopaliva.

Budoucnost paliv a obecně pohonů vozidel je zatím nejasná. Zásoby ropy a ostatních fosilních paliv se tenčí, i když se ještě stále daří objevovat nová ložiska a efektivnější metody těžby. Jednou ale fosilní paliva nebudou a bude třeba používat jiný systém pohonu vozidel. Velká důvěra je vkládána do elektromobilů, a to ať už klasické konstrukce s akumulátory nebo s palivovými články, zejména vodíkovými. V současné době ještě mají tyto technologie oproti motorům spalujícím benzín či naftu nedostatky. Akumulátory mají malou kapacitu a tím omezený dojezd vozidla a také mají nízkou životnost. Palivové články jsou nadějným principem pohonu, ale jsou dost drahé a ekologická výroba vodíku elektrolýzou vody taktéž. Hybridní vozidla mají pouze dočasný význam a zásoby plyných paliv také nejsou nevyčerpatelné. Solární pohon je zatím oproti dalším pohonům pozadu.

Seznam symbolů a zkratk

ČSFR Česká a Slovenská Federativní Republika

ČSN EN Česká technická norma harmonizovaná s Evropskou normou

DPH Daň z přidané hodnoty

EU Evropská unie

FAME MEŘO (Fatty acid methyl ester)

MEŘO methylester řepkového oleje

USA Spojené státy americké (United States of America)

Seznam použité literatury

- [1] Vítejte na Zemi [online]. Dostupné z www:
< http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=fosilni_paliva&site=energie >.
- [2] Fosilní palivo [online]. Dostupné z www:
< https://cs.wikipedia.org/wiki/Fosiln%C3%AD_palivo >.
- [3] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2012, 160 stran, ISBN 978-80-247-4455-1
- [4] Vítejte na Zemi [online]. Dostupné z www:
< http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/?p=tezba_a_spotreba_ropy&site=doprava >.
- [5] Uhlí [online]. Dostupné z www:
< <https://cs.wikipedia.org/wiki/Uhl%C3%AD> >.
- [6] E15.cz [online]. Dostupné z www:
< <http://zpravy.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/ceny-uhli-klesaji-i-kdyz-spotreba-ve-svete-roste-1112490> >.
- [7] Zemní plyn [online]. Dostupné z www:
< https://cs.wikipedia.org/wiki/Zemn%C3%AD_plyn >.
- [8] Odorizace [online]. Dostupné z www:
< <https://cs.wikipedia.org/wiki/Odorizace> >.
- [9] Ochrana ovzduší [online]. Dostupné z www:
< <http://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/ovzdusi/viden.htm> >.
- [10] 309/1991 Sb. [online]. Dostupné z www:
< <http://www.esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=1991s309> >.
- [11] Emise (ekologie) [online]. Dostupné z www:
< https://cs.wikipedia.org/wiki/Emise_%28ekologie%29 >.
- [12] Česká inspekce životního prostředí [online]. Dostupné z www:
< <http://www.cizp.cz/CIZP/O-nas> >.
- [13] Oxid uhelnatý [online]. Dostupné z www:
< https://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_uhelnat%C3%BD >.
- [14] Oxid uhelnatý [online]. Dostupné z www:
< http://www.irz.cz/repository/latky/oxid_uhelnaty.pdf >.
- [15] Hemoglobin a jeho deriváty (LFMU) [online]. Dostupné z www:
< http://www.wikiskripta.eu/index.php/Hemoglobin_a_jeho_deriv%C3%A1ty_%28LF_MU%29 >.

- [16] Oxid dusičitý [online]. Dostupné z www:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_dusi%C4%8Dit%C3%BD>.
- [17] Oxid dusičitý [online]. Dostupné z www:
<http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=oxid_dusicity&site=doprava>.
- [18] Síra [online]. Dostupné z www:
<<https://cs.wikipedia.org/wiki/S%C3%ADra>>.
- [19] Motorová nafta [online]. Dostupné z www:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Motorov%C3%A1_nafta>.
- [20] Nespálené uhl'ovodíky[online]. Dostupné z www:
<https://sk.wikipedia.org/wiki/Nesp%C3%A1len%C3%A9_uh%C4%B5ovod%C3%ADky>.
- [21] Honda-club.cz [online]. Dostupné z www:
<<http://www.honda-club.cz/old/view.php?id=102>>.
- [22] Kjótský protokol [online]. Dostupné z www:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Kj%C3%B3tsk%C3%BD_protokol>.
- [23] Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu [online]. Dostupné z www: <http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol>.
- [24] Kyoto protocol, status of ratification [online]. Dostupné z www:
<http://unfccc.int/files/essential_background/kyoto_protocol/application/pdf/kpstats.pdf>.
- [25] Biopalivo [online]. Dostupné z www:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Biopalivo_-_cite_note-1>.
- [26] Biopaliva druhé a třetí generace [online]. Dostupné z www:
<<http://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>>.
- [27] Historie biopaliv [online]. Dostupné z www:
<<http://biopalivafrci.cz/co-jsou-to-biopaliva/historie/>>.
- [28] Rudolf Diesel [online]. Dostupné z www:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Rudolf_Diesel>.
- [29] Heny Ford [online]. Dostupné z www:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/Henry_Ford>.
- [30] Bionafta a směsná motorová nafta [online]. Dostupné z www:
<<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/bionafta-a-smesna-motorova-nafta>>.
- [31] Přízemní (troposférický) ozon [online]. Dostupné z www:
<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/weather_links/Pocasi/Navody/Prizemni_ozon/text_ozon.htm>.

- [32] KOMISE EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ. *Bílá kniha - Evropská dopravní politika pro rok 2010: čas rozhodnout*. Přel. P. Zavadil. 1. vydání. Praha: Nadatur, 2001, ISBN 80-7270-015-4
- [33] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/30/ES, o podpoře užívání biopaliv nebo jiných obnovitelných pohonných hmot v dopravě*. 2003
- [34] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES, o podpoře užívání energie z obnovitelných zdrojů a změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES*. 2009
- [35] Metylester řepkového oleje [online]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Metylester_%C5%99epkov%C3%A9ho_oleje>.
- [36] MEŘO [online]. Dostupné z www: <<http://biopaliva.webgarden.cz/rubriky/mero>>.
- [37] Chci začít tankovat biopaliva. Co to obnáší? [online]. Dostupné z www: <<http://biopalivafrci.cz/chci-zacit-tankovat-biopaliva-co-to-obnasi/>>.
- [38] Ethyl tert-butyl ether [online]. Dostupné z www: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ethyl_tert-butyl_ether>.
- [39] ETBE [online]. Dostupné z www: <<http://biofuelstp.eu/etbe.html>>.
- [40] Vlastnosti biopaliv [online]. Dostupné z www: <<http://biopalivafrci.cz/co-jsou-to-biopaliva/vlastnosti/>>.
- [41] Může být B100 plnohodnotnou náhradou nafty? [online]. Dostupné z www: <<http://www.petrol.cz/aktuality/muze-byt-b100-plnohodnotnou-nahradou-motorove-nafty-3468.aspx>>.
- [42] Druhy biopaliv [online]. Dostupné z www: <<http://biopalivafrci.cz/co-jsou-to-biopaliva/druhy/>>.
- [43] Bioplyn [online]. Dostupné z www: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>>.
- [44] Fisher-Tropschova syntéza [online]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Fischer-Tropschova_synt%C3%A9za>.
- [45] Fisher-Tropschova syntéza [online]. Dostupné z www: <<http://www.petroleum.cz/slovník.aspx?pid=86>>.

- [46] EVROPSKÝ PARLAMENT A RADA EVROPSKÉ UNIE. *Narižení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 715/2007, o schvalování typu motorových vozidel z hlediska emisí z lehkých osobních vozidel a z užitkových vozidel (Euro 5 a Euro 6) a z hlediska přístupu k informacím o opravách a údržbě vozidla. 2007*
- [47] E85 – palivo nové generace [online]. Dostupné z www: <http://www.cukrovaryttd.cz/agroetanol-ttd/vyrobky/e85-palivo-nove-generace/>.
- [48] Benzín [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Benz%C3%ADn_-_Adiviva.
- [49] Natural 95 [online]. Dostupné z www: <http://www.autorest.cz/natural-95>.
- [50] Oktanové číslo [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Oktanov%C3%A9_%C4%8D%C3%ADslo.
- [51] Adiviva do paliv [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Adiviva_do_paliv.
- [52] Trendy v predaji prémiových palív [online]. Dostupné z www: <http://www.petrol.cz/media/66054/mikulec.pdf>.
- [53] Předpis č. 133/2010 Sb. [online]. Dostupné z www: <http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2010-133>.
- [54] Řepný cukrovar [online]. Dostupné z www: <https://www.stream.cz/jidlo-s-r-o/10004917-cukr-1-repny-cukrovar>.
- [55] Cukr [online]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Cukr>.
- [56] Difuzní šťáva [online]. Dostupné z www: <http://boleslavsky.denik.cz/galerie/foto.html?mm=difuzni-stava>.
- [57] Melasa [online]. Dostupné z www: <https://lt.wikipedia.org/wiki/Melasa>.
- [58] Sacharóza [online]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sachar%C3%B3za>.
- [59] Frakční destilace [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Frak%C4%8Dn%C3%AD_destilace.
- [60] Historie lihovaru Dobrovice [online]. Dostupné z www: <http://www.cukrovaryttd.cz/vyroba/zavody/agroetanol-ttd-lihovar-dobrovice/historie-agroetanol-ttd-lihovaru-dobrovice/>.

- [61] Tereos TTD uvedl do provozu akreditovanou laboratoř [online]. Dostupné z www: <<http://www.cukrovarytttd.cz/aktuality/tereos-ttd-uvvedl-do-provozu-akreditovanou-laborator/>>.
- [62] Předpis č. 141/1997 Sb. [online]. Dostupné z www: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-141-p2>>.
- [63] Zápis z valné hromady společnosti Tereos TTD, a. s. [online]. Dostupné z www: <http://www.cukrovarytttd.cz/ke_stazeni/zpis_vh_100714_31.pdf>.
- [64] Co je daňový sklad? [online]. Dostupné z www: <<http://www.apogeo.cz/aktuality/co-je-danovy-sklad-263/>>.
- [65] Pohonné hmoty rekordně zdražují, alternativou pro motoristy může být paliv E85 [online]. Dostupné z www: <<http://www.ttd.cz/aktuality/pohonne-hmoty-rekordne-zdrazuji-alternativou-pro-motoristy-muze-byt-palivo-e85/>>.
- [66] Seznam čerpacích stanic s E85 [online]. Dostupné z www: <<http://www.bioethanole85.cz/cerpaci-stance-e85>>.
- [67] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Zpráva o aktualizaci a stavu Evidence čerpacích stanic pohonných hmot v ČR k 31. 12. 2014.* 2015
- [68] Pumpdriod [online]. Dostupné z www: <<http://aplikace.o2active.cz/detail.php?id=297>>.
- [69] Těkavost [online]. Dostupné z www: <<https://cs.wikipedia.org/wiki/T%C4%9Bkavost>>.
- [70] Tenze par kapalin [online]. Dostupné z www: <http://old.vscht.cz/fch/cz/pomucky/Skripta_kap_07.pdf>.
- [71] VOJTÍŠEK, Michal, MAZAČ, Martin a LAURIN, Josef. *Výfukové škodliviny konstrukčně neupraveného motoru na bioetanolové palivo E-85.* Listy cukrovarnické a řepařské 128, č. 4, 2012, strana 146 – 150
- [72] Čísla dokazují, že biopaliva Čechům jídlo neberou [online]. Dostupné z www: <<http://www.petrol.cz/aktuality/archiv/2013/24/cisla-dokazuji-ze-biopaliva-cechum-jidlo-neberou-2681.aspx>>.
- [73] Evropský parlament omezil podporu biopaliv první generace [online]. Dostupné z www: <<http://www.petrol.cz/aktuality/archiv/2015/18/evropsky-parlament-omezil-podporu-biopaliv-prvni-generace-6049.aspx>>.
- [74] 28/4/2015: Evropský parlament dnes omezil podporu pro biopaliva první generace [online]. Dostupné z www: <<http://czbiom.cz/blog/2015/04/28/ep-omezil-podporu-pro-biopaliva/>>.

- [75] Evropský výbor pro životní prostředí chce omezit biopaliva. Podíl biopaliv první generace bude maximálně 7 procent. [online]. Dostupné z www: <http://www.tretiruka.cz/news/evropsky-vybor-pro-zivotni-prostredi-podil-biopaliv-prvni-generace-bude-maximalne-7-procent-do-roku-2020/>.
- [76] Mercedes-Benz testuje v Německu palivo E20 [online]. Dostupné z www: <http://www.petrol.cz/aktuality/archiv/2014/6/mercedesbenz-testuje-v-nemecku-palivo-e20-3598.aspx>.
- [77] Výroba elektrické energie [online]. Dostupné z www: http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=vyroba_elektricke_energie&site=energie.
- [78] Palivový článek [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Palivov%C3%BD_%C4%8DI%C3%A1nek.
- [79] Palivové články [online]. Dostupné z www: http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_15.pdf.
- [80] Hybridní pohon [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Hybridn%C3%AD_pohon.
- [81] Plug-in hybrid [online]. Dostupné z www: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/plug-in-hybrid>.
- [82] Mild hybrid [online]. Dostupné z www: <http://www.hybrid.cz/slovnicek/mild-hybrid>.
- [83] LPG [online]. Dostupné z www: <https://cs.wikipedia.org/wiki/LPG>.
- [84] Stlačení zemní plyn [online]. Dostupné z www: https://cs.wikipedia.org/wiki/Stla%C4%8Den%C3%BD_zemn%C3%AD_plyn.
- [85] Přehled vozidel na CNG [online]. Dostupné z www: <http://www.jikovcng.cz/o-cng/prehled-vozidel-na-cng/>.
- [86] Škoda Superb 3,6 FSI V6 4x4 [online]. Dostupné z www: <http://www.skodahome.cz/predstavujeme/2412-skoda-superb-l-k-36-fsi-v6-4x4-test-skodahomecz.html>.
- [87] AGROETANOL TTD, A. S. *Interní zdroje*. 2014 – 2015