

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2013

Pavína Sikytová

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Biotechnologie využití biomasy

Katedra: Aplikovaných rostlinných biotechnologií

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

Bakalářská práce

Biomasa jako základní surovina pro výrobu paliv a energie

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.

Autor bakalářské práce:

Pavλίna Sikytová

České Budějovice, duben 2013

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavína SIKYTOVÁ**
Osobní číslo: **Z10510**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Biotechnologie využití biomasy**
Název tématu: **Biomasa jako základní surovina pro výrobu paliv a energie**
Zadávací katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

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

Biopaliva mohou být pevná (biomasa, odpady), kapalná (methanol, ethanol, biobutanol, syntetický benzín a syntetická nafta /FT původ/, bionafta /estery/, bionafta /bio-oleje/, bionafta /rostlinné uhlovodíky včetně mikroskopických řas/, bionafta /oleje z mikroskopických řas/) a plynná (bioplyn, vodík, dimetyleter). K rozdělení biopaliv byla použita jejich vývojová fáze. Jsou rozdělena na biopaliva první, druhé a třetí generace. Biopaliva, která jsou produkována v současnosti ve velkých objemech jsou řazena do první generace. Biopaliva, která byla již vyrobena, ale technické obtíže a vysoké náklady způsobily zpoždění jejich aplikace ve velkém měřítku patří k druhé generaci. Za třetí generaci jsou považována ta biopaliva, která jsou ještě ve fázi výzkumu a vývoje. Při použití doporučené i další literatury vypracujte pod vedením vedoucího práce literární rešerši na téma: " Biomasa jako základní surovina pro výrobu paliv a energie".

Bakalářskou práci vypracujte dle Opatření děkana č. 13 ze dne 18. 12. 2009.

Rozsah grafických prací: tabulky, grafy, obrázky dle potřeby

Rozsah pracovní zprávy: cca 40 - 50 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- Kužel S. a kol. (2010): Komplexní využití biomasy. ZF JU v Českých Budějovicích, 1. díl, 122 s.
- Scragg A. H. (2009): Biofuels production, application and development. Cambridge University Press. CABI, 236 p.
- Kamm B. et al. (2006): Biorefineries - Industrial Processes and Products. WILEY-VCH Verlag GmbH, 1 vol., 441 p. and 2 vol., 497 p.
- Kára J. a kol. (2007): Výroba a využití bioplynu v zemědělství. MZE, 119 s.
- Spath P. L., Dayton D. C. (2003): Preliminary Screening - Technical and Economic Assessment of Synthesis Gas to Fuels and Chemicals with Emphasis on the Potential for Biomass-Derived Syngas. NREL, 142 p.
- Philips S. et al. (2007): Thermochemical Ethanol via Indirect Gazification and Mixed Alcohol Synthesis of lignocellulosic Biomass. NREL, 125 s.
- Ramey D., Shang T. Y. (2004): Production of Butyric Acid and Butanol from Biomass. U. S. Department of Energy Morgantown, WV, 103 p.
- Manella M. et al. (2005): Accomplishment Towards the Roadmap for Bioenergy and Biobased Products in the United States. U. S. Department of Energy's 2005 Biomass R&D Activities.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Stanislav Kužel, CSc.
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: 15. února 2012

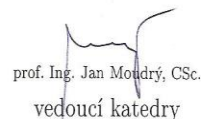
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2013



Ing. Marek Suchý, Ph.D.

proděkan pověřený vedením ZF

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



prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 15. března 2012

PROHLÁŠENÍ

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

V Besednici dne 1. dubna 2013

.....

Pavčina Sikytová

PODĚKOVÁNÍ

Tímto si dovoluji poděkovat vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Stanislavu Kuželovi, CSc. za vedení a usměrnění při vypracování bakalářské práce.

Abstrakt

Cílem této práce je vypracování rešerše technologických procesů k energetickému využití biomasy s důrazem na výrobu elektrické energie a výrobu biopaliv. Práce dále popisuje a ukazuje druhy biomasy, možnosti jejího využití i vývojové fáze zpracování biomasy. Zmíněna je perspektiva využívání biopaliv a v závěru je téma rozvedeno o legislativní prostředí a podporu biomasy v ČR. Při tvorbě rešerše bylo využito odborné literatury od více autorů.

Abstract

The aim of this research is to develop technological processes for energy recovery, with an emphasis on biomass power generation and the production of biofuels. The work describes and shows the types of biomass, possibilities of its use and development phase of processing of biomass. The prospect of biofuel use is mentioned and in the end the topic is elaborated on the legislative environment and promotion of biomass in the Czech Republic. There has been used literature of various authors in making of the research.

KLÍČOVÁ SLOVA

Biomasa, spalování, zplyňování, anaerobní fermentace, biopaliva

KEYWORDS

Biomass, burning, gasification, anaerobic fermentation, biofuels

OBSAH

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| ÚVOD | 1 |
| 1. BIOMASA A JEJÍ CHARAKTERISTIKA | 2 |
| 2. TECHNOLOGICKÉ PROCESY K ENERGETICKÉMU VYUŽITÍ BIOMASY | 3 |
| 2.1 Termochemická konverze (suché procesy) | 5 |
| 2.1.1 Spalování..... | 5 |
| 2.1.2 Zplyňování..... | 6 |
| 2.1.3 Pyrolýza..... | 7 |
| 2.2 Biochemická konverze (mokré procesy)..... | 9 |
| 2.2.1 Anaerobní fermentace..... | 9 |
| 2.2.2 Alkoholová fermentace..... | 11 |
| 2.2.3 Aerobní fermentace..... | 12 |
| 2.3 Fyzikálně- chemická konverze | 12 |
| 2.3.1 Esterifikace surových bioolejů..... | 13 |
| 3. DRUHY BIOPALIV DLE ZDROJE BIOMASY A JEJICH VÝVOJOVÉ FÁZE..... | 13 |
| 3.1 Pevná biopaliva..... | 15 |
| 3.1.1 <u>Biomasa záměrně pěstovaná k energetickým účelům</u> | 16 |
| 3.1.1.1 Škrobnato-cukernaté a olejnaté plodiny..... | 16 |
| 3.1.1.2 Travní porosty a ostatní rostliny | 18 |
| 3.1.1.3 Rychle rostoucí dřeviny..... | 20 |
| 3.1.2 <u>Biomasa odpadní</u> | 21 |
| 3.1.2.1 Odpady ze zemědělské prvovýroby a péče o krajinu..... | 21 |
| 3.1.2.2 Odpady z lesního hospodářství a dřevařských provozoven.... | 21 |
| 3.1.2.3 Odpady z potravinářské a průmyslové výroby..... | 22 |
| 3.1.2.4 Organický podíl z komunálních odpadů..... | 22 |
| 3.1.2.5 Odpady z živočišné výroby..... | 22 |
| 3.2 Kapalná biopaliva..... | 22 |
| 3.2.1 Metanol..... | 23 |
| 3.2.2 Etanol..... | 23 |
| 3.2.3 Biobutanol..... | 24 |
| 3.2.4 Syntetický benzín a syntetická nafta | 25 |
| <i>Fischer – Tropschova (FT) syntéza</i> | |
| 3.2.5 Kapalná biopaliva nahrazující naftu..... | 27 |

| | | |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 3.3 | Plynná biopaliva..... | 28 |
| 3.3.1 | Bioplyn (metan) | 28 |
| 3.3.2 | Dimetyleter (DME) | 29 |
| 3.3.3 | Biovodík | 30 |
| 4. | LEGISLATIVNÍ PROSTŘEDÍ..... | 33 |
| 4.1 | Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 -2020..... | 33 |
| | ZÁVĚR | 34 |
| | POUŽITÉ ZDROJE..... | 35 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 39 |

ÚVOD

Širší zapojení obnovitelných zdrojů energie (OZE), to je zajištění dostatku energie pro uspokojení základních potřeb člověka a lidské společnosti, náleží k možnostem řešení jednoho z globálních problémů lidstva.

Podle PASTORKA a kol. (2004) bude zásobování palivy a energiemi problém, který zasáhne celou společnost a bude muset být řešen na různých úrovních řízení. Problematika je umocňována dosavadními trendy světového populačního růstu, rostoucí spotřebou energie, rychlým poklesem zásob fosilních paliv, i zdánlivě pomalým technickým pokrokem v objevování nových, především obnovitelných zdrojů energie.

BROŽ, ŠOUREK (2003) tvrdí, že v současnosti si nahrazování fosilních paliv alternativními zdroji energie získává stále větší pozornost. Světová produkce primární biomasy je odhadována na 155 miliard tun. Obsah energie této potenciálně využitelné biomasy odpovídá přibližně 100 miliardám tun jednotek černého uhlí a tím pádem desateronásobku spotřeby energie na celém světě.

SOUČKOVÁ a kol. (2006) zmiňují zájem o využití rostlinné biomasy z důvodu omezování produkce skleníkových plynů a snižování produkce biologických odpadů. Největší význam fytohmoty udávají ve využití přebytečné půdy pro pěstování energetických plodin, v účelné údržbě krajiny a také ve vytvoření nových pracovních míst v regionech.

PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) vidí omezení fosilních paliv také z ekologického hlediska, v zájmu trvale udržitelného způsobu života. Platnost teorie globálního oteplování i častých klimatických změn potvrzují hlášené škody v důsledku živelných pohrom.

Podpora alternativních zdrojů energie je od roku 2013 regulována zcela novým zákonem. Současně byly vydány i nové prováděcí předpisy.

ZÁKON č. 165 / 2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů.

Částí zákona je tvorba Národního akčního plánu České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů (dále jen "Národní akční plán"), který je zmíněn v této práci.

1. BIOMASA A JEJÍ CHARAKTERISTIKA

PASTOREK a kol. (2004) definují biomasu jako substanci biologického původu. Zmiňují pěstování rostlin v půdě nebo ve vodě, chov živočichů, produkce organického původu a také organické odpady. Biomasa je záměrně získávána jako výsledek výrobní činnosti, nebo se jedná o využití odpadů ze zemědělské, potravinářské a lesní výroby, z komunálního hospodářství, z údržby krajiny a péče o ni.

Biomasu, jako tradiční celosvětový zdroj energie, uvedli STRAŠIL a kol.(2011). Její využití limitují nízkou přeměnou slunečního záření při fotosyntéze a navazujících pochodech. Rostlinná biomasa vzniká přeměnou sluneční energie s účinností menší než 1%. S náklady a energetickými výdaji na její těžbu, zpracování a transport musí být počítáno. Roční produkce rostlinné biomasy se pohybuje okolo $0,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ sušiny. Jen v úrodných půdách s další dodatekovou energií ve formě hnojiv a agrotechnických zásahů lze dosáhnout vyšší produkce. $0,5 \text{ kg}$ sušiny na metr čtvereční je přibližně 5 tun sušiny na hektar, což odpovídá získané energii 20 – 30 MWh na hektar za rok.

VRÁBLÍKOVÁ (2000) souhlasí, že v procesu fotosyntézy se v biomase rostlin akumuluje energie. Teoretickou účinnost fotosyntézy zde definuje jako 7,5%, což může činit v našich podmínkách maximální produkce sušiny veškeré rostlinné hmoty (včetně kořenového systému) $40 \text{ až } 60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ za rok. V současném intenzivním zemědělství se z 1 ha vyprodukuje 10 až 35 t sušiny biomasy.

Biomasa, podobně jako ropa, má rozmanité složení. Úprava a následné zpracování jejích látek vedou k celé škále produktů. Petrochemie je založena na principu vytváření jednoduchých dobře definovaných chemicky čistých výrobků z uhlovodíku v rafinériích. Tento princip ropných rafinérií musí být přenesen i na biorafinérie. Biomasa je produktem přírodní syntézy a její poměr C:H:O:N se od ropy odlišuje. Biotechnologické transformace společně s chemickými pak z biomasy udělají surovinu budoucnosti. (KUŽEL, 2010)

Podle NOSKIEVIČE a kol. (1996) je možné energii z rostlin získávat buď přímým spalováním celých rostlin, nebo jejich částí, popř. výrobou paliv z produktů z nich získaných (oleje, estery, alkoholy). Způsob získávání energie se pak podřizuje

výběru plodin. Perspektivní se jeví i tendence získávání biomasy z ekologicky zatížených oblastí, popř. míst určených k rekultivaci.

Podle odhadů odborníků na problematiku biomasy, je její celosvětový potenciál asi pětikrát větší nežli roční spotřeba fosilních paliv. Čím je tedy limitováno využití biomasy k energetickým účelům?

Dle VRÁBLÍKOVÉ (2000) můžeme shrnout limitující faktory do několika bodů:

- využitím orné půdy pro potravinářské účely, produkcí krmiv pro hospodářská zvířata a zajištěním surovin pro průmyslové účely
- zvýšením kapitálových vkladů do výroby a zpracování biomasy, zvětšením produkční plochy, nebo navýšením intenzity produkce biomasy
- konkurencí v oblasti cen v porovnání s cenami energií z klasických primárních zdrojů
- nerovnoměrným rozmístěním zdrojů biomasy a energetických spotřebičů, obtížemi s akumulací, transportem a distribucí získané energie z biomasy

2. TECHNOLOGICKÉ PROCESY K ENERGETICKÉMU VYUŽITÍ BIOMASY

K nejdůležitějším vlastnostem biomasy z energetického hlediska SOUČKOVÁ (2005) uvádí:

Výhřevnost - množství tepla uvolněného dokonalým spálením, přičemž vodní pára ve spalinách nekondenzuje, obvykle se udává v MJ/kg.

Spalné teplo - množství tepla uvolněného dokonalým spálením, přičemž se využije kondenzační teplo vodní páry ve spalinách, obvykle se udává v MJ/kg.

JEVIČ a kol. (2008) vysvětlují, že biomasa jako palivo je charakterizována:

➤ **Výhřevností** - v praxi je podstatně více ovlivňována obsahem vody než druhem biomasy. U absolutně suché stébelné hmoty je např. výhřevnost pouze asi o 6% nižší než u sušiny dřevin. Biomasa s vysokým obsahem ligninu má zpravidla vyšší výhřevnost než materiál obsahující převážně celulózu.

➤ **Obsahem vody** - vedle výhřevnosti ovlivňuje obsah vody také vhodnost ke skladování. Obsah vody nad 16% vede zpravidla k biologickým procesům odbourávání a transformace, které jsou spojeny se ztrátami.

PASTOREK a kol. (2004) upozorňují na další sledované vlastnosti biomasy:

➤ **Složením hořlaviny** – pro dřevo je specifické, že obsahuje největší podíl plynných látek uvolňovaných pyrolýzou (75 až 85%) nehořících na roštu, ale ve vznosu mezi roštem a komínem. Z toho vyplývá, že efektivní a pro životní prostředí neškodné spalování biomasy je možné jen ve speciálních topeništích, a nikoliv v energetických jednotkách konstruovaných pro jiná paliva.

JEVIČ a kol. (2008) ještě zmiňují:

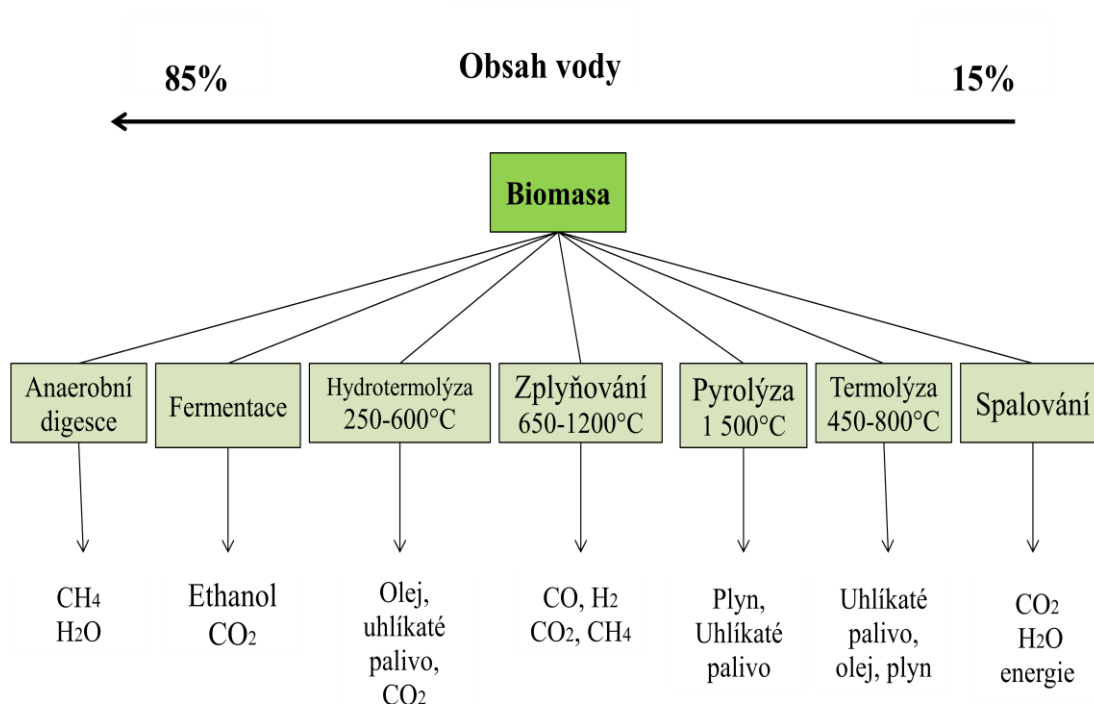
➤ **Podíl prchavé látky, složení popelovin (Chlor, těžké kovy)** – obsah chloru v tuhých biopalivech je důležitý technický parametr s ohledem na tvorbu korozivní kyseliny chlorovodíkové (*acidum hydrogenchloridum*). Mimoto může zvýšený obsah chloru vést ke snížené teplotě měknutí popela. Těžké kovy zůstávají z velké části v popelu a ovlivňují tím opětovnou použitelnost jako hnojivo.

➤ **Teplota deformace popela, teplota měknutí, tavení a tečení** - u paliv s nízkými teplotami měknutí popela, mezi které patří stébelnaté rostliny (např. i celé rostliny obilovin) existuje vysoké riziko, že překročení kritické teploty povede ke spečení hmoty v topeništi, na roštu a na stěnách výměníku.

Z hlediska emisí oxidu uhličitého, který je hlavním plynem, způsobujícím tzv. skleníkový efekt, se biomasa chová **neutrálně** - při udržitelném přístupu, kdy nejsou zdroje biomasy extrémně vyčerpávány, se jedná o uzavřený cyklus, kdy je CO₂ uniklý do atmosféry při spalování pohlcen nově dorůstající biomasou, kterou je možno dále materiálově nebo energeticky využít. (PASTOREK a kol., 2004)

Způsoby využití biomasy k energetickým účelům závisí na fyzikálních a chemických vlastnostech použité biomasy a formě jejího získávání. Nejvýznamnější vlastností energetické biomasy je její **vlhkost**. Voda v biomase snižuje poměr využitelného tepla a hmotnosti (spalné teplo). Rovněž při jejím odpaření se spotřebuje část tepla (projeví se snížením výhřevnosti). Vlhkost paliva snižuje účinnost spalovacího zařízení a zvyšuje se obsah spalin. (VRÁBLÍKOVÁ, 2000)

Schéma č. 1: Technologie přeměny biomasy



Zdroj: KAMM, Birgit, Patrick R GRUBER a Michael KAMM. *Biorefineries - industrial processes and products: status quo and future directions*. (2006), s. 350

2.1 Termochemická konverze (suché procesy)

V současnosti PASTOREK a kol. (2004) řadí termické procesy k nejrozšířenějším energetickým využitím biomasy.

2.1.1 Spalování

Podle VODRÁŽKY (1991) je z čistě fyzikálního pohledu s ohledem na zisk energie nejúčinnější přímé spalování biomasy a výroba páry a elektřiny ze získané tepelné energie.

Pro ekologické a efektivní spalování biomasy pak VRÁBLÍKOVÁ (2000) uvádí:

- dostatečné množství kyslíku
- vysoký obsah sušiny
- provozní teplota nad hranicí zápalné teploty materiálu

Podstata spalování je spalování uhlíku na oxid uhličitý ($C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{teplo}$), spalování vodíku na vodní páru ($2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O + \text{teplo}$) a spalování síry na oxid siřičitý ($S + O_2 \rightarrow SO_2 + \text{teplo}$). Jak PASTOREK a kol. (2004) uvádí, jedná se o reakce *exotermické*, při kterých se slučují hořlavé prvky s kyslíkem.

Biomasa se ve velkém spaluje v klasických elektrárnách ve fluidních kotlích s cirkulací spalin spolu s energetickým uhlím. Pro průmyslové aplikace nebo systémy centrálního zásobování teplem se používají kotle nad 100 kW spalující také dřevní štěpku nebo balíky slámy. Často jsou vybaveny automatickým přikládáním paliva a spalují i méně kvalitní a vlhčí biomasu. Někdy tato zařízení využívají kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (kogenerace).

Spalování čisté biomasy a spolu-spalování biomasy s energetickým uhlím ve větším množství se v závislosti na případných změnách související legislativy jeví jako perspektivní směr energetického využívání obnovitelných zdrojů v ČR.

(Alternativní zdroje energie: Výroba energie z biomasy. In: [online]. [cit. 2013-03-12]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>)

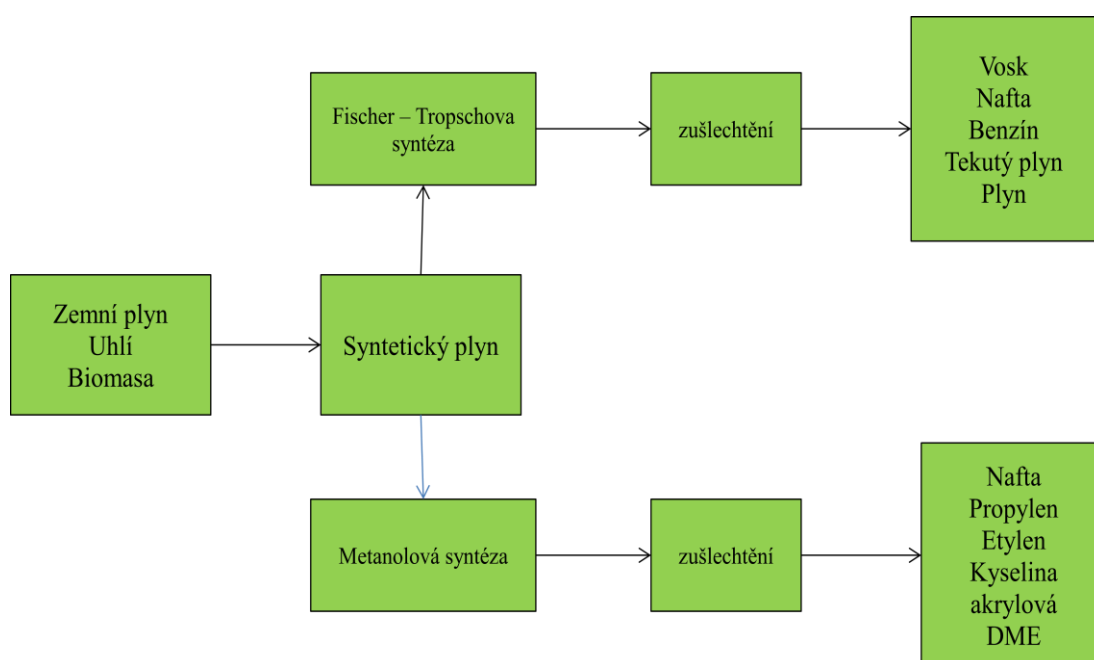
2.1.2 Zplyňování

Při energetickém zhodnocení biomasy přímým spalováním nevznikají žádná kapalná nebo plynná lehce transportovatelná paliva a primární chemikálie. VODRÁŽKA (1991) konstatuje, že k získání takovýchto paliv ve velkém měřítku se jeví nejvhodnějším řešením tepelné zplyňování. Následující konverze vzniklé plynné směsi, označované jako **syntetický plyn** s obsahem H_2 , CO , CO_2 , CH_4 se stopami acetyleny, etylenu a H_2S , až na metanol. Ten pak může být jen s malou ztrátou energie hydrogenován na syntetický benzín.

PASTOREK a kol., (2004) publikují tři základní technologie zplyňování. Jsou to protiproudá, souproudá a fluidní technologie. Pro získání plynu s výhřevností nad $5MJ.Nm^{-3}$ je třeba, aby vlhkost suroviny vstupující do reaktoru byla 15-20%. Zavedení technologie plazmového zplyňování nabízí **Solena Group**, vůdčí mezinárodní firma v oblasti velkovýroby bio-energie z biomasy, odpadů a jiných uhlovodíkových organických materiálů.

Z hlediska produkce alternativních paliv může být syntézní plyn s upraveným poměrem H_2/CO přeměněn na palivo přímo Fischer - Tropschovou syntézou a metanizací, nebo nepřímo, tj. nejdříve syntézou metanolu a následnou přeměnou na uhlovodíky nebo dimetyleter (DME). Kromě alternativních paliv mohou být ze syntézního plynu získány i další chemikálie. (POHOŘELÝ, JEREMIÁŠ, 2010)

Schéma č. 2: Možnosti využití syntetického plynu



Zdroj: JEVIČ, Petr: Tepelně chemické zpracování biomasy na motorová paliva a suroviny. *Biom.cz* [online]. 2013-02-25 [cit. 2013-03-04]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-kapalna-biopativa/odborne-clanky/tepelne-chemicke-zpracovani-biomasy-na-motorova-paliva-a-suroviny>>. ISSN: 1801-2655.

Dle SCRAGGA (2009) vede zplyňování biomasy při vysokých teplotách (okolo $700^{\circ}C$) za přítomnosti kyslíku ke směsi plynu, dehtu a dřevěného uhlí v důsledku částečné oxidace. Při zplyňování biomasy musí být obsah vlhkosti 10% nebo nižší. Vznikající plyn se nazývá syntetický plyn. Ten je směsí oxidu uhelnatého a vodíku, které mohou být přeměněny na metanol přechodem přes Cu/Zn/ Al katalyzátory.

2.1.3 Pyrolýza

PASTOREK a kol. (2004) uvádí, že jde o termický rozklad organických látek na nízkomolekulární sloučeniny, které mohou být využity k syntézním výrobám nebo jako topný olej, popř. topný plyn. Podle druhu zpracovávaného materiálu a

požadovaných produktů se pyrolýza provádí při atmosférickém, zvýšeném nebo i sníženém tlaku a při rozdílných teplotách.

Podle KÁRY a kol.(2008) se obvykle produkují tři výstupy: plyn, kapalina a dřevěné uhlí. Na pyrolýzní metodě a reakčních parametrech značně závisí relativní produkce. Teploty se dělí na nízké (500°-800°C), střední (800°-1100°C) a vysoké (1500°-2000°C).

Klasická pyrolýzní jednotka produkuje 80 - 85% hořlavého plynu (směs oxidu uhelnatého a vodíku) a 15 - 20% uhlí. Při rychlé pyrolýze vzniká z 1 t suché biomasy 650 - 700 kg biooleje, 150 - 200 kg hořlavého plynu a cca 150 kg dřevěného (rostlinného) uhlí. Pyrolýzní bioolej vzniká prudkým zchlazením plynů, vznikajících při odplynění biomasy nebo bioodpadů v pyrolýzním reaktoru při teplotách do 500°C bez přístupu vzduchu. Vstupní surovina musí být zrnitostně upravená (max. 3 mm) a suchá. Obsah sušiny je vysoký, okolo 90%. Vzniklý bioolej je hnědá kapalina o výhřevnosti 15 - 20 MJ.kg⁻¹ (což je cca polovina výkonnosti topného oleje). Jeho pH je 2,3 - 3. Obsahuje kromě uhlovodíků též lignin a organické kyseliny, aromáty a mnoho dalších látek.

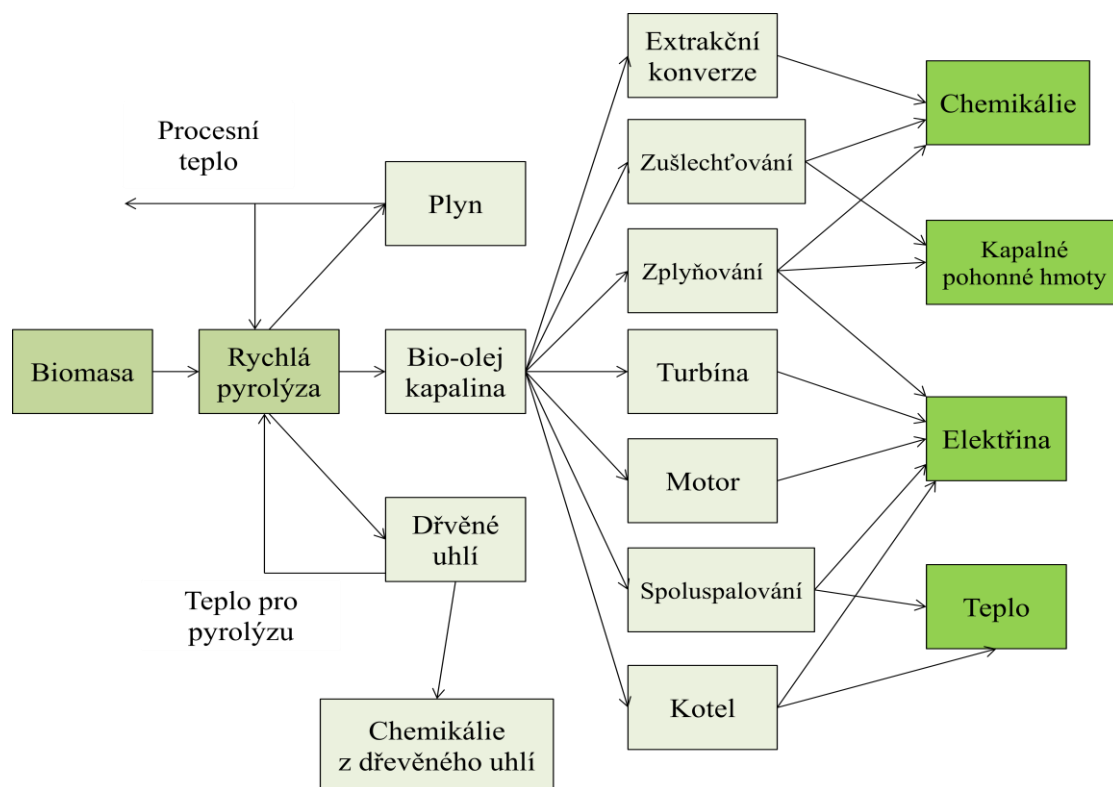
Pyrolýzní bioolej je málo stabilní a jeho skladováním klesá výhřevnost. Využití je možné pro další chemické zpracování při výrobě lepidel, hnojiv a aromatických látek. Jako palivo je pyrolýzní bioolej využíván na kogeneračních jednotkách vybavených spalovacími turbínami.

VÁŇA, Jaroslav: Biorafinerie - zařízení pro trvale udržitelný život na této planetě. *Biom.cz* [online]. 2004-06-23 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biorafinerie-zarizeni-pro-trvale-udrzitelny-zivot-na-teto-planete>>. ISSN: 1801-2655.

KUŽEL (2010) uvádí jeho použití jako nepřímé spolu spalování pro výrobu energie v konvenčních elektrárnách, dále pro přímé decentralizované vytápění a případně i jako polotovary pro konečnou výrobu chemických látek.

Surový bio-olej může být použit v plynových turbínách a motorech. Pro standardní vznětový motor ovšem vyžaduje modernizaci. Další možnosti využití produktů pyrolýzy ukazuje (*Schéma 3, zdroj 4.8*). (SCRAGG, 2009)

Schéma č. 3: Možné využití bio-oleje získaného pyrolýzou biomasy



Zdroj: Fig. 4. 8. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 78

2.2 Biochemická konverze (mokrý procesy)

2.2.1 Anaerobní fermentace

STRAKA a kol. (2006) vysvětlují metanovou fermentaci jako soubor na sebe navazujících procesů, v nichž vlastní metanogeny představují pouze poslední článek v řetězci biochemické konverze.

SCHULZ, EDER (2004) dále upozorňují, že k vyhnívání organických látek dochází bez přístupu vzduchu, ve vlhkém prostředí, působením metanových bakterií při teplotě mezi 0°C až 70°C. Na rozdíl od kompostování (tlení) nevzniká při vyhnívání teplo, ale zato vzniká hořlavý plyn metan.

KAŠTÁNEK (2001) dodává, že při metanogenezi se využívá specifické metabolické aktivity metanogenních bakterií, které mohou využívat pouze CO₂ a H₂ a některé

nižší mastné kyseliny jako prekurzory metanu. Čím je složitější surovina, tím rozmanitější skupina mikroorganismů působí.

Popis procesu anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace probíhá v následujících fázích:

· I. fáze – Hydrolýza

Aby tato zahajovací fáze procesu mohla nastat, je potřeba upravit obsah vlhkosti minimálně na 50 % hmotnostního podílu. Ve fermentovaném materiálu je dosud přítomen vzdušný kyslík, který však není pro hydrolytické mikroorganismy toxický. Podstatou této fáze je rozklad makromolekulárních organických látek (polysacharidů, proteinů, lipidů) na jednoduché cukry, aminokyseliny, masné kyseliny a vodu.

· II. fáze – Acidogeneze

Fakultativní anaerobní mikroorganismy vytvořily striktně anaerobní prostředí. Pomocí acidogenních bakterií dochází k dalšímu rozkladu produktů hydrolýzy CO_2 , H_2 a nižší masné kyseliny, které jsou stěžejní pro výrobu metanu.

· III. fáze – Acetogeneze

Někdy je označována jako mezifáze. V této fázi acidogenní specializované kmeny bakterií přeměňují vyšší organické kyseliny na kyselinu octovou (CH_3COOH), vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).

· IV. fáze – Metanogeneze

Konečná fáze anaerobní fermentace, při níž dochází k tvorbě bioplynu. Metanogenní bakterie přeměňují kyselinu octovou na metan (CH_4) a oxid uhličitý (CO_2). Hydrogenní bakterie vytvářejí metan z vodíku (H_2) a oxidu uhličitého (CO_2).

(STRAKA a kol., 2006), (SCHULZ, EDER, 2004)

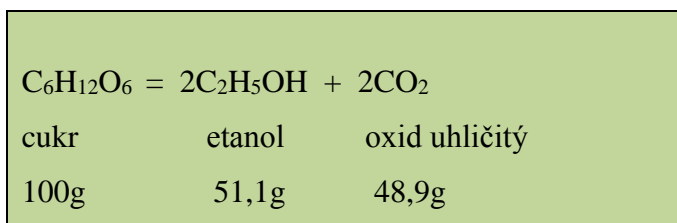
Sušina, v rámci fermentačního procesu, je rozhodující faktor při výběru technologií bioplynové stanice (BPS). Technologie suché a mokré fermentace. Suché fermentace pracují s vyšší průměrnou procesní sušinou fermentované hmoty než mokrá fermentace, hranici mezi nimi se zdá být cca 13 % sušiny (hranice čerpatelnosti a míchatelnosti fermentující hmoty). Dále pak rozhoduje kvalita vstupních surovin - velikost částic, přítomnost nežádoucích příměsí (kovy, plasty, sklo apod.).

Většina realizací BPS je doposud v České republice založena na tzv. mokré technologii pracující s průměrnými pracovními sušinami v reaktoru kolem 6 – 12 %. Návrh BPS pro farmy, kde se vyskytují pouze vysokosušivé substráty (např. podestýlka a různé druhy siláží a senáží), se doposud řešil odpovídajícím ředěním biomasy vodou nebo fugátem, separovaným z fermentačního zbytku, přestože by bylo vhodnější využití suchých technologií.

URBAN, Josef: Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2010-10-25 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/hlavni-zasady-pripravy-vystavby-bioplyнове-stanice>>. ISSN: 1801-2655.

2.2.2 Alkoholová fermentace

GAY-LUSSACOVA rovnice tvorby etanolu:



Roku 1857 Louis Pasteur zjistil a prokázal, že lihové kvašení (fermentace) cukernatých roztoků je proces, které způsobují živé mikroorganismy - kvasinky, případně jejich enzymy (fermenty). Tento biochemický proces probíhá anaerobně. (JÍLEK, ZENTRICH, 1999)

Podle DYRA a kol. (1963) je **destilace** jediná separační metoda, která se používá v průmyslovém měřítku k oddělení etanolu ze záparů. Kromě etanolu a vody obsahuje zkvašená zápara ještě další těkavé látky, jako jsou vyšší alkoholy, aldehydy, estery, nižší mastné kyseliny a ovocné zápary obsahují také větší množství metanolu. Metoda destilace je založena na různé těkavosti složek roztoku a na rozdílné tenzi par destilujících složek. Je známo, že bod varu vody je při teplotě 100 °C, kdežto etanol vře při 78,3 °C. Neplatí ovšem závěr, že při destilaci odejde napřed alkohol a po zvýšení teploty voda, protože etanol tvoří s vodou binární neoddělitelnou azeotropickou směs (směs o konstantním bodu varu). S bodem varu 78,15 °C, nižším než obě čisté látky. Takovou směs nelze rozdělit destilací za normálního tlaku.

Odvodnění – Protože obsah vody je základním kvalitativním znakem palivového bioetanolu, je nutné použít dalších metod k jeho odvodnění. Destilací jsme schopni dostat pouze směs obsahující 95,5 % hm. etanolu. Pro chemické, či petrochemické účely je mnohdy potřeba získat etanol bezvodý. K tomu se nejčastěji používá membránová filtrace, založená na rozdílné velikosti molekul. Dosahuje se čistoty až 99,9 % hm. etanolu. V současné době se k odvodnění nejčastěji používají molekulární síta (zeolity).

STRAKA a kol. (2006) zmiňují, že etanol může být vyráběn z mnoha obnovujících se zdrojů obsahující cukry, škroby, celulózu nebo lignocelulózu. Brazílie vyrábí z **cukrové třtiny** 13mil.m³ etanolu ročně. V USA, kde je cena cukru vyšší, se pak produkuje 85-90% všeho alkoholu z **kukuřice**. Zájem o etanolová paliva stále trvá a je stimulován ekologicky. Výhody směsných benzínů s alkoholem jsou zřejmé a zahrnují jak zvýšení oktanového čísla bez přísad olova, tak i snížení emisí CO.

2.2.3. Aerobní fermentace

Kompostování je aerobní proces, při kterém činností mikro- a makro- organismů dochází za přístupu vzduchu k přeměně biodegradabilních surovin na stabilní výstup – kompost. (HEJÁTKOVÁ, 2007)

Zpracování **zbytkové biomasy** přímo u původce je možnost, jak výrazně zlevnit proces její přeměny. Skládkování zbytkové biomasy se stává ekonomicky neúnosné hlavně pro velké přepravní náklady a náklady za využití skládky. Má-li proto producent zbytkové biomasy vhodný prostor, který z hygienického hlediska neohrožuje životní prostředí, je pro něj nejvhodnější založit kompostárnu a pořídit si vhodnou techniku pro její provozování. Navíc, používá-li kompost pro vlastní potřebu, ušetří ještě za dovážené hnojivo, používané na jím obhospodařovaných plochách.

KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

2.3 Fyzikálně- chemická konverze

2.3.1 Esterifikace surových bioolejů

Podle VRÁBLÍKOVÉ (2000) není olej prakticky přímo využitelný jako palivo ve vznětových motorech. Musí se proto chemicky upravit, aby se co nejvíce přizpůsobil motorové naftě ve fyzikálně-chemických a zejména v palivářských vlastnostech.

STRAKA a kol. (2006) uvádí, že při dostatečném ředění, nebo i při ohřátí paliva (např. výfukovými plyny) lze na některých typech motorů bez větších problémů použít rostlinné oleje přímo. Pro masové rozšíření těchto recentních paliv byly vyvinuty postupy s hlavním účelem snížit střední bod varu nového paliva. Toto je dosaženo reesterifikací olejů, kdy je glycerin nahrazován metylalkoholem, a na místo trojného esteru glycerinu jsou produkovány metylestery mastných kyselin.

PASTOREK a kol. (2004) publikují, že výroba metylesterů mastných kyselin (FAME) z triglyceridů, které tvoří kolem 98 % rostlinných olejů a živočišných tuků, je založena na katalyzované esterifikaci nebo reesterifikaci s alkoholem, především metanolem. Procesem reesterifikace řepkového oleje s metanolem vznikají dvě fáze, **glycerinová a metylesterová**.

BARANYK, FÁBRY (2007) popisují chemickou reakci (transesterifikaci) řepkového oleje s metylalkoholem, za vzniku metylesteru řepkového oleje (MEŘO).

3. DRUHY BIOPALIV DLE ZDROJE BIOMASY A JEJICH VÝVOJOVÉ FÁZE

Plodiny používané pro výrobu biopaliv **první generace**.

Cukernaté plodiny: cukrová řepa, cukrová třtina

Škrobnaté plodiny: brambory, obilniny, kukuřice

Olejnate plodiny a živočišné tuky: řepka, sója, slunečnice, palma olejová, vepřové sádlo, kafilerní tuk atp.

Výroba biopaliv z klasických rostlinných zdrojů (kukuřice, pšenice) má však četná úskalí. Podrobná studie American Institute of Biological Science prokazuje, že z bioetanolu se získá jen o 10 % více energie, než kolik je potřeba na jeho výrobu, (hnojení, sklizeň, výroba bioetanolu). Plodiny, které vyžadují hnojení dusíkem, jako je kukuřice nebo řepka, uvolňují značné množství oxidů dusíku. Ty se zpětně uplatňují jako skleníkové plyny a porušují ozónovou vrstvu atmosféry. Dalším

důsledkem využívání potravinových plodin k produkci biopaliv je změna osevních postupů, preferujících v USA kukuřici před sójou. Spolu se systémem dotací bohatých států to znamenalo jen v roce 2008 nárůst ceny rýže, pšenice, kukuřice a sóji 2-3krát. To je pro chudé země alarmující stav. Zcela samostatnou kapitolou je výrazný nárůst spotřeby vody na zavlažování a negativní ovlivňování kvality podzemních vod.

Biopaliva **druhé generace**

U biopaliv druhé generace přestává být významné složení primární zemědělské suroviny. Dá se zpracovat vše, co se vypěstuje. Energetické plodiny druhé generace mají transformační potenciál na biopaliva výrazně vyšší než je u první generace. Není to jen olej řepky jako při výrobě MEŘO (metylesteru řepkového oleje) nebo nikoli jen cukr a škrob při výrobě etanolu z cukrovky, obilnin a dalších škrobnatých plodin, ale využitelná je celá rostlina. Technologický proces je však mnohem složitější a náročnější. Biopaliva druhé generace nekonkurují rostlinám pěstovaným na výrobu potravin, a tudíž nezpůsobují tlak na růst cen potravin. Nasazení druhé generace do komerčního provozu lze ve větším měřítku očekávat až během následujících deseti let.

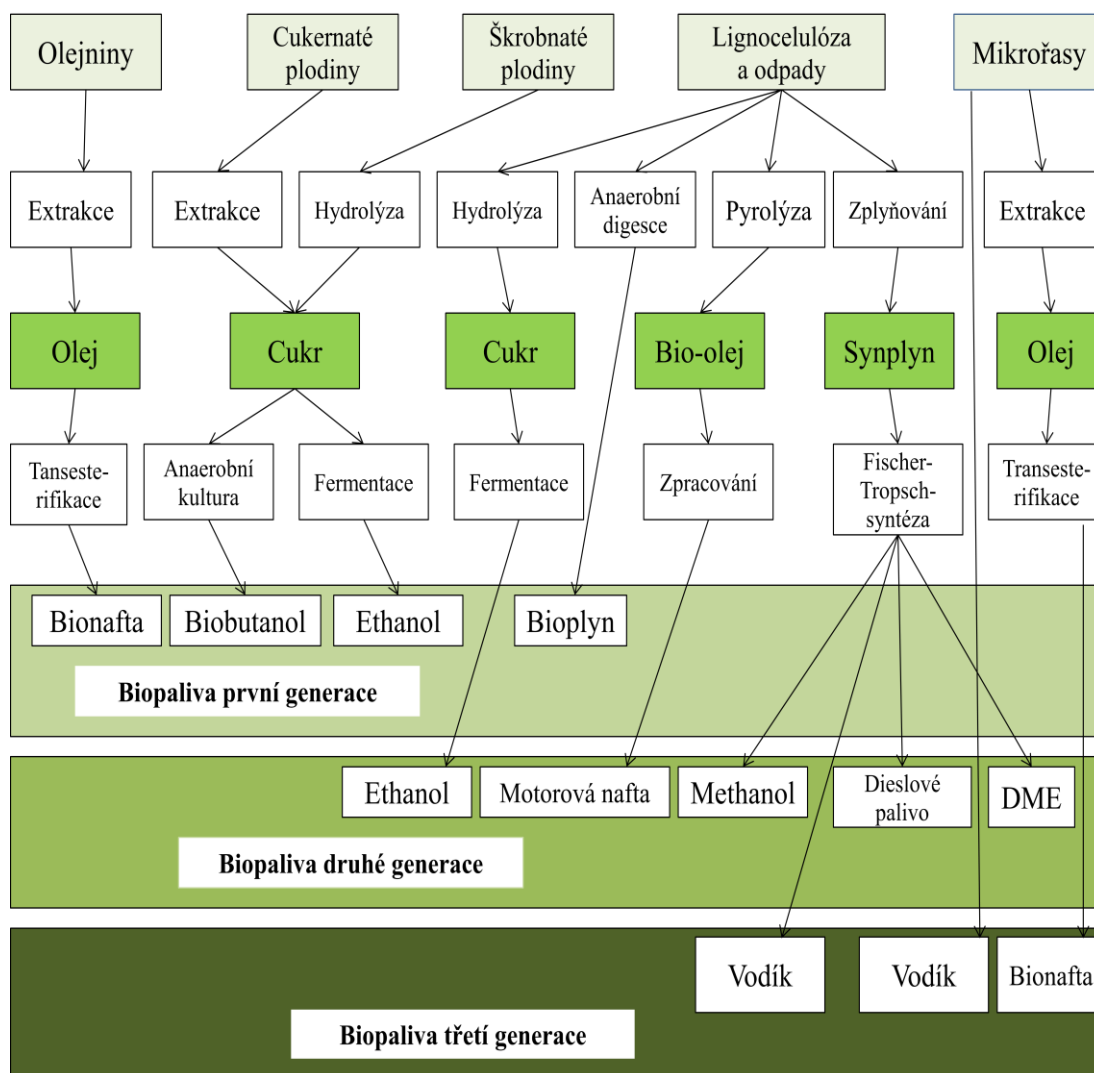
Biopaliva **třetí generace**

Biopaliva třetí generace zatím téměř nejsou prakticky využitelná, třebaže podle některých vědců právě jim patří budoucnost. Jako surovina pro výrobu paliva by vodní řasy mohly pomoci vyřešit spoustu problémů. Pokusy s biopalivy třetí generace jsou teprve na samotném počátku, takže si na první skutečně komerční výrobu budeme muset ještě pár let počkat. Dnes se přepracováním vodních řas na biopalivo (Algaculture) zabývá firma - PetroSun. Za rok vyrobí 4,4 miliónů galonů oleje z vodních řas.

BIOPALIVA: krátký souhrn problematiky. In: *Cappo.cz* [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.cappo.cz/res/data/000071.pdf>

NOVÁK, Petr, DOUCHA, Jiří, STRAKA, František: Biopaliva 2. generace z plyných odpadů spalovny. *Biom.cz* [online]. 2011-12-07 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biopaliva-2-generace-z-plynnych-odpadu-spalovny>. ISSN: 1801-2655.

Schéma č. 4: Zdroje a procesy pro produkci biopaliv první, druhé a třetí generace



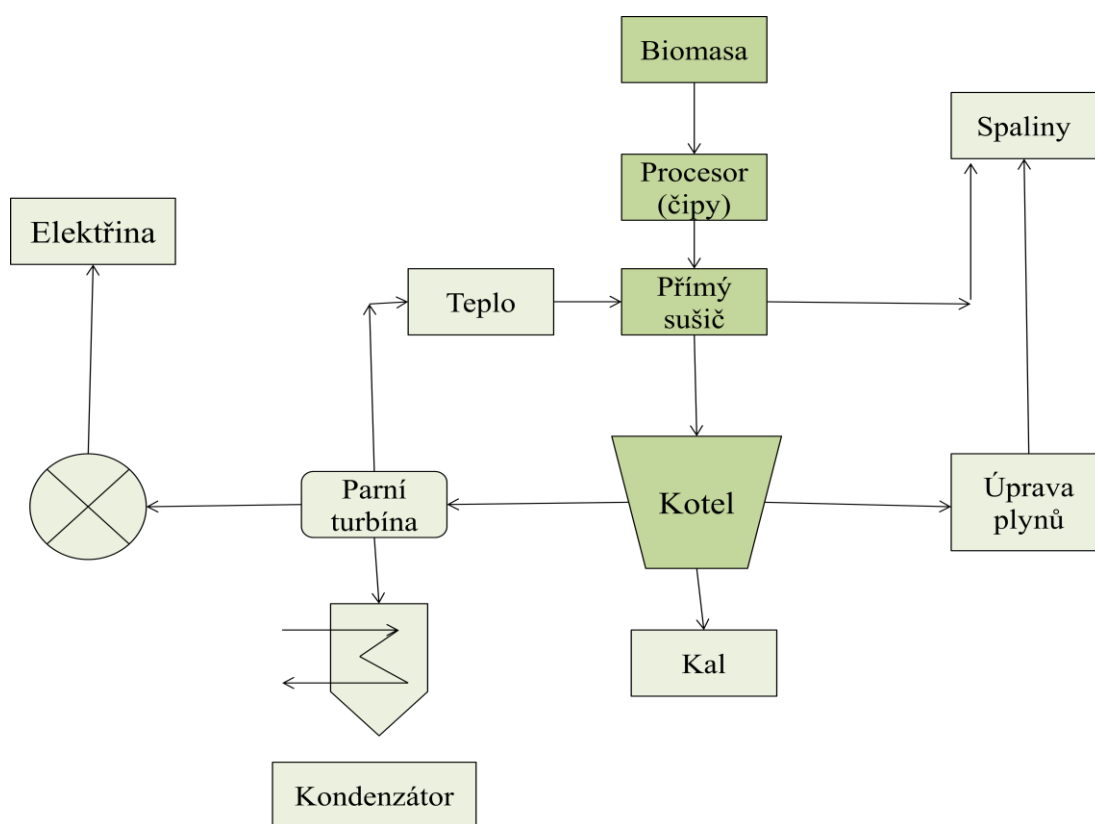
Zdroj: Fig.4.1 SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 63

3.1 Pevná biopaliva

VODRÁŽKA (1991) tvrdí, že biomasa pro zpracování na biopaliva není většinou přímo použitelná. Nejprve musí být transportována, skladována, někdy sušena, nebo fyzikálně, chemicky, resp. biologicky upravována. Všechny tyto operace vyžadují energii, která snižuje energetický zisk z biomasy.

Biomasa může být přeměněna na plyn při teplotě 1300°C v atmosféře s nedostatkem kyslíku. Plyn může být použit v kotli nebo turbíně pro výrobu tepla, páry nebo elektřiny. (Schéma č. 5, zdroj 4. 6.), (SCRAGG, 2009)

Schéma č. 5: Přímé využití biomasy, dřeva, slámy a rychle rostoucích dřevin (RRD) pro výrobu elektřiny



Zdroj: Fig. 4. 6.SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 76

3.1.1 Biomasa záměrně pěstovaná k energetickým účelům

3.1.1.1 Škrobnato-cukernaté a olejnaté plodiny

- *biomasa vhodná k výrobě etanolu*

- škrobnatě-cukernaté plodiny (brambory, cukrová řepa, obilí - zrno, cukrová třtina, topinambur, kukuřice)

Tabulka č. 1: Produkce etanolu pro jednotlivé plodiny

| PLODINA | VÝTĚŽNOST ALKOHOLU (l.t⁻¹) | VÝNOS (t.ha⁻¹) | PRODUKCE ETANOLU (t.ha⁻¹) |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Pšenice ozimá (zrno) | 370 | 5 - 6 | 1850 – 2220 (1,5 - 1,8) |
| Cukrovka (bulvy) | 80 | 35 - 45 | 2800 – 3600 (2,3 - 2,9) |
| Brambory (hlízy) | 100 | 20 - 30 | 2000 – 3000 (1,6 - 2,4) |
| Topinambur (hlízy) | 77 | 30 | 2310 (1,9) |
| Čirok cukrový (nadzemní část) | 76 | 30 | 2280 (1,8) |
| Kukuřice (zrno) | 386 | 3,4 - 4,5 | 1312 – 1737 (1,1 - 1,41) |

Zdroj: PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVÍČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5, s. 31

- *biomasa k výrobě surových bioolejů a metylesterů*
- olejnaté plodiny (řepka olejná, slunečnice, len olejný, sója luštinatá)

Využití čistého řepkového oleje jako paliva podle BARANYKA a FÁBRY (2007) není žádnou novinkou. Již v roce 1895 Rudolf Diesel testoval olej z podzemnice olejné. Přímé využití řepkového oleje bez chemické úpravy transesterifikací je možný a) v konstrukčně upravených motorech, b) s adaptačním zařízením stávajících motorů pro úpravu vstupní teploty a tím i viskozity řepkového oleje. Rizika přímého spalování řepkového oleje v motorech bez úprav jsou značná.

VYVADILOVÁ, KLÍMA (2012) tvrdí, že v roce 2011 osevní plochy řepky v ČR vzrostly na 373,4 tis. ha a stala se po ozimé pšenici druhou nejvýznamnější plodinou. Šlechtění speciálních odrůd vhodných pro produkci kvalitní bionafty není nutné.

Řepkový olej má nízký obsah nasycených a polynasycených mastných kyselin, tak přispívá k nižším emisím oxidu dusného.

Podle ZIMOLKY (2008) má kukuřice jako rostlina C4, mezi u nás pěstovanými kulturními plodinami, nejvyšší výnosový potenciál. Kukuřice je vhodná jak pro produkci bioetanolu ze zrna, tak i k silážování na bioplyn.

3.1.1.2 Travní porosty a ostatní rostliny

- *biomasa vhodná pro přímé spalování, na kogeneraci (výroba elektřiny a tepla) nebo anaerobní fermentaci*
 - ozdobnice čínská, chrastice rákosovitá, kostřava rákosovitá, psineček bílý, ovsík vyvýšený, srha laločnatá, sveřep bezbranný, trvalé travní porosty (TTP)
 - konopí seté, čiroky, laskavec, krmný sléz, komonice bílá, jestřabina východní, topinambur hlíznatý, šťovík krmný, bělotrn kulatohlavý, boryt barvířský, topolovka růžová

STRAŠIL a kol. (2011) vysvětlují, že pěstování trav pro energetické využití se v podstatě neliší od technologií doporučených pro produkci píce. Zásadní rozdíl je ovšem v termínu sklizňových prací. Sklizeň se volí dle způsobu energetického využití, optimálního výnosu sušiny nadzemní biomasy a obsahu vody. Pro výrobu bioplynu se u sledovaných trav jeví jako optimální sklizeň při obsahu vody 70%. Pro spalování biomasy je obsah vody pouze 20 až 25%, což lze dosáhnout až po přemrznutí. V tomto období však ztráty opadem činí až 50%.

Chrastice (Lesknice) rákosovitá

Podle STRAŠILA a kol. (2011) se při pěstování na biomasu chrastice rákosovitá seje do řádků širokých 12,5- 25 cm. Výsevek v monokultuře činí 20- 25 kg/ha. Pokud je lesknice sklizena na bioplyn, provádí se během roku dvě až tři seče. Správně založený porost, podle HAVLÍČKOVÉ a kol. (2007), vydrží na stanovišti řadu let. Porost navíc chrání celoročně půdu a zlepšuje její fyzikální, chemické i biologické vlastnosti. PETŘÍKOVÁ a kol. (2006) uvádí průměrné výnosy sušiny chrastice v okolních státech ve výši 4,5- 9 tun z hektaru. Zároveň ale publikuje skutečnost, že na uměle založených loukách při hnojivé závlaze je možné dosáhnout výnosů přes 15 tun na hektar. Dále upozorňuje na značnou závislost výnosů na průběhu počasí v

jednotlivých letech. Výnos nejvíce ovlivňuje rozdělení srážek během vegetace. HAVLÍČKOVÁ a kol. (2007) píše, že v našich polních pokusech se v závislosti na agrotechnických opatřeních a půdně-klimatických podmínkách dosáhlo u tříletých porostů výnosu 5,3- 12,6 tun sušiny z hektaru.

Tabulka č. 2: Energetická výtěžnost fytomasy jednotlivých plodin (v průměru let a různých stanovišť VÚRV)

| Rostlina | Spalné teplo (s popelovinami) MJ/kg sušiny | výnosy suché hmoty t/ha | energetická výtěžnost GJ/ha |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| Kulturní malorozšířené plodiny: | | | |
| konopí seté | 18,1 | 12,05 | 218 |
| čirok zrnový | 17,6 | 9,83 | 173 |
| čirok cukrový | 17,8 | 10,2 | 182 |
| lnička setá | 18,8 | 2,11 | 39,7 |
| Netradiční plodiny | | | |
| křídlatka | 19,4 | 34,4 | 667 |
| šťovík krmný | 18,3 | 15,5 | 284 |
| sléz Meljuka | 17,5 | 9,83 | 172 |
| sléz kadeřavý | 17,6 | 9,92 | 175 |
| topolovka růžová | 17,6 | 13,4 | 236 |
| mužák prorostlý | 18,9 | 11,2 | 201 |
| Bělotrn | 19,6 | 16,5 | 323 |
| Boryt | 18,5 | 10,8 | 200 |

| | | | |
|---------------------------------------------------|------|------|-----|
| komonice bílá | 19,9 | 12,2 | 243 |
| Rákos | 17,7 | 12,6 | 223 |
| Plevelné rostliny na ladem ležících půdách | | | |
| lebeda rozkladitá | 17,5 | 15,8 | 277 |
| vratič obecný | 18,1 | 12,9 | 234 |
| pelyněk černobýl | 17,6 | 15,4 | 271 |

Zdroj: USŤAK, Sergej: Netradiční energetické rostliny perspektivní pro pěstování v podmínkách mírného klimatického pásma. *Biom.cz* [online]. 2006-06-01 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-energeticke-rostliny-perspektivni-pro-pestovani-v-podminkach-mirneho-klimatickeho-pasma>>. ISSN: 1801-2655.

3.1.1.3 Rychle rostoucí dřeviny (r.r.d.)

- topoly, vrby, olše, akáty a další dřeviny

Podle KOHOUTA a kol. (2010) je možné z dendromasy vyrobit několik druhů paliv k různému druhu spalování:

Dřevní štěpka – dnes nejběžnější a nejjednodušší zpracování topolových a vrbových plantáží. Zpracování na štěpku dochází přímo na plantáži jednofázovou nebo dvoufázovou sklizní pomocí sklízecí mlátičky nebo štěpkovače. Využití štěpky je ke spalování v kotlích s vyšší výkonností.

Polena, pelety, brikety

CELJAK a kol. (2008) uvádí sledované fyzikální parametry u topolové štěpky. **Spalné teplo** se u různých druhů dřevin pohybuje v rozsahu 14,7 až 21,1 MJ.kg⁻¹. Rozdíl je dán především poměrem ligninu a obsahem pryskyřic. **Výhřevnost** ovlivňuje obsah vody, se stoupajícím podílem vody v dřevní hmotě výhřevnost klesá. Teplo se spotřebovává k odpaření nadbytečné vody. R.r.d. v době svého růstu obsahují až 85% vody.

PASTOREK a kol. (2004) tvrdí, že pěstování r.r.d. se uplatní zejména v oblastech s mírným podnebím a na půdách s dobrou zásobou vody a živin. Zakládání plantáží r.r.d. s krátkou obmýtní dobou vidí jako účelný způsob k využívání přebytečné zemědělské půdy.

3.1.2 Biomasa odpadní

3.1.2.1 odpady ze zemědělské prvovýroby a péče o krajinu

- *biomasa vhodná ke spalování, kompostování nebo anaerobní fermentaci*
 - kukuřičná, obilná a řepková sláma
 - zbytky z lučních a pastevních areálů
 - zbytky po likvidaci křovin a lesních náletů
 - odpady ze sadů a vinic

Podle HAVLÍČKOVÉ a kol. (2007) se řepková sláma se svojí výhřevností mezi 15 až 17 GJ/t přibližuje lepším druhům hnědého uhlí a to ji předurčuje k energetickému využití.

Výhřevnost SOUČKOVÁ a kol. (2006) uvádí možnosti spalování slámy:

- Spalování volné (balíkové) slámy - vhodné především pro centrální kotelny.
- Spalování briket z dřevin, slámy a dalších stébelnin- vhodné pro lokální kotelny rodinných domků.
- Spalování pelet z dřevin a vhodných stébelnin- s výhřevností do 18 MJ/kg.

3.1.2.2 odpady z lesního hospodářství a dřevařských provozoven

- *biomasa vhodná ke spalování*
 - dřevní hmota z lesních probírek (kůra, větve, pařezy, kořeny)
 - palivové dřevo, odřezky, klest

Podle HAVLÍČKOVÉ a kol. (2007) je odpadní dřevní biomasa z výchovných i mýtních těžeb slibným zdrojem. Lesnické společnosti, které těžbu provádí, většinou nejsou schopné ekonomicky rentabilním způsobem její potenciál využít.

3.1.2.3 odpady z potravinářské a průmyslové výroby

- *biomasa vhodná ke spalování, anaerobní fermentaci*
- odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce
- odpady z jatek, mlékáren, lihovarů a konzerváren
- odpady z vinařských provozoven
- odpady z dřevařských provozoven (odřezky, hobliny, piliny)

3.1.2.4 komunální organické odpady z venkovských sídel

- *biomasa vhodná ke kompostování nebo anaerobní fermentaci*
- kaly z odpadních vod
- organický podíl tuhých komunálních odpadů
- odpadní organické zbytky z údržby zeleně a travnatých ploch

3.1.2.5 odpady z živočišné výroby

- *biomasa vhodná k anaerobní fermentaci*
- exkrementy z chovů hospodářských zvířat
- zbytky krmiv
- odpady z mléčnic

3.2 Kapalná biopaliva

ZIMOLKA (2008) uvádí, že z jedné tuny zrnin o 65 hmotnostních procentech škrobu je vytěženo 400 l bezvodého etanolu a 340kg výpalků.

Tabulka č. 3: Charakteristika benzínu a metanolu

| Charakteristika | Benzín | Methanol |
|--------------------|--------|----------|
| Bod varu (°C) | 35-200 | 65 |
| Hustota (kg/l) | 0,74 | 0,79 |
| Bod vzplanutí (°C) | 13 | 65 |
| Energie (MJ/kg) | 44,0 | 19,9 |
| Oktanové číslo | 90-100 | 91 |

Zdroj: Fig. 6.2. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 106

3.2.1 Metanol

Metanol (CH_3OH) je jednoduchý alkohol běžně známý jako dřevní líh. Je to toxická, bezbarvá kapalina. Je bez chuti, slabě cítit a je možné použití v zážehových motorech. Vlastnosti jsou uvedené v (tabulce č. 3, zdroj 6.2), kde je porovnání s benzínem. (SCRAGG, 2009)

VLK (2004) píše o dvou hlavních způsobech výroby metanolu. První a zároveň nejrozšířenější je výroba ze zemního plynu (takto bylo v roce 1997 vyrobeno až 86% veškerého metanolu). Druhou možností je výroba z biomasy. Tento způsob je sice opakovatelný a ekologičtější, avšak až dvojnásobně nákladnější.

ŠEBOR a kol. (2006) uvádí, že z metanolu se dále může vyrábět Metyl-Terc-ButylEter (MTBE), a to obdobným způsobem jako se z etanolu vyrábí ETBE – tj. reakcí isobutenu C_4H_8 a příslušného alkoholu, v tomto případě metanolu. MTBE má i velice podobné vlastnosti jako ETBE. Rovněž se používá jako příměs do benzínů, zejména pro svoje vysoké oktanové číslo a nižší emise oproti čistému benzínu. Dále disponuje vyšší výhřevností, nižším tlakem par a lepší mísitelností s benzínem než původní metanol.

3.2.2 Etanol

Kvasný líh denaturovaný, určený k použití do automobilových benzinů ČSN EN 15376 (656511)

KÁRA (2001) píše, že výroba kvasného alkoholu a jeho využití k pohonu motorových vozidel sahají v Evropě již do období let první světové války. V poválečném období po roce 1945 ovládla energetický trh paliv zcela jednoznačně ropa. Teprve při drastickém nárůstu jejích cen, který se datuje od počátku 70. let, se národohospodáři a technologové znovu vrací k využití etanolu jako paliva. Byly vypracovány národní programy využití přebytků farmářské produkce na výrobu etanolu v USA. Brazílie s programem PROALCOOL, založený na využití cukrové třtiny, se stal jedním z pilířů tamější agrární politiky.

Jsou 3 různé možnosti použití bioetanolu jako součást pro motorové palivo:

a) přímé míchání bioetanolu do benzínu v množství nepřekračujícím povolený limit

b) výroba bio-ETBE(etyl terciární butyléter) na bázi bioetanolu a jeho použití jako vysokooktanové příměsi benzínu namísto doposud používaného MTBE(metyl terciární butyléter) v množství povoleném platnou normou.

c) paliva s převážným obsahem bioetanolu. Např. palivo E85 obsahující 85% bioetanolu + 15% benzínu. Automobily používající toto palivo musí mít úpravu palivového systému motoru. Pro vyžití ve vznětových, tj. dieselových motorech je palivo E95, obsahující až 95% bioetanolu, zbytek jsou aditiva zlepšující užité vlastnosti paliva. Motor vyžaduje speciální úpravu a již není schopen provozu na běžnou motorovou naftu.

Česká asociace průmyslu a obchodu petrolejářského.: Informace o použití motorových paliv s obsahem biopaliv-část I. [online]. 2008 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: www.cappo.cz

Tabulka č. 4: Charakteristika benzínu, bioetanolu a butanolu

| Charakteristika | Benzín | Etanol | Butanol |
|-----------------------------------|--------|--------|---------|
| Bod varu (°C) | 35-200 | 78 | 116-119 |
| Hustota (kg/l) | 0,74 | 0,79 | 0,81 |
| Energie (MJ/kg) | 44,0 | 27,2 | 40,5 |
| Latentní teplo vypařování (MJ/kg) | 293 | 855 | - |
| Bod vzplanutí (°C) | 13 | 45 | 37 |
| Oktanové číslo | 90-100 | 99 | - |

Zdroj: Fig. 6.3. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 108

3.2.3 Biobutanol

Butanol je alkohol, který může být považován za tekuté palivo, protože má obdobné vlastnosti jako etanol, ale s vyšším energetickým obsahem. Butanol, aceton a další organické látky doprovázejí v malém množství (1-2%) každý kvasný proces, i výrobu etanolu (tzv. přiboudliny, dokapy). (SCRAGG, 2009)

Stávající biotechnologie výroby „ABE“

Biotechnologie „ABE“ je průmyslovou technologií využívající fermentace zrnin k výrobě acetonu, butanolu a etanolu pomocí mikroorganismů *Clostridium acetobutylicum*. Postupně se stala velmi rozšířeným průmyslově-biologickým procesem. Od roku 1950 se postupně omezovala v důsledku velmi nízkých cen ropy a butanol se až dosud vyrábí převážně chemickou cestou z ropy, resp. z odpadů při zpracování ropy. Butanol se stal důležitým průmyslovým ředidlem, ale je i potenciálně lepší pohonnou látkou a lepší „zlepšovatel“ benzínu než etanol. Výroba butanolu ze stále dražší ropy bude jistě nahrazována výrobou z levnějších druhů biomasy a k tomu se zaměřil i výzkum.

SLADKÝ, Václav: Biobutanol – vhodnější náhrada benzínu. *Biom.cz* [online]. 2007-07-04 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-vhodnejsi-nahrada-benzinu>>. ISSN: 1801-2655.

3.2.4 Syntetický benzín a syntetická nafta

Fischer – Tropschova (FT) syntéza

V zemích jako Německo a Česká republika se může výroba kapalných biopaliv z řepkového oleje a obilí dostat do střetu s výrobou potravin. Německá firma **Choren** přišla s řešením a v roce 2009 otevřela závod, jehož výrobní program přeměny biomasy je založen na komerční technologii BtL (Biomass to Liquid). Sídlo továrny je ve Freibergu v Sasku a další závody se plánují v Německu i v Norsku.

Syntetický plyn je Fischer-Tropschovou metodou, pomocí kobaltového katalyzátoru, přeměněn na směs kapalných uhlovodíků. Závod Choren bude zpočátku zpracovávat odpadní dřevo. V případě nedostatku dřeva lze zpracovat i slámu, stonky, listí, lusky, plevy. Mohou to být i některé traviny, byliny, poškozené zrniny a průmyslové odpady jako piliny, dřevní štěpka, slupky, výlisky ovoce a olejnin a podobně. Využíváním těchto surovin se zlepší využití i zemědělské půdy dočasně ležící ladem (v EU je to nyní asi 10 % z celkové výměry.)

Ve výrobně-klimatických podmínkách Střední Evropy je reálné očekávat, že z ročního výnosu organické hmoty z jednoho hektaru lze vyrobit až 4000 litrů biopaliv, což je asi třikrát více, než z řepky olejky.

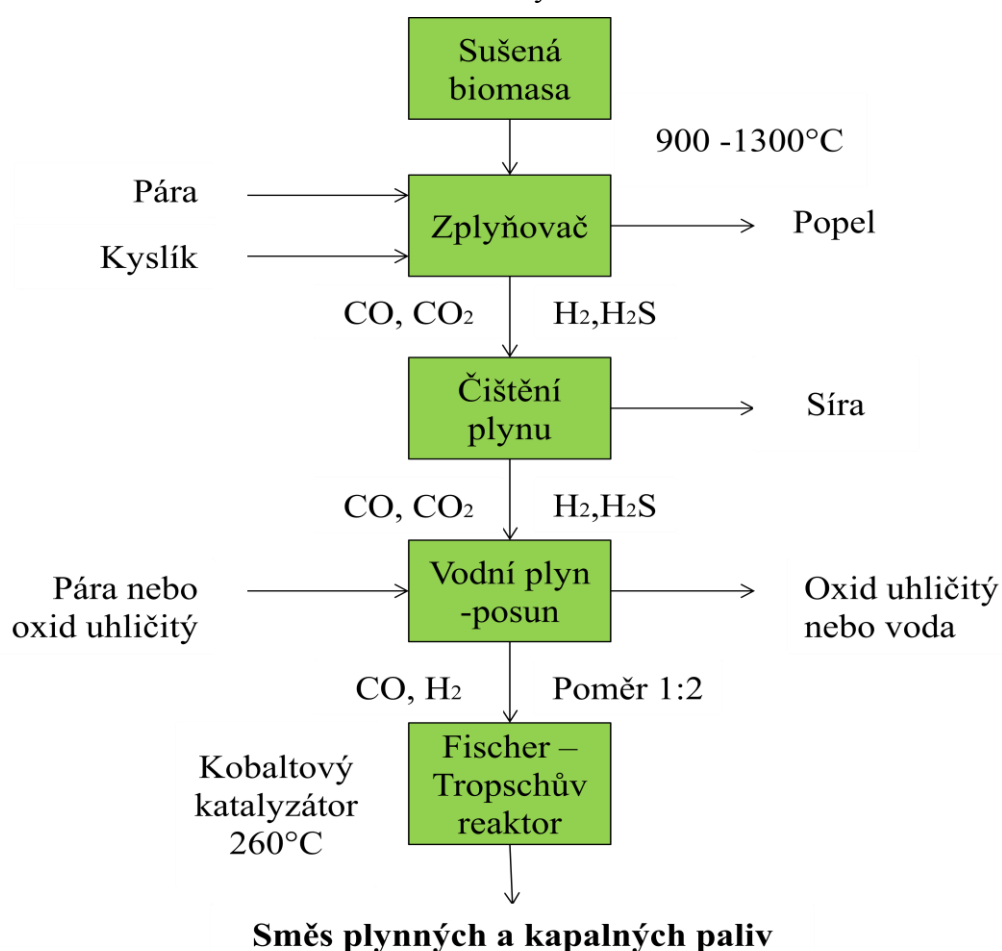
SLADKÝ, Václav: Výroba syntézního plynu z pevné biomasy. *Biom.cz* [online]. 2010-12-15 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz-kapalna-biopaliva/odborne-clanky/vyroba-syntezniho-plynu-z-pevne-biomasy>>. ISSN: 1801-2655.

SCRAGG (2009) uvádí, že Fischer – Tropschova (FT) syntéza byla vyvinuta ve 30. letech 19. století. Plyny obsahující oxid uhelnatý (CO) a vodík (H₂) byly převedeny na uhlovodíky s dlouhými řetězci, které mají obdobné vlastnosti jako ropné produkty (Schéma č. 6, zdroj 7.4.).

Plyn obsahující jako hlavní složky H₂ a CO lze vyrobit vysokoteplotním zplyňováním uhlí, biomasy a odpadů a je známý jako **syntetický plyn**.

Z tohoto syntetického plynu může být vyrobena konvenční pohonná hmota, zejména motorová nafta bez síry a aromátů. (PASTOREK a kol., 2004)

Schéma č. 6: Přehled Fischer – Tropschova procesu využití biomasy k výrobě směsi uhlovodíků včetně benzínu a motorové nafty



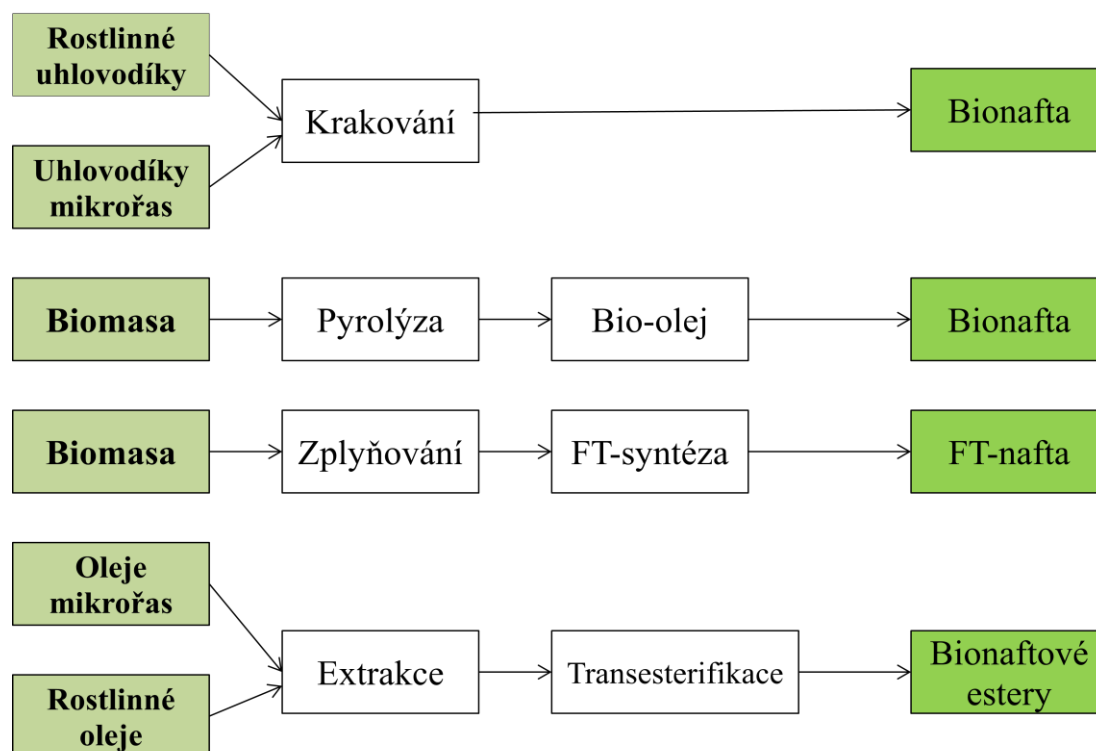
(Metan C1, etan C2, LPG C3-4, těžký benzín C5-11, motorová nafta C12-20, vosky C30+)

Zdroj: Fig. 7.4.SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 140

3.2.5 Kapalná biopaliva nahrazující naftu

SCRAGG (2009) uvádí více zdrojů pro náhradu motorové nafty ze zemědělských produktů či mikrobiálních kultur, které jsou první, druhé a třetí generace paliv (Schéma č. 7, zdroj 7.1.)

Schéma č. 7: Cesty k výrobě alternativní motorové nafty schopné nahradit fosilní palivovou naftu



Zdroj: Fig7.1. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 137

Možné zdroje podle SCRAGG (2009):

- Uhlovodíky s dlouhými řetězci (C30) získané z bylin, které mohou být krakovány a tvořit bionaftu, první generace biopaliv
- Uhlovodíky s dlouhými řetězci (C30) akumulované některými mikroskopickými řasami, které mohou být krakovány a tvořit bionaftu, první generace biopaliv
- Pyrolýza biomasy nebo odpadu s tvorbou bio-oleje, který může být přeměněn na bionaftu, druhá generace biopaliv

- Zplyňování biomasy s následnou Fischer-Tropschovou syntézou s tvorbou (FT nafty), druhá generace biopaliv
- Transesterifikace rostlin, živočichů a odpadních olejů a tuků na metylestery (bionafta), první generace biopaliv
- Oleje akumulované v některých mikroskopických řasách, extrahované a transesterifikované bionaftu, třetí generace biopaliv

3.3 Plynná biopaliva

Plynná biopaliva mohou být využívána jak pro výrobu tepla a elektřiny podobně jako pevná biopaliva. Jejich širší použití je ve vývoji pohonných hmot.

3.3.1 Bioplyn (metan)

Složení bioplynu obj. %:

CH₄ 55-75, CO₂ 25-50, N₂ 0-10, H₂ 0-1, H₂S 0-3, O₂ 0-2

Výhřevnost: 18-26 MJ/m³

Metan je hlavní složkou zemního plynu. Velmi často se používá přímo jako palivo. V porovnání s ostatními uhlovodíky během hoření produkuje málo oxidu uhličitého. Přestože výhřevnost metanu je 802 kJ / mol, což je nejméně ze všech uhlovodíků, vychází metan jako nejvýhřevnější uhlovodík na jednotku hmotnosti (hmotnost 16 g / mol). Jako zemní plyn se v mnoha zemích přivádí přímo v trubkách do domácností, kde se spaluje na vytápění a vaření. Stlačený metan se používá pod označením CNG (stlačený zemní plyn) i jako palivo do automobilů. NASA zkoumá možnosti použití metanu jako raketového paliva.

ANONYM. [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.i15.cz/metan/>

Metan lze využívat jako:

stlačený plyn – CNG (tlak 200 barů)

zkapalněný plyn – LNG (při teplotě – 162°C)

Oktanové číslo metanu: 130

Plynové technologie ve vozidlech jsou bezpečné, v praxi ověřené a technicky dobře vyřešené. Biometan v dopravě je využíván zejména ve vyspělé Evropě, jako je Švédsko, Španělsko, Švýcarsko, Německo a Rakousko.

Svět: 14 milionů CNG vozidel, 18 tisíc CNG stanic, roční spotřeba 36 mlrd.m³

Evropa: 1,3 milionu CNG vozidel, 3,5 tisíce CNG stanic

Česká republika: 44 CNG stanic (30 veřejných), 2,5 tisíce vozidel, roční spotřeba 8 mil. m³

Hodnota výhřevnosti bioplynu není konstantní, mění se v závislosti na obsahu metanu. Ostatní zastoupené plyny nemají téměř žádný energetický význam.

Využití bio(plynu)metanu v dopravě [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www.czba.cz/files/ceska-biopllynovaasociace/uploads/files/19_VPBPS2011_zakovec.pdf

3.3.2 Dimetyleter (DME)

Dimetyleter je jednoduchý ether vzorce CH₃OCH₃, který má podobné vlastnosti jako propan, butan a LPG (*tabulka č. 5*, zdroj 5.6.). Dimetyleter je těkavý, není jedovatý ani mutagenní, je nekarcinogenní, má sladkou vůni etheru a je považován za ekologicky nezávadný. (SCRAGG, 2009)

DME může být použit jednak ke zlepšení průběhu spalování metylalkoholových paliv v množství max. 15%, jednak jako samostatné palivo pro vznětové motory. U motorů spalujících metylalkohol se pomocí DME zlepšuje jeho vznětlivost, což je důležité hlavně při chodu motoru v nižších zatíženích. DME se v tomto případě přivádí do nasávaného vzduchu, nebo se vstříkuje do komůrky, případně společně s metylalkoholem do spalovacího prostoru.

LAURIN, Josef. MOTOROVÉ PALIVO DIMETYLÉTER. In: [online]. Technická univerzita v Liberci [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2005/2005_059.pdf

Metanol by mohl být vhodným palivem pro palivové články k výrobě elektrické energie pro pohon vozidel a DME by se mohl uplatnit jako palivo vznětových motorů. DME lze vyrábět též z uhlí a z biomasy. K získání 1 t DME se spotřebují 3 t dřeva. Předpokládá se, že DME bude zpočátku vyráběn ze zemního plynu a z uhlí. Jeho cena bude v krátkodobém i dlouhodobějším výhledu nižší než cena paliv rostlinného původu. Výhledově nelze vyloučit ani výrobu DME z biomasy. Nároky na transport, uskladnění, distribuci a na bezpečnost budou u DME podobné jako v případě LPG.

LAURIN, Josef. DIMETYLÉTER JAKO PALIVO PRO VZNĚTOVÉ MOTORY. In: [online]. Technická univerzita v Liberci [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2007/2007_016_01.pdf

Tabulka č. 5: Vlastnosti propanu, butanu, dimetyleru a motorové nafty

| Vlastnosti | Propan (C ₃ H ₈) | Butan (C ₄ H ₁₀) | Dimetyler (CH ₃ OCH ₃) | Motorová nafta (C ₁₄ H ₃₀) |
|---------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Molekulová hmotnost | 44,1 | 58,13 | 46,07 | 586 |
| Uhlík (%) | 82 | 96 | 52,2 | 86 |
| Hustota (kg/l) | 0,5 | 0,58 | 0,66 | 0,86 |
| Energie (MJ/kg) | 46,4 | 45,7 | 28,6 | 38,5-45,8 |
| Bod varu (°C) | -42 | -0,5 | -24,9 | 125-400 |
| Cetanové číslo | 5 | 20 | 55-60 | 40-55 |
| Síra (%) | 0 | 0 | 0 | 0,2 |

Zdroj: Fig.5.6. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 102

3.3.3 Biovodík

(STRAKA a kol., 2006) tvrdí, že vodík je ideálním ekologickým palivem pro všechny druhy použití, jeho spalováním vzniká pouze voda a není emitován žádný oxid uhličitý. Zvláště důležitou je aplikace vodíku v palivových článkách, které umožňují i provoz naprosto bezemisních vozidel (ZEV- Zero Emission Vehicles), poháněných systémem vodíkový zásobník – palivový článek – trakční pohon elektromotorem.

Všeobecně skýtá vodík jako palivo dvě hlavní výhody:

- při jeho využití nevznikají skleníkové plyny ani jiné škodlivé produkty
- vyznačuje se vysokým obsahem energie (120 kJ/g)

Pro srovnání, energetický obsah metanu je pouze 50,1 kJ/g a etanolu 26,8 kJ/g.

SCRAGG (2009) popisuje celou řadu chemických a biologických způsobů výroby vodíku, ale jen některé z procesů jsou obnovitelné a udržitelné. Tyto metody jsou uvedeny níže a pouze první tři jsou využívány v průmyslovém měřítku.

Neobnovitelné zdroje:

- parní reformace metanu (zemní plyn)
- zplyňování uhlí
- částečná oxidace těžkých olejů
- termokatalytická úprava vody

Obnovitelné zdroje:

- elektrolýza vody s použitím elektrické energie pouze z obnovitelných a udržitelných zdrojů energie, jako je větrná nebo solární energie
- fotokatalytické štěpení vody pomocí TiO_2
- plynofikace potravinového odpadu, odpadních kalů, biomasy
- pyrolýza biomasy
- biologické procesy:
 1. anaerobní metabolismus
 2. fotosyntetická produkce vodíku (přímá biofotolýza)
 3. nepřímá výroba vodíku
 4. fotofermentace
 5. metabolismus oxidu uhelnatého, voda-plyn-výměnná reakce

Naděje spojené s využíváním vodíku v dopravě zatím nejsou zcela reálné. Výroba a distribuce tohoto syntetického paliva spotřebuje mnohokrát více energie, než kolik jí pak samotný vodík obsahuje. Poté, co Evropská unie zavedla výpočty účinnosti paliva od primárního zdroje až na kola vozidla, to s vodíkem příliš dobře nevychází. Pokud se sledují emise oxidu uhličitého, tak má tento plyn dobrou bilanci, jen pokud by všechny elektrárny pracovaly s obnovitelnými zdroji. Příznivě to vypadá například v Rakousku, kde téměř 70 procent elektřiny proudí z vodních elektráren, ale i ve Francii, která elektřinu vyrábí s pomocí jaderných reaktorů. Ovšem jakmile se k výrobě vodíků používá elektřina z "uhlí", vychází bilance velmi špatně.

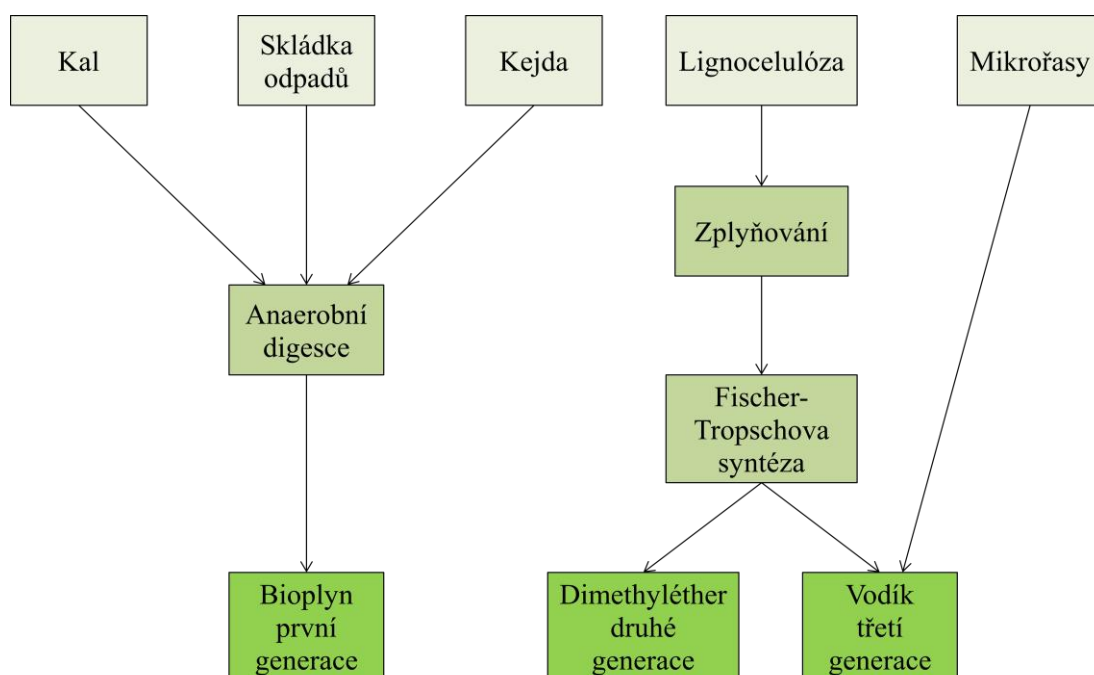
Zatímco Spojené státy výzkum auta na vodík zastavily, ostatní země o takovém kroku neuvažují. O perspektivách a dalším osudu ekologicky nezávadného vozu pravděpodobně rozhodne rok 2015. Tehdy výzkumné týmy několika japonských automobilek představí výsledky svého vývoje. Prototypy jejich aut pak napovědí, zda lze sériově vyrábět modely schopné obstát v konkurenci se stále úspornějšími

benzinovými a naftovými vozy. Americké ministerstvo energetiky nicméně ohlásilo, že se zaměří na technologie, které přinesou výsledek dříve.

Palivo budoucnosti? Vodík se ocitl ve slepé uličce [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www.lidovky.cz/palivo-budoucnosti-vodik-se-ocitl-ve-slepe-ulicke-f78-/auto.aspx?c=A110329_174103_In-auto-aktuality_ter

Biopaliva, produkovaná v současnosti ve velkých objemech, jsou řazena do první generace. Biopaliva, která byla vyrobena, ale technické obtíže a vysoké náklady způsobily zpoždění jejich aplikace ve velkém měřítku, patří k druhé generaci. Za třetí generaci jsou považována ta biopaliva, která jsou ve fázi výzkumu a vývoje. (SCRAGG, 2009)

Schéma č. 8: Výroba plyných biopaliv první, druhé a třetí generace



Zdroj: Fig 5.1. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924, s. 82

4. LEGISLATIVNÍ PROSTŘEDÍ

Energetické využití biomasy v ČR se po právní stránce řídí základními právními normami a koncepčními materiály z oboru energetiky, podnikání, odpadů, ochrany životního prostředí a zemědělství.

V oblasti energetiky je právní úprava tvořena třemi hlavními zákonnými předpisy. Zákon, který se vztahuje na energetické využití biomasy, je zákon č. **165/2012 Sb. o podporovaných zdrojích energie**. Do českého právního řádu zavádí tyto zákony celou řadu požadavků práva Evropských společenství. Dílčí ustanovení těchto zákonů dále upřesňuje několik desítek prováděcích vyhlášek a vládních nařízení.

INFORMAČNÍ PORTÁL Ministerstva průmyslu a obchodu. In: [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/legislativa/>

4.1 Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 -2020

Dne 12. 9. 2012 byl vládou schválen **Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012 – 2020**. Hlavním cílem je především vymezit opatření a principy, která povedou k efektivnímu a účelnému využití energetického potenciálu biomasy a pomohou tak naplnit závazky ČR pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020. Podíl energie na hrubé domácí spotřebě by měl v roce **2020 dosáhnout 13,5 % a podíl obnovitelné energie v dopravě 10 %**. (V současnosti se v České republice přimíchává do veškerého paliva nízké procento biosložky. Do benzínu je to necelých 5% bioetanolu a necelých 7% metylesteru řepkového oleje do nafty).

Prioritní využití zemědělské půdy v České republice spočívá v zajištění potravinové soběstačnosti. Na rozdíl od řady jiných zemí však disponuje naše republika dostatečnou rozlohou půdy k zajištění tohoto strategického cíle. Část půdního fondu je tak možné využít pro energetické účely. Akční plán pro biomasu se soustřeďuje na míru a účelnost tohoto energetického využití biomasy. Mezi energeticky využitelnou biomasu ze zemědělské produkce patří zbytková biomasa navázaná na živočišnou výrobu, cíleně pěstovaná biomasa, travní porosty a rychle rostoucí byliny a dřeviny.

Web. Ministerstva zemědělství In: [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa/akcni-plan-pro-biomasu/akcni-plan-pro-biomasu-v-cr-na-obdobi.html>

ZÁVĚR

Přes veškerá úskalí se biomasa jeví jako jedna z nejlepších náhrad za ubývající fosilní paliva. Je proto nezbytné, aby byly vymyšleny nové a zdokonalovaly se stávající technologie pro zpracování biomasy. Jako nutnost se jeví přechod na biopaliva 2. generace a intenzivní práce na výzkumu 3. generace biopaliv. Částečné nahrazení fosilních paliv by přispělo ke zlepšení současného znepokojivého stavu životního prostředí. Velká očekávání ve světě se pojí s vývojem a praktickou realizací konceptů biorafinérií, které by se měly stát jedním z prvků komplexních a optimalizovaných systémů využívání biomasy. Teprve budoucnost prokáže, zda tato opatření budou dostatečná, ekonomická, efektivní a šetrná.

POUŽITÉ ZDROJE

1. BARANYK, Petr a Andrej FÁBRY. *Řepka: pěstování, využití, ekonomika*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2007, 208 s. ISBN 978-80-86726-26-7.
2. BROŽ, Karel a Bořivoj ŠOUREK. *Alternativní zdroje energie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003, 213 s. ISBN 80-010-2802-X.
3. CELJAK, Ivo, Jaroslav BOHÁČ a Pavel KOHOUT. *Význam cíleně pěstovaných rychle rostoucích topolových porostů v krajině: vědecká monografie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2008, 44 s. ISBN 978-80-7394-140-6.
4. DYR, J., V. GRÉGR a A. SEILER. *Lihovarství -II.* 1. vyd. Praha: SNTL, 1963.396 s.
5. HAVLÍČKOVÁ, Kamila. *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. 1. vyd. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2007, 92 s. ISBN 978-80-7040-948-0.
6. HEJÁTKOVÁ, Květuše. *Kompostování přebytečné travní biomasy: metodická pomůcka*. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA - Zemědělská a ekologická regionální agentura, 2007, 74 s. ISBN 978-80-903548-6-9.
7. JEVIČ, Petr. *Udržitelná výroba a řízení jakosti tuhých paliv na bázi agrárních bioproduktů: metodická příručka*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008, 132 s. ISBN 978-80-86884-42-4.
8. JÍLEK, Jan a Josef Antonín ZENTRICH. *Příprava ovocných kvasů na výrobu slivovice (a ostatních pálenek): výroba slivovice a její léčivé účinky*. Olomouc: Dobra, 1999, 208 s. ISBN 80-861-7928-1.
9. KAMM, Birgit, Patrick R GRUBER a Michael KAMM. *Biorefineries - industrial processes and products: status quo and future directions*. Weinheim: Wiley-VCH, 2006, 2 v. ISBN 35-273-1027-4.
10. KÁRA, Jaroslav. *Motorová paliva z biomasy v České republice*. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2001, 39 s. Zemědělské informace. ISBN 80-727-1095-8.
11. KÁRA, Jaroslav, Petr HUTLA a Zdeněk PASTOREK. *Využití organických odpadů ze zemědělské výroby a venkovských sídel: sběr, třídění a využití organických odpadů : zařízení pro termické zpracování organických odpadů : [metodická příručka MZe ČR*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008, 84 s. ISBN 978-80-86884-40-0.
12. KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: Kompostování zbytkové biomasy. *Biom.cz* [online]. 2002-01-31 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z

WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>>.
ISSN: 1801-2655.

13. KAŠTÁNEK, František. *Bioinženýrství*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2001, 334 s. ISBN 80-200-0768-7.
14. KOHOUT, Pavel. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice: (topoly a vrby) : [odborná monografie]*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010, 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2.
15. KUŽEL, Stanislav, Jiří PETERKA a Ladislav KOLÁŘ. *Komplexní využití biomasy: I. díl*. České Budějovice, 2010. Skripta. JU v Č. Budějovicích.
16. LAURIN, Josef. MOTOROVÉ PALIVO DIMETYLÉTER. In: [online]. Technická Univerzita v Liberci [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2005/2005_059.pdf
17. LAURIN, Josef. DIMETYLÉTER JAKO PALIVO PRO VZNĚTOVÉ MOTORY. In: [online]. Technická univerzita v Liberci [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www3.fs.cvut.cz/web/fileadmin/documents/12241-BOZEK/publikace/2007_2007_016_01.pdf
18. NOVÁK, Petr, DOUCHA, Jiří, STRAKA, František: Biopaliva 2. generace z plyných odpadů spalovny. *Biom.cz* [online]. 2011-12-07 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biopaliva-2-generace-z-plynych-odpadu-spalovny>>. ISSN: 1801-2655.
19. NOSKIEVIČ, Pavel. *Biomasa a její energetické využití*. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 1996, 68 s. ISBN 80-707-8367-2.
20. PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ. *Biomasa: obnovitelný zdroj energie*. Praha: FCC Public, 2004, 286 s. ISBN 80-865-3406-5.
21. PETŘÍKOVÁ, Vlasta. *Energetické plodiny*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2006, 127 s. ISBN 80-867-2613-4.
22. POHOŘELÝ, Michael a Michal JEREMIÁŠ. Zplyňování biomasy: -možnosti uplatnění. In: [online]. [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni>
23. SCRAGG, A. *Biofuels, production, application and development*. Cambridge, MA: CABI, 2009, p. cm. ISBN 978-184-5935-924.
24. SCHULZ, Heinz. *Bioplyn v praxi: teorie - projektování - stavba zařízení - příklady*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2004, 167 s. ISBN 80-861-6721-6.
25. SLADKÝ, Václav: Výroba syntézního plynu z pevné biomasy. *Biom.cz* [online]. 2010-12-15 [cit. 2013-03-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/>

kapalnabiopaliva/odborne-clanky/vyroba-synteziho-plynu-z-pevne-biomasy>. ISSN: 1801-2655.

26. SLADKÝ, Václav: Biobutanol – vhodnější náhrada benzínu. *Biom.cz* [online]. 2007-07-04 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biobutanol-vhodnejsi-nahrada-benzinu>>. ISSN: 1801-2655.
27. SOUČKOVÁ, Helena a Jan MOUDRÝ. *Nepotravinářské využití fytomasy*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2006, 95 s. ISBN 80-704-0857-X.
28. STRAKA, František a Michal DOHÁNYOS. *Bioplyn: [příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů]*. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha [i.e. Říčany u Prahy]: GAS, 2006, 706 s. ISBN 80-732-8090-6.
29. STRAŠIL, Zdeněk. *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi*. Vyd. 1. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7394-313-4
30. ŠEBOR, G., M. POSPÍŠIL a J. ŽÁKOVEC. *Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě*. Praha: VŠTCH, 2006
31. URBAN, Josef: Hlavní zásady přípravy výstavby bioplynové stanice. *Biom.cz* [online]. 2010-10-25 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/hlavni-zasady-pripravy-vystavby-bioplynovy-stance>>. ISSN: 1801-2655.
32. USŤAK, Sergej: Netradiční energetické rostliny perspektivní pro pěstování v podmínkách mírného klimatického pásma. *Biom.cz* [online]. 2006-06-01 [cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/netradicni-energeticke-rostliny-perspektivni-pro-pestovani-v-podminkach-mirneho-klimatickeho-pasma>>. ISSN: 1801-2655.
33. VÁŇA, Jaroslav: Biorafinerie - zařízení pro trvale udržitelný život na této planetě. *Biom.cz* [online]. 2004-06-23 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biorafinerie-zarizeni-pro-trvale-udrzitelny-zivot-na-teto-planete>>. ISSN: 1801-2655.
34. VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. 1. vyd. Brno: 2004, 234 s. ISBN 80-239-1602-5.
35. VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biotechnologie*. 2., přeprac. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1991, 182 s. ISBN 80-708-0121-2.
36. VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava. *Úvod do agroenergetiky*. Vyd. 1. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Fakulta životního prostředí, 2000, 140 s. ISBN 80-704-4231-X.
37. VYVADILOVÁ M., KLÍMA M. *Vybrané kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výzkumu: Současné cíle a metody ve šlechtění řepky olejky*. Vyd.

1. Editor Ladislav Bláha, Božena Šerá. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2012, 200 s. ISBN 978-807-4270-871.
38. ZIMOLKA, Josef. *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.
39. AL], [organizátoři] Zemědělská a ekologická regionální agentura ZERA ... [et]. *I. mezinárodní konference Biologicky rozložitelné odpady, jejich zpracování a využití v zemědělské a komunální praxi: v Náměšti nad Oslavou, 19.-20.5.2005*. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: Zemědělská a ekologická regionální agentura ZERA, 2005. ISBN 80-903-5480-7.
40. Alternativní zdroje energie: Výroba energie z biomasy. In: [online]. -. [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>
41. *Biomasa pro energii v obcích a městech ČR s využitím zahraničních zkušeností: sborník z konference, Praha, duben 1998*. Vyd. 1. Praha: CZ Biom, 1998, 66 s. ISBN 80-238-2246-2.
42. BIOPALIVA: krátký souhrn problematiky. In: *Cappo.cz* [online]. [cit. 2013-03-15]. Dostupné z: <http://www.cappo.cz/res/data/000071.pdf>
43. *Česká asociace průmyslu a obchodu petrolejářského.: Informace o použití motorových paliv s obsahem biopaliv-část1*. [online]. 2008 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: www.cappo.cz
44. INFORMAČNÍ PORTÁL Ministerstva průmyslu a obchodu. In: [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/legislativa/>
45. *Palivo budoucnosti? Vodík se ocitl ve slepé uličce* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www.lidovky.cz/palivo-budoucnosti-vodik-se-ocitl-ve-slepe-ulicke-f78-/auto.aspx?c=A110329_174103_In-auto-aktuality_ter
46. *Využití fytomasy pro energetické účely: sborník vědeckých publikací z mezinárodního semináře "Nepotravinářské využití fytomasy" : [v Českých Budějovicích ... dne 1.9.2005]*. 1. vyd. Editor Helena Součková, Jan Moudrý. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2005, 123 s. ISBN 80-704-0833-2.
47. *Využití bio(plynu)metanu v dopravě* [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www.czba.cz/files/ceska-bioplynovaasociace/uploads/files/19_VPBPS2011_zakovec.pdf
48. Web. Ministerstva zemědělství In: [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa/akcni-plan-pro-biomasu/akcni-plan-pro-biomasu-v-cr-na-obdobi.html>
49. ANONYM. [online]. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: <http://www.i15.cz/metan/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <i>Schéma č. 1:</i> Technologie přeměny biomasy | 5 |
| <i>Schéma č. 2:</i> Možnosti využití syntetického plynu | 7 |
| <i>Schéma č. 3:</i> Možné využití bio-oleje získaného pyrolýzou biomasy | 9 |
| <i>Schéma č. 4:</i> Zdroje a procesy pro produkci biopaliv první, druhé a třetí generace..... | 15 |
| <i>Schéma č. 5:</i> Přímé využití biomasy, dřeva, slámy a rychle rostoucích dřevin (RRD) pro výrobu elektřiny | 16 |
| <i>Schéma č. 6:</i> Přehled Fischer – Tropschova procesu využití biomasy k výrobě směsi uhlovodíků včetně benzínu a motorové nafty..... | 26 |
| <i>Schéma č. 7:</i> Cesty k výrobě alternativní motorové nafty schopné nahradit fosilní palivovou naftu | 27 |
| <i>Schéma č. 8:</i> Výroba plyných biopaliv první, druhé a třetí generace..... | 32 |
| | |
| <i>Tabulka č. 1:</i> Produkce etanolu pro jednotlivé plodiny..... | 17 |
| <i>Tabulka č. 2:</i> Energetická výtěžnost fytomasy jednotlivých plodin (v průměru let a různých stanovišť VÚRV)..... | 19 - 20 |
| <i>Tabulka č. 3:</i> Charakteristika benzínu a metanolu | 22 |
| <i>Tabulka č. 4:</i> Charakteristika benzínu, bioetanolu a butanolu | 24 |
| <i>Tabulka č. 5:</i> Vlastnosti propanu, butanu, dimetyleteru a motorové nafty | 30 |